

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ ЦЕНТР НАУК О ЗЕМЛЕ
БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ И ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**МАТЕРИАЛЫ
VII Университетских геологических чтений
Минск, 4—6 апреля 2013 г.**

**МИНСК
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГУ
2013**

УДК 55(476)(06)+550.81(06)
ББК 26.3(4Бел)я431
П78

Редакционная коллегия:

первый проректор БГУ,
д-р физ.-мат. наук, проф. *М. А. Журавков* (главный редактор);
декан географического факультета,
д-р геогр. наук, проф. *И. И. Пирожник* (зам. главного редактора);
проф. каф. динамической геологии БГУ,
д-р геол.-мин. наук *А. Ф. Санько* (ответственный редактор);
зав. каф. динамической геологии БГУ,
д-р геогр. наук, проф. *В. Н. Губин*;
доц. каф. динамической геологии БГУ,
канд. геол.-мин. наук, доц. *О. В. Лукашёв*;
доц. каф. динамической геологии БГУ,
канд. геол.-мин. наук, доц. *Н. С. Петрова*;
ст. препод. каф. динамической геологии БГУ
Д. Л. Творонович-Севрук

Рецензенты:

Генеральный директор Государственного предприятия «БелНИГРИ»,
канд. геол.-мин. наук *А. М. Ковхута*;
директор Государственного предприятия «Белгосгеоцентр»,
канд. геол.-мин. наук *В. Д. Коркин*

Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы
П78 VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол.
М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. –
Минск: Изд. центр БГУ, 2013. – 171 с.
ISBN 78-985-553-110-5

В сборнике материалов VII Университетских геологических чтений отражены проблемы региональной геологии и геодинамики, поисков месторождений полезных ископаемых, а также проблемы четвертичной геологии, стратиграфии, палеонтологии, экологической геологии и рационального недропользования.

Адресуется преподавателям, научным работникам, аспирантам, студентам вузов и специалистам производственных организаций геологического профиля.

УДК 55(476)(06)+550.81(06)
ББК 26.3(4Бел)я431

ISBN 978-985-553-110-5

© Коллектив авторов, 2013
© БГУ, 2013

С. В. Антипенко, Т. Ф. Саченко, С. А. Кручек

Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НИЖНЕФАМЕНСКИХ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В раннефаменское время начался очередной домановичско-петриковский этап (подфаза) главной (зрелой) фазы рифтовой стадии тектонического формирования Припятского палеорифта, который ознаменовался отложением мощной терригенно-сульфатно-карбонатной межсолевой формации на большей части территории Припятского прогиба [4]. Осадконакопление началось в спокойной тектонической обстановке — морская трансгрессия совершалась в условиях выровненного рельефа поверхности отложений предыдущей верхнефранской галитовой формации. По мере накопления межсолевых отложений постепенно происходила всё большая дифференциация их мощностей и фаций, как в результате активизации блоковых подвижек, так и за счёт разной степени компенсации погружения осадконакоплением [3, 6, 8].

В *раннезадонское (кузьмичевско-тонежское)* время в Припятском палеобассейне почти повсеместно установился стабильный морской режим с хорошо аэрируемой, относительно теплой и нормально-соленой морской водой. Дифференцированный характер осадконакопления отразился на мощностях отложений этого возраста, которые изменяются от первых десятков до 200—250 м., при этом их распределение в целом согласуется с субширотным планом преобладающей системы разломов. Как правило, меньшую мощность отложения имеют в западной краевой части палеобассейна и на приподнятых участках ступеней, а максимальные их значения прослеживаются в погруженных участках ступеней. Однако, начиная с кузьмичевского времени в пределах северной зоны ступеней прогиба на наиболее мелководных участках дна начал всё более активно накапливаться карбонатный материал органического происхождения. Так, в тонежское время здесь сформировался наиболее мощный задонский карбонатный комплекс, в т. ч. органогенно-аккумулятивных карбонатных отложений IV литопачки, представленный ракушнякаво-желваковыми (гастроподово-брахиоподово-цианобионтными) образованиями, за счёт которых мощности отложений горизонта часто значительно наращивались, что отражено в разрезах многих скважин: Южно-Ковчицкая 1 (131 м), Судовицкая 9 (112 м), Исковская 1 (135 м), Оланская 2 (153 м), Березинские 2 (161 м), 24 (139 м), Мольчанская (125 м), Боровиковские 2 (135 м), 3 (111 м), Еланская 1 (123 м), Северо-Осташковичская 2 (119 м), Высокоборская 1 (115 м). Распространение их полностью контролировалось положением конседиментационных и некоторых опережающих их разломов. При этом в пределах поднятых крыльев разломов формировались ядерные и склоновые органогенно-аккумулятивные карбонатные образования (биофации), а в погруженных зонах образовавшихся предразломных ложбин существовал режим недокомпенсированного осадконакопления с глубинами до 100—150 м. Здесь формировались более глубоководно-депресссионные глинистые известняки и мергели с содержащейся в них относительно-глубоководной рассеянной бентосной, нектонной и планктонной гладкотонкостенной и тонкорестристой фауной (лингул, пелеципод, бактриитоидей, конодонтов, остракод), встреченной в скважинах — Несловской 1 (46 м), Южно-Вишанских 26 (55 м), 27 (54 м), Баровской 1 (52 м), Западно-Перетокской 1 (96 м) и др. Полосы мощных (до 10—12 м), преимущественно желваковых (онколитовых) известняков и вторичных доломитов и их биоритмитов (до 40—60 м.) довольно широко распространены в пределах большинства приразломных поднятий северной зоны ступеней прогиба [3]. Они слагались желваками цианобионт *Girvanella problematica* Nich. Et Ether., *Rothpletzella straeleni* (Lec.) исключительно в условиях наиболее мелководных отмелей (морских банок) зоны прибрежного шельфа с глубинами до 30 м, редко до 50 м, где массово отлагались в виде пластов, линз, холмов, куполов вдоль разломов, на их северных приподнятых крыльях и моноклинальных склонах [1]. Бесчисленные скопления цианобионтных желваков, иногда совместно с привнесённым с соседних участков раковинным материалом, создавали основные толщи органогенно-аккумулятивных отложений, являясь в разной степени заполнителями во вмещающих породах, или только были сцементированы небольшим количеством хемогенного карбонатного или глинисто-карбонатного материала. Именно такие образования впоследствии часто становились литологическими ловушками углеводородов (пористыми, кавернозными известняками и доломитами) с хорошими емкостными и коллекторскими свойствами, образовавшимися в результате постгенетических преобразований в карбонатах (перекристаллизации, доломитизации, выщелачивания и др.), а в некоторых случаях — нефтематеринскими в межсолевых отложениях Припятского прогиба (II, IV, VI литопачек) [5].

В *позднезадонское (тремлянско-вишанское)* время тектоническая активность в прогибе резко снизилась. Существовавший здесь стабильный морской режим с хорошо аэрируемой, относительно теплой и нормально-соленой водой сменился в тремлянское время палеоводоёмом с повышенной солёностью вод, в котором установился гидрохимический режим солеродной лагуны и происходило отложение сульфатов. После тремлянского в вишанское время началось постепенное восстановление солёности вод Припятского бассейна, в котором на отдельных участ-

ках вновь появились морские организмы и в первую очередь эвригалинные цианобионты. Они проявили себя в новом качестве. Ввиду отсутствия подвижных вод в это время, они нарастали непосредственно на твёрдый субстрат дна и их микроматы активно наращивались послойно вверх — к свету, формируя каркасы строматолитов — элементарных органогенных построек различной формы (столбчатой, ветвистой, пластовой и др.) и размеров (высотой от 5—10 см до 60—120 см). По мере уменьшения солёности вслед за строматолитами появились малочисленные представители брахиопод, гастропод, бактриитоидей, пелеципод, остракод, конодонтов в отложениях V литопачки межсолевого комплекса Припятского прогиба.

На рубеже задонского и елецкого времени усилилась тектоническая активность в Припятском палеорифте. Она в елецкое (туровско-дроздовское) время проявилась в гораздо большей степени, чем на предыдущем раннезадонском этапе домановичско-петриковской подфазы главной фазы рифтогенеза [4]. В северной зоне ступеней прогиба произошли высокоамплитудные вертикальные подвижки по крупным листрическим разломам, приведшие к новой трансгрессивной стадии в развитии палеоводоёма. Карбонатный шельф здесь значительно углубился, его глубины в желобах достигали 200—300 м, а также почти вдвое, сократилась площадь распространения его мелководной составляющей (с глубинами до 70 м). На этой территории вновь появились благоприятные условия для активного развития морской биоты. Очевидно, что скорость погружения мелководных участков компенсировалась быстрым отложением и литификацией карбонатных илов, содержащих большое количество различного органогенного материала. Основными организмами-продуцентами в это время по-прежнему являлись пороодообразующие цианобионты и брахиоподы. Эвригалинные цианобионты не изменили свой видовой состав с задонского времени, это те же — *Girvanella problematica* Nich. Et Ether. и *Rothplezella straeleni* (Lec.) [1], однако почти полностью обновились брахиоподы, значительно расширившие своё таксономическое разнообразие [7, 8]. Увеличилось, также количество и биологическое представительство остальных групп бентосной, нектонной и планктонной фауны и известковых водорослей, к которым добавились новые каркасообразующие организмы-красные (багряные) известковые водоросли и колониальные животные-строматопораты и мшанки. Цианобионты на более крутых моноклиальных склонах и приподнятых участках многих блоковых структур создавали наиболее мощные органогенные желваково-аккумулятивные отложения. Их массовые скопления многократно повторяющиеся в разрезах (многоярусные биоритмиты) достигают иногда мощностей до 100—200 м, в которых часто переслаиваются с более глинистыми и глинисто-карбонатными осадочными толщами, а также с пластами ракушняков и обломочного детрита разной степени отсортированными, в зависимости от интенсивности переноса их и удаления от первоначального места отложения. Особенностью елецких (туровских и дроздовских) отложений в северной зоне ступеней прогиба является также наличие в них различных типов каркасных органогенных построек — элементарных (калиптр) и простых (биогермов, биостромов) небольшой мощности (до 3 м), которые, также как и органогенно-аккумулятивные отложения, часто повторяются в разрезах на нескольких уровнях, следовательно, возобновляли свой рост и создавали биоритмитные толщи мощностью от 0,5 м до 60—80 м [2]. Органогенные постройки сформировались прикрепленными каркасными организмами только на отдельных обособленных приподнятых участках территорий: северной прибортовой зоны отмелей (скв. Кнышевичская 7, Судовицкая 9, Оланская 1, Березинская 24); на отмелях — Дроздовской (скв. Подгорьевская 1), Северо-Калиновской (скв. Северо-Калиновская 1), Боровиковской (скв. Боровиковская 3), Осташковичской (скв. Осовская 1, Северо-Осташковичская 1, 2); на Вишанско-Сосновском валу (скв. Восточно-Вишанская 3, Полесские 14, 17, Северо-Полесская 2, Сосновская 28, Хуторская 1, Западно-Пожихарская 3).

В погруженных предразломных участках северной зоны ступеней прогиба формировались глубоководно-депресссионные слаболитифицированные глинистые известняки и мергели, лишь частично заполняющие отрицательные формы рельефа (ложбины, желоба). Они обычно содержат рассеянные скопления органических остатков, в основном, нектонно-планктонной фауны остракод, конодонтов и моллюсков (пелеципод, бактриитоидей, гастропод) и, изредка, снесенной течениями с вышележащих участков мелководной бентосной органики (желваков цианобионт, брахиопод, криноидей, известковых водорослей) (скв. Оземлинская 1, Светлогорская 1, Северо-Калиновская 5, Несловская 1, Баровская 1, Южно-Вишанские 26, 27, Высокоборская 1, Южно-Сосновская 53).

В петриковское время завершилась домановичско-петриковская подфаза главной фазы рифтовой стадии тектонического развития Припятского прогиба. В это время происходило накопление, в основном, депрессионных отложений глинисто-мергелисто-карбонатного состава с обилием относительно глубоководной фауны — лингул, моллюсков, остракод, конодонтов и др. На территории северной зоны ступеней прогиба глубоководный недокомпенсированный бассейн продолжал расширяться к северу, он полностью захватил Речицко-Шатилковскую ступень за исключением её западной части. Формирование мшанково-строматопоративно-багрянковых органогенных построек (калиптр, биогермов, биостромов) отмечается лишь на нескольких приподнятых участках, унаследованных с елецкого времени, северной прибортовой зоны отмелей (скв. Южно-Ковчицкая 1, Кнышевичская 7, Оланская 1, Березинская 24) и только мшанковых — на западных отмелях зоны (скв. Ново-Дроздовские 10, 13, Северо-Калиновская 1). На остальных палеоподнятиях по-прежнему периодически формировались маломощные (до 5—10 м) желваково-ракушняково-аккумулятивные биофации, которые крайне редко слагали биоритмитные толщи. На моноклиальных склонах поднятий и на более замкнутых участках, в это время начали образовываться каркасные строматолитовые постройки цианобионт разной формы (столбчатой, ветвистой, желваковой, корковый) и размеров (высотой от 5 см до 20 см), которые иногда создавали несколько уровней возобновления роста (скв. Кнышевичская 7, Оланская 1, Березинская 24, Полесские 13, 14, 17, Осовская 1, Осташковичская 1, Соснов-

ская 28). Их появление явно указывает на тенденцию к ослаблению гидродинамики в водоёме в предсолевое, предлебединское (среднефаменское) время.

Полученные результаты палеогеографических реконструкций позволили проследить закономерности стратиграфического и пространственного распространения фаменских межсолевых органогенных отложений в северо-западной части Припятского прогиба. Они послужили основой для составления комплекта табличных и графических материалов, наглядно отображающих основные особенности строения органогенных отложений различного генезиса и состава. Проведённый анализ геологических данных о свойствах карбонатных пород органогенно-аккумулятивных отложений и органогенных построек позволяет однозначно, в равной мере, отнести их к потенциально перспективным на содержание углеводородов. Установлено, что они приобретали высокие емкостные и коллекторские свойства (литологических ловушек) только в результате постгенетических преобразований в этих толщах (перекристаллизации, выщелачивания, доломитизации и др.), за счёт которых в них формировались пористые, кавернозные и трещиноватые известняки и доломиты. Некоторые исследователи относят эти органогенные отложения к нефтепроизводящим (нефтематеринским) — генерирующим углеводороды из преобразованного органического вещества.

1. Антипенко С. В. Роль известковых водорослей в формировании нижнефаменских органогенных образований Припятского прогиба // Палеоэкология и современное состояние геологической среды Беларуси. Минск: БелНИГРИ, 1998. С. 48—65.
2. Антипенко С. В. Классификация нижнефаменских органогенных отложений Припятского прогиба — как основа эффективного выявления и корреляции генетически однородных нефтеперспективных толщ // Инновационное развитие геологической науки — путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр. Минск: БелНИГРИ. 2007. С. 19—26.
3. Антипенко С. В., Обровец С. М., Кручек С. А., Яшин И. А. Особенности седиментогенеза образований раннего фамена в Северном нефтеносном районе Припятского прогиба // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси. Минск: БелГЕО, 2007. Вып. 2. С. 107—118.
4. Геология Беларуси / Под ред.: А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева и др. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. 815 с.
5. Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы: К 70-летию БелНИГРИ / Под ред. З. Л. Познякевича. Минск: Беларуская навука, 1997. 696 с.
6. Девонская межсолевая толща Припятской впадины / Под ред. А. С. Махнач. Минск: Наука и техника, 1981. 220 с.
7. Пушкин В. И., Кручек С. А. Экосистемы раннего фамена Припятского прогиба (Беларусь) // Літасфера. 2008. № 2 (29). С. 33—48.
8. Стратиграфия нижнефаменских отложений Припятского прогиба / Под ред. В. И. Пушкина. Минск: ИГН НАН Беларуси, 1995. 140 с.

Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев

Институт природопользования НАН Беларуси

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ САРМАТИИ И ВОЛГО-УРАЛИИ

По наиболее общепринятому представлению фундамент Восточно-Европейской платформы подразделяется на три крупных сегмента: Фенноскандию, Сарматию и Волго-Уралию [4]. Самые полные сведения о модели строения зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии опубликованы в работах С. В. Богдановой [4—6], М. В. Минца [1]. Все схемы тектоники района сочленения Сарматии и Волго-Уралии (особенно схемы С. В. Богдановой и В. М. Минца) во многих принципиальных моментах совпадают друг с другом. Однако воронежские геологи и геофизики (Н. М. Чернышев, Н. С. Афанасьев и др.) особое значение, как главной полосы стыка придают Липецко-Лосевской шовной зоне. На всех этих схемах зона сочленения обоих сегментов имеет северо-западное простирание, совпадая с Пачелмским авлакогеном, а затем достаточно резко изгибается к югу и протягивается до контакта с Прикаспийской впадиной.

В районе сочленения сегментов имеется достаточно большой опубликованный геолого-геофизический материал, поэтому мы, используя эти данные, а также отмеченные ранее схемы тектонического районирования, сделали попытку создать геолого-геофизическую модель зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии и выполнить физико-геологическое моделирование геофизических полей по профилю Воронеж—Пачелма, ортогонально секущему основные тектонические единицы этого региона (рисунок 1).

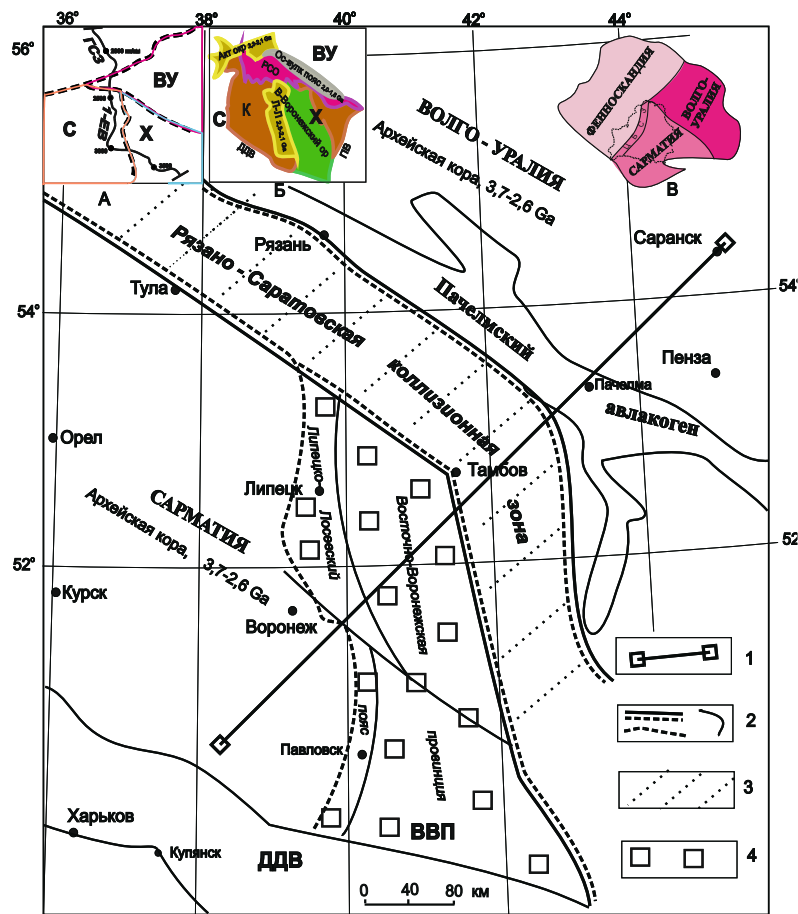
Для выполнения по данному профилю физико-геологического моделирования литосферы методом подбора исходная (начальная) модель литосферы была построена на основании комплексного анализа материалов глубинных сейсмических зондирований и соответствующих им сейсмо-плотностных разрезов, выполненных для ряда профилей из опубликованных работ. Разработаны обобщённые колонки плотностей и скоростей сейсмических волн по разрезу земной коры, использованные в процессе физико-геологического моделирования по профилю Воронеж—Пачелма. Обобщая все эти геолого-геофизические материалы, нами выполнено компьютерное сейсмогравитационное моделирование разреза литосферы по профилю Воронеж—Пачелма. На рисунке 2 показан результат моделирования.

Гравитационное моделирование выполнялось относительно региональной отрицательной аномалии (на рисунке 2 — это Δg_{per}), связываемой с глубинными плотностными неоднородностями литосферы. Локальное же гравитационное поле относительно этой региональной аномалии интерпретируется плотностными неоднородностями кристаллического фундамента, что показано Л. И. Надеждо по профилю Губкин—Жердевка [1].

Анализируя результат сейсмо-гравитационного моделирования, прежде всего, отметим, что в центре профиля в земной коре моделируется трапецеобразный слой относительно пониженной плотности, залегающий на таких глубинах: кровля около 20 км, подошва — 37—38 км. Выделенная в коре область разуплотнения хорошо согласуется с ранее проведенной интерпретацией Л. И. Надеждо, с данными интерпретации сейсмического поля по профилю 1 — ЕВ [2] и материалами, представленными на Схеме глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы [3], в составлении которой участвовали авторы данной статьи.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что центральная часть разуплотненной линзы соответствует палеопротерозойскому мегаблоку коры Сарматии возраста 2,2—2,0 Ga, показанному на тектонической схеме С. В. Богдановой, и средне-палеопротерозойскому Восточно-Воронежскому внутриконтинентальному коллизионному орогену по схеме М. В. Минца. К этой линзе приурочены также восточная часть Сарматии и Хопёрский кратон. По нашему мнению, это свидетельствует в пользу вышеотмеченному представлению о том, что Восточно-Воронежский ороген, включающий Липецко-Лосевский вулканогенный пояс и Воронцовскую провинцию, формировался в результате коллизии Курского блока Сарматии и Хопёрского микроконтинента (рисунок 1, А).

Для выявления возможной природы возникновения этой коллизии, обратимся к двум фактам. Первый факт — восточная часть Сарматии и Хопёрский кратон характеризуются отрицательными гравитационным и магнитным полями, окаймленными высокоинтенсивными положительными аномалиями, при этом морфология и того и другого поля носит кольцевой характер, подчеркивая обусловленность полей физико-геологическим телом кольцевого характера в плановом сечении. Из материалов геологической интерпретации потенциальных полей известно, что такого рода геофизические поля создаются, как правило, крупными массивами гранитоидов (чаще — плагиигранитоидов).



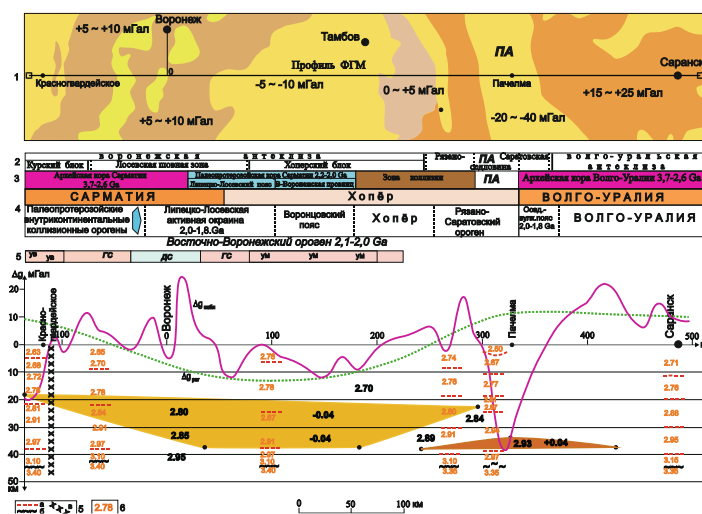
1 — профиль Воронеж-Пачелма; 2 — контуры геологических структур; 3 — зона коллизии Сарматии и Волго-Уралья; 4 — Восточно-Воронежский пояс (ВВП). ДДВ — Днепровско-Донецкая впадина. Врезки: А, Б — по М. В. Минцу (С — Сарматия, Х — Хопёрский кратон, ВУ — Волго-Уралья, К — Курский кратон, ПВ — Прикаспийская впадина, Л—Л — Липецко-Лосевский пояс, В — Воронежский ор — Восточно-Воронежский ороген, РСО — Рязано-Саратовский ороген, Акт. окр — Активная окраина, Ос-вулк — Осадочно-Вулканический пояс), В — тектоническая схема С. В. Богдановой

Рисунок 1 — Схема расположения профиля физико-геологического моделирования Воронеж—Пачелма относительно схемы тектонического районирования С. В. Богдановой

Второй факт — Курскому и Хопёрскому кратонам в плане соответствует позднearerхейская Курская гранит-зеленокаменная провинция Восточно-Европейско-Мозамбикского горячего пояса [7], характеризующаяся прорывами даек пегматоидных гранитов и интрузий плагиогранитов, сводовым строением поверхности Мохоровичича и относительно небольшой мощностью коры. Всё это создаёт в региональном плане отрицательные гравитационное и магнитное поля, на фоне которых иногда встречаются локальные положительные аномалии, характерные именно для интрузий плагиогранитов. Рассматриваемая по Ю. П. Оровецкому и В. П. Коболеву Курская провинция [7], интерпретируемая ими как палеосвод-мантийный плюм, располагается в восточной части Сарматии на площади Курского и Хопёрского кратонов, и граничит с Волго-Уралией. Эта провинция, как элемент Восточно-Европейско-Мозамбикского горячего пояса, входила в его северной части в состав субмеридионального проторифтогенного Восточно-Европейского гранит-зеленокаменного пояса. Время раскрытия этого пояса относится к интервалу 3,2—2,7 Ga и характеризуется с высокими растягивающими напряжениями.

На основании этих фактов мы полагаем, что формирование в среднем палеопротерозое Восточно-Воронежской коллизионной структуры произошло в результате субмеридионального мантийно-плюмового раскола литосферы упомянутой Курской провинции по зоне контакта Курского и Хопёрского микроконтинентов и последовавшей коллизии между последними. Особенность этой коллизии подмечена М. В. Минцем: «скоротечность предполагаемой субдукции и отсутствие фрагментов океанической литосферы позволяют предполагать кратковременное и пространственно ограниченное существование океанической структуры, которая могла бы возникнуть при переходе от рифтинга к спредингу в западной части Воронцовского эпиконтинентального бассейна плюмовой природы» [2]. Очевидно, что в процессе коллизии и раздвига Курского и Хопёрского кратонов, последний имел тенденцию перемещения в восточном направлении, что оказывало соответствующее влияние на образование в последующем в позднем палеопротерозое Рязано-Саратовского орогена.

В восточной части профиля Воронеж—Пачелма в низах коры выявляется аномальный выступ антиклинальной формы с повышенной плотностью. Он приурочен к Рязано-Саратовскому внутриконтинентальному коллизионному орогену и контактирующему с ним осадочно-вулканогенному краевому поясу Волго-Уралии. Наличие в низах коры уплотненного выступа подтверждается и сейсмическими материалами в северной части Пачелмского авлакогена. Этот результат подтверждает, на наш взгляд, мнение М. В. Минца и его коллег о том, что именно позднепалеопротерозойский Рязано-Саратовский ороген является основной сутурой сочленения Сарматии, Хопёра и Волго-Уралии [2]. Однако, судя по аномально плотному антиклинальному образованию в низах коры, приуроченному к этой сутуре, и, вероятно, являющемуся реликтом тяжёлой океанической коры, закрытие возникшего океана происходило, скорее всего, путём сжатия пластины тонкой океанической коры при движении навстречу друг другу Хопёрского и Волго-Уральского кратонов.



1 — аппликации гравитационных аномалий; тектоническое районирование: 2 — по [1], ПА — Пачелмский авлакоген; 3 — по [5]; 4 — по [2]; 5 — характеристика глубинного строения земной коры [3]; ГС, ДС — преимущественно развиты соответственно гранитный и диоритовый слои; ув — увеличенная, ум — уменьшенная плотность верхних слоёв земной коры; 6 — сейсмические границы: а — внутрикоровые, б — Мохоровичича, в — глубинный разлом; 6 — плотности, в г/см³

Рисунок 2 — Сейсмо-гравитационная модель литосферы по профилю Воронеж—Пачелма

1. Афанасьев Н. С., Груздев В. Н., Дубянский А. И. и др. Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным. Воронеж: Научная книга, 2012. 326 с.
2. Минц М. В. Объёмная модель глубинного строения раннедокембрийской коры Восточно-Европейского кратона, палеогеодинамические следствия // Геотектоника. № 4. 2011. С. 3—29.
3. Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы. Масштаб 1 : 1 000 000 / Под ред. А. В. Чекунова. Киев, 1992.

4. Bogdanova S. V. Segments of the East European Craton // EUROPROBE in Jablonna 1991 / Eds. D. G. Gee, M. Beskholmen. Warszawa: Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci., 1993. P. 33—38.
5. Bogdanova S. V., Gorbatshev R., Garetsky R. G. EUROPE. East European Craton // Encycl. of Geology. Elsevier, 2005. Vol. 2. P. 34—49.
6. Bogdanova S. V., Pashkevich I. K., Gorbatshev R., Orlyuk M. I. Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics // Tectonophysics. 1996. Vol. 268. P. 1—21.
7. Оровецкий Ю. П., Коболев В. П. Горячие пояса Земли. Киев: Наукова думка, 2006. 312 с.

Р. Г. Гарецкий¹, Г. И. Каратаев¹, Р. Е. Айзберг¹, А. К. Карабанов¹, А. А. Святогоров²

¹ Институт природопользования НАН Беларуси

² Филиал ГП БелНИГРИ «Космоаэрогеология»

КОСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ КАРТА БЕЛАРУСИ

Первая Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 2 000 000 (хотя впоследствии выполнялись в масштабе 1 : 1 000 000) была составлена в 1988 г. коллективом геологов Института геохимии и геофизики АН БССР, Минского отдела Всесоюзного научно-исследовательского института аэрокосмических методов, БелНИГРИ и Белорусской геолого-поисковой экспедиции ПГО «Белорусгеология» [1]. В дальнейшем близкая по содержанию карта была составлена в 1995 г. в Республиканском научно-техническом центре дистанционной диагностики природной среды «Экомир» и БГУ [2, 3]. За это время получен большой новый фактический материал космо- и аэросъёмки, по космической информации в геологии и поэтому создание Космотектонической карты Беларуси масштаба 1 : 500 000 является своевременным и актуальным. В рамках Государственной комплексной программы «Космические исследования» (2010—2012 гг.) было выполнено задание по составлению названной карты.

Космическая основа (космоизображения) на территории Беларуси создана на базе космических снимков Terra/MODIS, Метеор-30, Landsat-5 TM и Landsat-7 ETM. Дешифрирование проведено на ландшафтно-индикационной основе по общей схеме: обнаружение — опознание — интерпретация и трансформация. Разработаны дешифровочные признаки для современных активных разломов и их зон, кольцевых структур, а также блоковых структур, испытывающих поднятия и испытывающих опускания.

В связи с закрытостью территории Беларуси четвертичными отложениями были выработаны специальная методика и принципы составления Космотектонической карты Беларуси масштаба 1 : 500 000, которая включала классификацию и способы показа космолинеамантов, кольцевых структур, блоковую делимость в виде мегаблоков и блоков с разными вертикальными движениями, других геологических элементов, имеющих отражения в космоизображениях. Все эти показатели достаточно полно раскрыты в условных обозначениях к Космотектонической карте. Для более удобной и объективной возможности сравнительного анализа космоизображений с другими природными данными приданы карты-врезки масштаба 1 : 3 000 000 — физико-географической, четвертичных отложений, тектонического районирования, магнитных и гравитационных аномалий.

Унаследованные космолинеаманты, т. е. совпадающие с разломами фундамента и доверхнеолигоценового чехла, всех выделенных рангов имеют достаточно ограниченное количество. Существенно преобладают новообразованные космолинеаманты, а среди них количественно также уступают те из них, которые совпадают с активными разломами, выявленными по геолого-геофизическим материалам. Наиболее широко развиты новообразованные линеаманты, не совпадающие с активными разломами позднеолигоценового и антропогенового возраста, установленными по различным геолого-геофизическим данным. Они образуют новообразованные зоны космолинеамантов, отражающие современные флексурно-разрывные с системой мегатрещин. Особенно чётко могут быть намечены следующие субмеридиональные зоны: Антопольско-Браславская, Пинско-Миорская, Давид-Городско-Россонская, Лельчицко-Суражская. Такие наиболее выразительные проявления современных активных разломов — космолинеамантов хорошо объясняются при реконструкции неотектонических полей напряжений. Центральная часть Беларуси относится к области с тектоническими напряжениями сдвигового типа с субмеридиональным максимальным сжатием. Остальная территория Беларуси, за исключением небольшого участка севернее г. Гродно, принадлежит области с тектоническими напряжениями сбросо-сдвигового типа и сбросового типа с меняющимися во времени ориентациями осей субгоризонтальных напряжений с формированием разломов в условиях дополнительного растяжения. Эти разломы имеют признаки сбросов или сбросо-сдвигов, что также свидетельствует о преимущественно субширотной ориентации оси растяжения.

Суперрегиональные и региональные космолинеаманты разных направлений в ряде мест пересекаются друг с другом и образуют своеобразные узлы, наиболее выразительные из них выделены под своим названием: Негореловский, Рудненский, Кобринский, Берковичский, Жлобинский и Житковичский (рисунок, а).

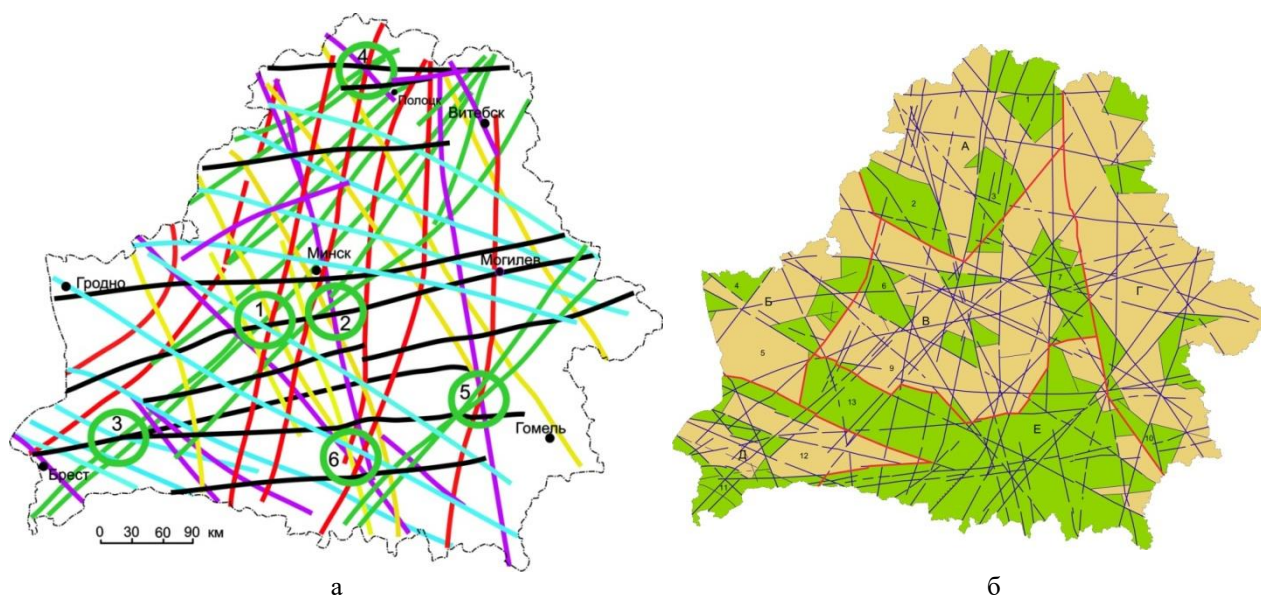
На территории Беларуси существует четыре основные (разновозрастные) системы разломов и разломных зон: 1) доплатформенных погребённых разломов фундамента; 2) допозднеолигоценовых разломов платформенного чехла; 3) новейших (позднеолигоцен-антропогеновых) активных разломов; 4) современных активных разломов, наиболее полно выраженных в материалах аэрокосмоинформации. На Космотектонической карте первые две категории разломов показаны совместно и то только в тех случаях, когда они унаследованы космолинеамантами — современными активными разломами. По протяжённости и отчасти по глубине проникновения все разломы могут быть подразделены на суперрегиональные, региональные, субрегиональные и локальные. На Космотектонической карте вы-

делены только две объединённые категории разломов — суперрегиональные и региональные; субрегиональные и локальные. В целом можно утверждать, что все перечисленные системы разломов характерны своей собственной картиной размещения, своей блоковой делимостью, хотя в значительной степени более молодая система унаследует предыдущие системы.

Общая матрица блоковой тектоники земной коры по характеру проявления подразделяется на две системы: пассивную (статическую) и активную (динамическую) блоковую делимость. Первая из них в пределах Беларуси образована блоковыми структурами, ограниченными допозднеолигоценовыми разломами. Вторая система образована блоковыми структурами, ограниченными новейшими позднеолигоцен-четвертичными разломами.

Главные факторы неотектоники и неогеодинамики Центральной Европы (в т. ч. и Беларуси) следующие: поднятие Альпийско-Карпатского орогена, унаследованное прогибание депрессии Северного моря и Центрально-Европейской зоны опусканий, а также формирование новообразованной Восточно-Балтийской рифтовой системы по типу «тройного сочленения». Современное поле напряжений земной коры Беларуси прежде всего связано с активным воздыманием Восточных Карпат, которое оказывает максимальное региональное сжатие в субмеридиональном направлении. Оно вместе с активизацией прогибания Восточно-Балтийской системы молодых рифтовых грабенов и создало новый рисунок современных активных разломов и разломных поясов.

На Космотектонической карте Беларуси кольцевые структуры условно разделены по латеральным размерам на три группы: крупные, средние и мелкие. Среди крупных (размером 60—150 км) выделены 5 структур: Полоцкая, Глусская Старобинская, Туровская и Клиновская. Кольцевых структур средних размеров (30—60 км), имеющих отдельное расположение, насчитывается шесть, причём четыре из них расположены на севере Беларуси, в районе Витебска и Полоцка. Мелкие кольцевые структуры (до 30 км) разбросаны по всей территории страны, но часто образуют группы кольцевых структур, в пределы которых нередко входят и структуры средних размеров. Выделено 8 групп кольцевых структур: Витебская, Мядельская, Минская, Гродненская, Брестская, Дрогичинская, Ельская, Гомельская. Сведения о геологической природе кольцевых структур (особенно крупных) остаются малодостоверными и дискуссионными. Среди мелких кольцевых форм, которые лучше выделяются на аэроснимках, не только в виде кольцевых структур, а чаще как кольцевые фотоаномалии, в пределах Припятского прогиба отмечены те соляные купола, которые были активизированы в новейшее время. Также достаточно отчётливо выделяются гляциодислокации, карстовые воронки и суффозионные воронки. Поскольку эти структуры имеют совсем небольшие размеры, которые не позволяют показать их в масштабе карты, постольку показаны участки их развития. Кроме того в виде округлой фотоаномалии заметна Логойская астролема.



а) Узлы пересечения линейментов: 1 — Негореловский, 2 — Руденский, 3 — Кобринский, 4 — Берковичский, 5 — Жлобинский, 6 — Житковичский. б) Мегаблоки (система блоков): А — Вилейско-Полоцкий, Б — Мостовско-Лидский, В — Центрально-Белорусский, Г — Восточно-Белорусский, Д — Брестский, Е — Припятский. Блоки: 1 — Полоцкий, 2 — Мядельский, 3 — Лепельский, 4 — Гродненский, 5 — Волковысский, 6 — Налибокский, 7 — Белыничский, 8 — Минский, 9 — Копыльский, 10 — Гомельский, 11 — Малоритский, 12 — Ивановский, 13 — Ганцевичский.

Рисунок — Генерализованная картина основных суперрегиональных космолинементов и схема космотектонического районирования Беларуси

Основой космотектонического районирования является описанный ранее каркас космолинеаментов (прежде всего суперрегиональных и региональных), а также рисунок и фототон космоизображения с учётом изобаз современных вертикальных движений земной коры и изобаз суммарных вертикальных новейших (позднеолигоцен-антропогенных) движений. На территории Беларуси нами выделены 6 мегаблоков, которые состоят из системы блоковых структур. На севере намечен Вилейско-Полоцкий мегаблок, на западе — Мостовско-Лидский, в центре — Центрально-Белорусский, на востоке — Восточно-Белорусский и на юге — Брестский и Припятский (рисунок, б). Блоковые структуры современной активизации, предположительно испытывавшие поднятия (светло-коричневые) в списке выделены курсивом.

Сопоставления выделенных нами космотектонических мегаблоков и блоков с различными другими показателями (физико-географическими, скоростей современных вертикальных движений земной коры, суммарных амплитуд вертикальных новейших движений земной коры, четвертичных отложений, основных структурных элементов платформенного чехла и фундамента, магнитных и гравитационных аномалий) показал очень сложное соотношение между ними. В целом можно отметить, что блоковые структуры по данным космической информации, преимущественно испытывающие современные опускания совпадают чаще всего с опущенными формами рельефа, а испытывающие поднятия — с положительными формами (возвышенностями, грядами и др.). В то же время в ряде случаев наблюдается и обратное соотношение. Естественно, что чаще всего имеет совпадение между собой блоков опускания с наибольшими скоростями современных отрицательных движений земной коры, а приподнятых с наименьшими. Однако в силу небольших значений этих скоростей, относительно малочисленных фактических данных, а отсюда и неоднозначности составленных карт отмечается во многих случаях и отсутствие такого совпадения. То же самое можно сказать и о сопоставлении космоблоков с суммарными амплитудами вертикальных новейших движений. Однако отмечены чёткие случаи различия в сопоставлении тех и других. Так, если Припятский космомегаблок в целом характеризуется существенным современным опусканием, хорошо соответствует наибольшим скоростям отрицательных значений современных движений земной коры, то суммарные амплитуды вертикальных новейших движений здесь имеют, наоборот, максимальные значения, т. е. поднятие за промежуток времени поздний олигоцен — антропоген. Это говорит о смене тектонического режима в современную тектоническую стадию. То же можно сказать о Восточно-Белорусском мегаблоке по космической информации, которая удивительно точно совпадает с максимальными значениями суммарных амплитуд вертикальных новейших движений земной коры. Также можно отметить весьма сложное взаимоотношение процессов унаследованности и новообразования между структурными элементами фундамента и чехла, которые весьма чётко отражаются в характеристике магнитных и гравитационных полей, с выделенными по космическим данным блоковыми структурами различных величин.

Широкое использование космотектонических исследований в комплексе с геолого-геофизическими данными позволяет получать новую дополнительную информацию о тектонике и геодинамике даже на такой закрытой четвертичными отложениями территории и мощным платформенным чехлом как Беларусь. Такой подход даёт возможность выявить современную структуру земной коры и ход неотектонических процессов. Применение методов космотектонического картографирования способствует повышению точности выделения контуров геологических тел, обнаружению структурных форм разных типов и порядков, увеличению информативности различных карт геологического строения. Главными прикладными направлениями космотектонических исследований являются поисково-разведочные на полезные ископаемые, инженерные и экологические.

Космотектонические исследования (в т. ч. и Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 500 000) будут интересны Департаменту геологии, охранным и экологическим подразделениям Минприроды, Министерству чрезвычайных ситуаций, Министерству строительства и архитектуры, Министерству энергетики, Министерству промышленности, концернам Белнефтехим, Белгазпром и др. Всё изложенное позволяет заключить, что космотектонические исследования должны быть обязательным элементом комплексных геологических работ и прогнозно-минерагенической оценки регионов с развитым платформенным чехлом, в т. ч. Беларуси. Назрела необходимость в составлении не только обзорных космотектонических карт, но и в выполнении построений для отдельных районов страны с разным геологическим строением.

1. Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 2 000 000 и объяснительная записка к ней / Под ред. Р. Г. Гарецкого, О. И. Карасёва, Э. А. Левкова. Минск: ИГиГ АН БССР, 1988. 68 с.
2. Губин В. Н., Ковалёв А. А. Космическая геология Беларуси. Минск: Лазурак, 2008. 120 с.
3. Ковалёв А. А., Губин В. Н., Павловский А. И., Белоконь М. В., Обуховский Ю. М. Дистанционное картографирование природной среды. Минск: ИГН АН Беларуси, 1995. 175 с.

ГЕОДИНАМИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРНОГО СЕГМЕНТА ПОЛЕССКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Кольцевые структуры представляют собой латеральные структурно-вещественные неоднородности земной коры различного генезиса, характеризующиеся изометричными формами сечения в плане. Диаметр таких объектов — от десятков километров до многих сотен и первых тысяч километров в поперечнике связывается с их геологической природой и глубиной заложения. В мировой практике геологопоисковых работ на основе дистанционного зондирования Земли из космоса отмечается повышенный интерес к изучению кольцевых структур, поскольку к ним приурочены многие виды полезных ископаемых [2].

В региональной оценке нефтегазоносности осадочных бассейнов древних платформ космогеологическими методами важную роль играет выделение кольцевых структур земной коры, контролирующих зоны потенциального нефтегазонакопления. Комплексный анализ результатов структурного дешифрирования космических снимков (КС) и геолого-геофизических данных позволяет установить геодинамические закономерности кольцевых структур, определяющих условия формирования и сохранения залежей углеводородов, и тем самым выполнить прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов [3, 7].

При космоструктурном картографировании Припятской нефтегазоносной области (НГО) обращено внимание Полесской кольцевой структуре 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 [6]. В связи с этим выяснение геодинамических особенностей Полесской структуры и взаимосвязей её северного сегмента с зонами потенциального нефтегазонакопления в Припятской НГО имеет важное поисковое значение.

Полесская кольцевая структура достаточно уверенно дешифрируется на КС регионального уровня оптической генерализации. Она представляет собой морфоструктуру диаметром по длинной оси около 260 км и выражена в современном рельефе комплексом ландшафтных индикаторов, в т. ч. системами дугообразных фрагментов долин рек Горыни, Ствиги, Уборти и Припяти. В тектоническом отношении к северному сегменту Полесской кольцевой структуры приурочен Внутренний грабен Припятского прогиба, в пределах которого кольцевые линейaments сопряжены со Сколодинским, Буйновичско-Наровлянским и Дубровско-Ельским разломами, имеющими максимальные амплитуды смещений по поверхности подсолевых отложений верхнего девона от 1—1,5 до 3,5—4 км. В центральной части мегаструктуры расположена Овручская грабен-синклиналь, выраженная в современном рельефе одноименным краем в виде линейно вытянутой возвышенности, отчётливо дешифрируемой на КС.

Полесская структура относится к полигенному типу кольцевых образований, поскольку её формирование происходило в течение длительного периода геологической истории под воздействием взаимообусловленных процессов магматизма, метаморфизма и тектогенеза. Возникновение мегаструктуры, как и других сложно построенных кольцевых систем — нуклеаров (нуклеус — ядро), связано с нуклеарной стадией развития Земли и началом формирования её коры (около 4 млрд лет назад). Первоначально это был огромный кольцевой бассейн типа лунных, на месте которых в процессе сложного осадконакопления и последующей гранитизации и метаморфизма возникли первые ядра континентальной коры материков. В протерозое Полесская структура контролировала накопление вулканогенно-осадочных пород в замкнутых бассейнах, а также образование в её центральной части магматических комплексов Коростенского плутона, имеющих кольцевое строение. Полесская структура активно проявилась на платформенном этапе эволюции земной коры. В позднем девоне в эпоху герцинской складчатости (около 240 млн лет назад) в северном сегменте мегаструктуры формировался Припятский палеорифт [1].

В позднемеловом-четвертичное время (последние 30 млн лет) в пределах Полесской кольцевой структуры преобладали восходящие неотектонические движения суммарной амплитудой преимущественно от 100 до 150 м и лишь в северной и восточной её частях в зоне внешнего кольцевого блока подобные деформации несколько уменьшаются. Современные вертикальные движения земной коры на территории мегаструктуры характеризуются в основном положительными значениями и составляют 1—3 мм в год. Однако подобные деформации в пересекающих структуру зонах активных разломов могут достигать до 25—35 мм в год. В пределах кольцевых линейментов отмечается повышенная трещиноватость и обводнённость приповерхностных горизонтов платформенного чехла, выражающаяся на земной поверхности в виде дугообразных морфолитоогенных объектов, что позволяет диагностировать Полесскую мегаструктуру на КС.

По геофизическим данным в пределах Полесской кольцевой структуры отмечается уменьшение мощности земной коры до 35—40 км и по поверхности Мохо здесь выделяются изометричные поднятия. К северу от мегаструктуры граница Мохо залегает на глубинах 50—55 км, что свидетельствует об увеличении мощности земной коры. Рассматриваемая кольцевая структура отличается высокой степенью вертикальной тектонической и петрографической расслоённости земной коры и мантии. Существующие в её пределах зоны разуплотнения по аналогии с нефте-

газоносными мегаструктурами платформенных бассейнов, возможно, насыщены флюидами. Новейшая активизация подобных геодинамических зон способствует вертикальной миграции флюидов.

Сходные с Полесской мегаструктурой космогеологические признаки имеет, например, Уренгойская кольцевая структура диаметром порядка 350 км, расположенная в северной части Западно-Сибирской плиты. В современном рельефе она выражена Пуровской и Тазовской низменностями, между которыми расположена Таз-Пуровская возвышенность. Территорию Полесской кольцевой структуры также охватывают низменные ландшафты, а к её центральной части приурочен Овручский кряж. С внешним кольцевым сегментом Уренгойской структуры связаны крупнейшие Медвежье и Ямбургское газовые месторождения, а также залежи нефти и газоконденсата [7]. В США по данным дистанционного зондирования Земли из космоса выделены нефтегазоносные кольцевые структуры Вьюфилд, Ньюпорт и Рэд-Уин-Крик. Эти факты подчеркивают возможные перспективы открытия промышленных залежей углеводородов в пределах Полесской мегаструктуры.

Оценка перспектив нефтегазоносности северного сегмента Полесской мегаструктуры земной коры базируется на флюидодинамической концепции формирования залежей углеводородов. Согласно этой теории глубинная миграция флюидного потока проходит по разломам мантийного заложения, образующих зоны нефтегазонакопления. Ещё Д. И. Менделеев, придерживаясь точки зрения абиогенного происхождения нефти, подчеркивал, что «...нефтяные месторождения располагаются по прямым линиям и дугам больших кругов, отображающих линии разломов». Рассматриваемая геодинамическая модель миграции углеводородных потоков по тектоническим нарушениям, или «флюидная динамическая система» [5], позволяет предположить, что кольцевые линейменты северного сегмента мегаструктуры контролируют распределение нефтеперспективных зон.

В Припятской НГО к северному сегменту Полесской кольцевой структуры приурочены Сколодинская, Буйновичско-Наровлянская и Новорудненская зоны потенциального нефтегазонакопления, установленные геолого-геофизическими методами [4].

Сколодинская зона, расположенная в южном приподнятом крыле одноименного разлома, объединяет Западно-Шестовичский, Сколодинский, Каменский, Мозырский и другие блоки подсолевого девонского комплекса, которые экранированы соленосными отложениями и могут быть ловушками для углеводородов.

Сколодинская зона потенциального нефтегазонакопления сопряжена с одноименным соляным валом, включающим Каменское и Мозырское криптодиapiровые поднятия, установленные по данным сейсморазведки и поискового бурения. По поверхности верхнесоленосных отложений локальные поднятия оконтуриваются изогипсой с абсолютной отметкой —0,8 км и разделены неглубокой седловиной. Причём на КС высокого разрешения находят отражение как наиболее приподнятые (до 0,6 км) участки соляных структур, так и межкупольные понижения, имеющие отметки в центральных частях до 2,4 км. В пределах рассматриваемых криптодиapiровых поднятий в галитовой субформации и в её брекчии кепрока могут быть выявлены залежи углеводородов. Поэтому в ближайшей перспективе необходимо уточнить геологическое строение Каменского и Мозырского локальных поднятий и оценить перспективы их нефтеносности на основе новых космогеологических, сейсморазведочных и поисковобуровых работ.

Прослеживаемые в северном сегменте Полесской кольцевой структуры Буйновичско-Наровлянская и Новорудненская зоны потенциального нефтегазонакопления также контролируются разломами и включают серию блоковых структур в подсолевых отложениях, представляющих интерес в связи с поисками залежей нефти. В верхней соленосной толще Буйновичско-Наровлянской зоны выделяются Кустовницкое и Наровлянское криптодиapiровые поднятия, на которые также следует обратить внимание при проведении нефтепоисковых работ.

К северному сегменту Полесской мегаструктуры приурочена также Туровская депрессия Внутреннего грабена Припятского прогиба. В связи со слабой геолого-геофизической изученностью этой территории актуальна проблема оценки перспектив её нефтеносности на основе комплексирования различных космических и сейсмогеологических методов.

Таким образом, выяснение взаимосвязей северного сегмента Полесской кольцевой структуры с зонами и участками потенциального нефтегазонакопления имеет важное поисковое значение. При проведении дальнейших нефтепоисковых работ в Припятской НГО должна возрастать роль космогеологических исследований как северного сегмента мегаструктуры, так и локальных кольцевых структур с целью выявления новых объектов для поисков залежей углеводородов.

1. Айзберг Р. Е. Геодинамическая эволюция Припятского палеорифта // Докл. АН БССР. 1986. Т. 30. № 5. С. 460—463.
2. Буш В. А. Проблема кольцевых структур Земли // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Общ. геология. Т. 22. М.: ВИНТИ, 1986. 116 с.
3. Губин В. Н. Космогеологические критерии прогноза нефтеносности Припятского палеорифта // Вестник БГУ. Сер. 2. 2011. № 3. С. 106—109.
4. Конищев В. С. Критерии и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Беларуси. Минск: Экономпресс, 2012. 163 с.
5. Поспелов Г. П. Элементы геологического подобия нефтяных и флюидогенных рудных месторождений // Геология и геофизика. 1967. № 11. С. 3—22.
6. Смирнова М. Н. Нефтегазоносные кольцевые структуры и научно-методические аспекты их изучения // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 51—55.
7. Трофимов Д. М. Дистанционное зондирование: новые технологии — новые возможности поиска нефти и газа // Геоматика. 2009. № 1. С. 17—24.

**МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШЕЛЬФОВЫХ ФАЦИЙ
КИЕВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРИДНЕПРОВЬЯ (СРЕДНИЙ ЭОЦЕН, УКРАИНА)**

В последнее время, в рамках работ по выполнению Государственной программы геологического доизучения площадей ГДП—200, были получены новые материалы бурения в районе Среднего Приднепровья, дополнившие палеонтологическую характеристику отложений киевского региояруса.

Территория исследований охватывает юго-восточную часть Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и прилегающую часть Украинского щита (УЩ), где осадки палеогена развиты в депрессиях кристаллического фундамента. В ДДВ киевские отложения представлены мергелями, карбонатными глинами, кварц-глауконитовыми песками, в депрессиях УЩ — мергелистыми, кварц-глауконитовыми и углистыми разностями; при этом карбонатные породы тяготеют к осевым частям депрессий.

Генетически киевские отложения Среднего Приднепровья представляют шельфовые образования среднеэоценового палеобассейна (карбонатные мергелистые, бескарбонатные песчано-глинистые породы), а также переходные фации (песчано-глинистые и углистые отложения). Эти осадки охарактеризованы различными группами организмов с известковыми (фораминиферы, наннопланктон) или кремнистыми (спикулы губок, радиолярии, диноцисты) скелетами. Присутствие и преобладание тех или иных фоссилий зависит от состава вмещающих отложений. Иногда кремнистая и карбонатная фауна встречаются совместно, что существенно повышает степень надежности биостратиграфических построений.

Карбонатные фации киевских отложений изучены по скв. 3, пробуренной вблизи с. Крутая Балка (Полтавская обл.). Породы, пройденные в интервале глубин 70,6—75,0 м (забой—75,0 м), состоят из глин зеленовато-светло-серыми, известковыми, слабослюдястыми, плотными, содержащими многочисленную микрофауну, а также иглы морских ежей и косточки рыб. Выше по разрезу (62,2—70,6 м) наблюдаются песчаники серовато-зелёные, глауконитовые, бескарбонатные с агглютинированными фораминиферами, спикулами губок, чешуей рыб.

В известковых глинах наблюдается обилие бентосных агглютинированных и секреторных фораминифер: *Haplophragmoides* cf. *glomeratus* (Brady), *Spiroplectammia pishvanovae* Furss. et Furss., *S. carinatiformis* Moroz., *S. vicina* Eremeeva, *Textularia flexibilis* Kaptarenko, *Karreriella asiphonia* (Andreae), *Triplasia variabilis* (Brady), *Verneuilina mexicana* Nuttall., *Martinotiella communis* (Orb.), *Marginulinopsis fragarius* (Gümb.), *Robulus inornatus* (Orb.), *R. calcar* (L.), *Cristellaria crassa* Orb., *Lagena isabella* (Orb.), *Globulina gibba* Orb., *Glandulina laevigata* Orb., *Siphonodosaria ewaldi* Reuss, *Dentalina approximata* Reuss, *D. consobrina* Orb., *Anomalina granosa* (Hantk.), *Brotzenella acuta acuta* Plummer, *Cibicides perlucidus* Nutt., *Heterolepa pygmaea* (Hantk.), *Oridorsalis umbonatus* (Reuss), *Gyroidinoides soldanii* (Orb.), *Bifarina millepunctata* Tutk., *Uvigerina jacksonensis* Cushm., *U. hispida* Schwag., *Bulimina akcuatica* Moroz., *Bolivina antegressa* Subb. Планктонных фораминифер заметно меньше, они представлены мелкими раковинками *Acarinina rugosoaculeata* Subb., *A. pentacamerata* Subb., *Pseudohastigerina voluta* (White).

Комплекс, в целом, характерен для средней части киевского региояруса. По данным Е. Я. Краевой [6] и И. Д. Коненковой [5], в киевских отложениях ДДВ выделяются две зоны: нижняя, зона лягенид и верхняя, зона булиминид. Согласно О. К. Каптаренко-Черноусовой [4], нижняя часть киевского мергеля содержит комплекс фораминифер с акарининами, верхняя — без акаринин. Установленная нами ассоциация микрофауны соответствует комплексу зоны лягенид и комплексу с акарининами.

В данных отложениях также обнаружен наннопланктон зоны NP 16 *Discoaster tani nodifer* стандартной шкалы Э. Мартини или подзоны *Discoaster bifax* зоны *Reticulofenestra umbilica* шкалы Д. Бакри [1].

Согласно схеме стратиграфии палеогена платформенной Украины [2, 5], данные породы отвечают части киевского региояруса северных районов. Вышележащие бескарбонатные песчаники имеют позднекиевский или, возможно, обуховский возраст.

Более мелководные отложения киевского региояруса изучены по скв. 3 (с. Спасское, Новомосковский р-н, Днепропетровская обл.), вскрывшей в интервале 122,4—132,9 м мергели белые, кремовые, с небольшой примесью слюдястого материала, охарактеризованные многочисленными остатками фауны с карбонатным и кремнистым скелетом.

Внизу интервала наблюдаются многочисленные секреторные бентосные, реже — планктонные фораминиферы. Агглютинированные формы присутствуют в подчиненном количестве. Среди бентоса преобладают нониониды, аномалиниды, булиминиды. Планктон однообразен, представлен псевдохастигеринами. Среди фораминифер встречаются: *Haplophragmoides glomeratus* (Brady), *Textularia flexibilis* Kaptarenko, *T. conica* Orb., *Martinotiella communis* (Orb.), *Marginulinopsis fragarius* (Gümb.), *Robulus inornatus* (Orb.), *Siphonodosaria ewaldi* Reuss, *Dentalina consobrina* Orb., *Globulina amygdaloides* Reuss, *Florilus scaphum* (F. et M.), *Melonis* aff. *dozularensis* (Chalil.), *Gyroidinoides soldanii* (Orb.), *Pullenia quinqueloba* (Reuss), *Siphonina kaptarenkae* Krajeva, *Anomalina granosa* (Hantk.), *Brotzenella acuta acuta* (Plummer), *B. acuta taurica* (Saml.), *Oridorsalis umbonatus* (Reuss), *Heterolepa eocaena* (Guemb.), *H. pyg-*

mea (Hantk.), *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman), *Bulimina* cf. *akcuiatica* Moroz., *Uvigerina jacksonensis* Cushman, *Pseudohastigerina micra* (Cole), *P. voluta* (White) etc.

Комплекс микрофауны сравнительно однообразен, однако присутствие *Textularia flexibilis* Kaptarenko, *Florilus scaphum* (F. et M.), *Siphonina kaptarenkae* Krajeva, *Heterolepa eocaena* (Guemb.), *Pseudohastigerina micra* (Cole), *P. voluta* (White) свидетельствует в пользу отнесения вмещающих отложений к киевскому региоярису среднего эоцена.

Ориктоценоз дополняют иглы морских ежей, остракоды, спорадически встречающиеся редкие ядра бивальвий *Vulsella obliqua* Koen.

Кремнистые фоссилии представлены остатками спонгиофауны: фрагментами скелетов шестилучевых губок группы *Dictionina* (трибы *Lychniscaria*), макроскелерами губок группы *Lyssacina*, массовыми спикулами четырёхлучевых губок. Среди спикул (определения проведены согласно паратаксономической классификации М. М. Иваника [3]) заметно преобладают *Caltrop regularis* Ivanik, *Triaenidae*, *Phyllotrifurcata furcata* Ivanik, *Phyllotriaena* aff. *simplex* T. A. Ivanova, *Phyllotriaena* sp., *Phyllotrilobata foliacea* Ivanik, *Tetracrepides torosus* Ivanik, *T. laevis* Ivanik, *T. applanatus* Ivanik. Значительно реже встречаются *Olimtriaena venusta* Ivanik, *Plagiodiaena* sp., *Orthodiaena undulata* Ivanik, *Hexactina* sp., *Pentactina ordinaria* Ivanik, *Sphaeraster robustus* Ivanik, *Sterraster orbicularis* Ivanik, etc.

Обилие тетракрепидесов, характерных для мел-среднеэоценовых отложений Украины, их совместное нахождение с диенами и олимтриенами, появляющимися в киевских отложениях и получающими расцвет в более молодых образованиях [3], указывает на принадлежность вмещающих пород к киевскому региоярису.

Количество микрофауны вверх по разрезу снижается. На контакте с вышележащей породой — глиной зелено-вато-серой, алевроитовой, слюистой, бескарбонатной, встречены *Haplophragmoides glomeratum* (Brady), *Textularia conica* Orb., *Pullenia quinqueloba* (Reuss), *Heterolepa eocaena* (Guemb.), *Caltrop regularis* Ivanik, *Phyllotriaena* sp., *Tetracrepides* sp., etc.

Выше, в бескарбонатной глине с массовыми отпечатками спикул губок, наблюдаются единичные фораминиферы *Ammodiscus incertus* (Orb.), обломки макросклер *Caltrop regularis* Ivanik, *Triaenidae*, *Tetracrepides torosus* Ivanik, *T. laevis* Ivanik, *T. applanatus* Ivanik, *Phyllotriaena diligens* Ivanik, *Discotriaena ovalis* Ivanik, *Pinulihexactina* sp., etc., радиолярии, иглы морских ежей. Транзитный характер комплекса, плохая сохранность спикул не позволяют однозначно датировать вмещающие пород (средний-поздний (?) эоцен).

Фации переходной зоны киевского палеобассейна, выраженные бескарбонатными, часто углистыми породами, исследованы в Сурской депрессии УЩ. Здесь, скв. 1484 в интервале глубин 35,0—38,0 м вскрыты кварц-глауконитовые пески с исключительно кремнистой микрофауной. В ориктоценозе присутствуют многочисленные пиритовые ядра агглютинированных фораминифер *Rhabdammina* cf. *cylindrica* Glaessn., *Rh.* cf. *robusta* (Grzb.), *Haplophragmoides* cf. *kiewensis* Kaptarenko, *Gaudryina* sp. и разнообразные спикулы губок. Последние представлены следующими таксонами: *Strongyl intermedius* Ivanik, *Caltrop regularis* Ivanik, *Protriaena immensa* Ivanik, *P. propinqua* Ivanik, *Plagiotriaena magnifica* Ivanik, *P. protea* Ivanik, *P. abbreviata inobservabila* Ivanik, *Orthotriaena intermedia* Ivanik, *Olimtriaena venusta* Ivanik, *Prodichotriaena media* Ivanik, *P. permagna* Ivanik, *Plagiodichotriaena transitiva* Ivanik, *Orthodichotriaena intermedia* Ivanik, *O. minuta* Ivanik, *O. magna* Ivanik, *Orthomesotriaena* aff. *curvata* Ivanik, *O. ordinaria* Ivanik, *Orthomesodichotriaena* aff. *indecora* Ivanik, *O. elegans* Ivanik, *Phyllotrifurcata furcata* Ivanik, *Phyllotriaena diligens* Ivanik, *Phyllotrilobata foliacea* Ivanik, *Tetracrepides torosus* Ivanik, *T. laevis* Ivanik, *T. applanatus* Ivanik, *Prodiaena* aff. *cornuta* Ivanik, *Orthodiaena* aff. *undulata* Ivanik, *O. aff. recta* Ivanik, *Spiculae irregularis*, *Sphaeraster* aff. *robustus* Ivanik, *Sterraster orbicularis paucus* Ivanik, *Skeleton confurminatum* (fragmenta), etc.

Степень сохранности фораминифер и присутствие среди них транзитных видов не обеспечивает надежного датирования вмещающих пород. Более информативны для этой цели спикулы губок, таксономический состав которых указывает на принадлежность вмещающих пород к киевскому региоярису.

Вышеизложенное свидетельствует о зависимости состава комплексов микрофоссилий шельфовых осадков киевского палеобассейна от вещественного состава пород и удалённости от береговой линии, что следует учитывать при корреляционных построениях.

1. Абакумова И. А. Наннопланктон киевских отложений (средний эоцен) юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины // География, геоэкология, геология: опыт научных исследований. Київ: ДНВП «Картографія», 2008. Вып. 5. С. 62—63.
2. Зосимович В. Ю., Зернецький Б. Ф., Андреева-Григоревич А. С. та ін. Региоруси палеогену платформної України // Біостратиграфічні критерії розчленування та кореляції відкладів фанерозою України. Київ, 2005. С. 118—132.
3. Иваник М. М. Палеогеновая спонгиофауна Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Київ: Ін-т геол. наук НАН України, 2003. 202 с.
4. Коптаренко-Черноусова О. К. Фораминиферы киевского яруса Днепровско-Донецкой западины та північно-західних окраїн Донецького басейну. Київ: АН УРСР, 1956. 188 с.
5. Коненкова И. Д., Богданович Е. М. К вопросу о расчленении палеогеновых отложений Днепровско-Донецкой впадины // Геология и рудоносность юга Украины. Днепропетровск: ДНУ, 1986. С. 86—91.
6. Краева Е. Я. Стратиграфическое расчленение киевской свиты юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины (по фораминиферам) // Геол. журн. 1974. Т. 34, вып. 4. С. 51—58.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ НЕФТИ И ГАЗА БЕЛАРУСИ

Нетрадиционными источниками углеводородных газов являются угольный метан, сланцевый газ и рассеянный газ плотных пород, водорастворенные углеводородные газы, газогидраты. Нетрадиционными источниками нефти могут быть жидкие углеводороды, находящиеся в рассеянном состоянии в плотных породах, в т. ч. в низкопористых и слабо проницаемых коллекторах, из которых нельзя получить промышленные притоки обычными методами. Только 5—20 % генерируемых в нефтегазоматеринских породах углеводородов концентрируется в промышленных залежах, 80—95 % остается в рассеянном состоянии в породах, в каналах миграции и растворенными в подземных водах [4]. В связи с истощением промышленных месторождений нефти и газа возрастает интерес к освоению нетрадиционных ресурсов углеводородов, рассеянных в породах и водах.

В проблеме освоения нетрадиционных источников углеводородов Беларуси первоочередной задачей является оценка потенциальных ресурсов рассеянных углеводородов и их возможной себестоимости при добыче.

Основными нетрадиционными источниками углеводородных газов являются угольный метан, сланцевый газ и рассеянный газ плотных пород.

Перспектив получения промышленных запасов угольного метана и сланцевого газа в Беларуси нет.

В Беларуси открыты месторождения бурых углей в каменноугольных, среднеюрских и неогеновых отложениях. Бурые угли характеризуются низкой газонасыщенностью. Ресурсы метанового газа угольных залежей Припятского прогиба составляют 1—2 млн м³/км² и с учётом площади разведанных залежей бурого угля их геологические ресурсы можно оценить в 1—2 млрд м³.

Содержание рассеянного газа в горючих сланцах Беларуси невысокое (1—2 млн м³/км²) и ресурсы Туровского и Любанского месторождений горючих сланцев составляют от 660,6 до 1 321,2 млн м³, а извлекаемые ресурсы — от 66 до 132 млн м³. Геологические ресурсы всего Припятского сланцевого бассейна площадью 10 000 км² составляют 10—20 млрд м³, извлекаемые ресурсы — 1—4 млрд м³.

Поэтому основные перспективы следует связывать с освоением ресурсов рассеянных газов плотных пород нефтегазоносных бассейнов Беларуси.

В Оршанской и Брестской впадинах породы обладают ограниченным нефтегазогенерационным потенциалом ввиду низкого содержания органического вещества, к тому же они не вступали в главную зону нефтеобразования в связи с малой мощностью чехла, низким тепловым потоком и низкой степенью катагенеза и не реализовали свой материнский потенциал. Газы, генерированные в верхней зоне газообразования, были рассеяны в связи с многочисленными перерывами в осадконакоплении, размывами, отсутствием в разрезе надежных флюидоупоров и проницаемостью отложений инфильтрационными водами. На это указывают низкая газонасыщенность и преимущественно азотный состав водорастворенных газов [3]. В связи с этим в Оршанской и Брестской впадинах нет перспектив выявления промышленных скоплений нефти и газа, и они обладают ограниченными ресурсами рассеянных углеводородов, которые не могут представлять практического интереса.

В Припятском прогибе нет перспектив открытия промышленных месторождений газа и перспективы газонасыщенности следует связывать только с освоением ресурсов газа, рассеянного в породах.

В Припятском прогибе при содержании рассеянного газа от 500—700 млн м³ в карбонатных породах до 1 млрд м³ на 1 км² в глинисто-мергельных породах геологические ресурсы рассеянного в породах газа могут составить порядка 25 трлн м³ в межсолевом и 15 трлн м³ в подсолевом комплексах. При коэффициенте извлечения рассеянного в породах газа от 0,1 до 0,2 извлекаемые ресурсы подсолевого и межсолевого комплексов могут составить от 4 до 8 трлн м³. Себестоимость добычи 1 тыс. м³ рассеянного в породах газа будет составлять 150—300 долл. При современном уровне мировых цен рассеянный в породах Припятского прогиба газ может стать рентабельными для разработки, поэтому его ресурсы следует учитывать в стратегических планах развития государства и приступать к их практическому освоению. В пределах Внутреннего грабена перспективными участками для получения рассеянного газа из межсолевых отложений могут быть Комаровичско-Савичская, Заречинско-Дудичская, Конковичско-Гороховская, Шестовичско-Скрыгаловская, Сколодинско-Каменская, Гостовская, Западно-Софиевская, Южно-Валавская-Восточно-Выступовичская, Западно-Валавская зоны. В их пределах суммарное содержание миграционных и эмиграционных битумоидов колеблется от 300 до 1 000 тыс. т/км². Плотность рассеянного газа в этих зонах будет составлять 700—2 300 млн м³/км².

Перспективными для освоения могут быть водорастворенные углеводородные газы. Ресурсы водорастворенных газов подсолевого и межсолевого комплексов Припятского прогиба могут составлять 26 трлн м³.

В надсолевом комплексе Припятского прогиба водорастворенные газы азотные (содержание азота 60—95 %) и они не могут служить источником для получения углеводородных газов.

Припятский прогиб является одним из районов, благоприятных для получения техногенной нефти из рассеянного в породах органического вещества, прежде всего из богатых органическим веществом и битумоидами межсолевых депрессионных кремнисто-карбонатно-глинистых отложений Центрального нефтеносного района. Содержание $C_{орг}$ изменяется в них от 0,22 до 10,0 % и они подразделяются на субдоманикиты (содержание органического

углерода 0,1—0,5 %), доманикоиды (0,5—5,0 %) и доманикиты (5,0—25 %). В них локально развиты порово-трещинные коллекторы, причём трещины располагаются по слоистости, а поры связаны с выщелоченными остатками радиолярий. Общая пористость изменяется от 4 до 6 % и достигает иногда 12 %. При испытании в большинстве скважин притоков пластового флюида не было получено, в единичных скважинах притоки воды достигали 1,38 м³/час [5]. Содержание $C_{орг}$ колеблется от 0,3 до 1,99 % в домановичском, от 0,3 до 8,06 % — в кузьмичевском, от 0,3 до 3,49 % — в тонежском, от 0,3 до 2,99 % — в тремлянском и вишанском горизонтах, до 5,25 % — в елецком надгоризонте и до 4,5 % — в петриковском горизонте. Наиболее высокие содержания органического вещества (более 1 %) характерны для батинальной области седиментационного бассейна [6].

В подсолёвом нефтеносном комплексе Припятского прогиба объём рассеянного органического вещества может составить 110,76 млрд т, объём битумоидов — 5,2 млрд т, в межсолёвом — соответственно 166,14 млрд т и 7,8 млрд т. Принимая, что в генерации техногенной нефти принимает участие половина объёма пород, в нефть переходит от 1 до 10 % объёма органического вещества при увеличении объёма жидких углеводородов в 1,5 раза, геологические ресурсы подсолёвого комплекса можно оценить в 0,83—8,3 млрд т, геологические ресурсы межсолёвого комплекса — 1,246—12,46 млрд т. Суммарные геологические ресурсы подсолёвого и межсолёвого комплексов составят от 2,076 до 20,76 млрд т. В депрессионных кремнисто-карбонатно-глинистых отложениях Центрального нефтеносного района, обогащённых рассеянным органическим веществом и битумами, содержание органического вещества составляет порядка 57,5 млрд т, битумоидов — 2,7 млрд т. Геологические ресурсы рассеянной нефти составят от 0,431 до 4,31 млрд т. При коэффициенте извлечения 0,33 ресурсы подсолёвого комплекса составят от 0,2739 до 2,739 млрд т, межсолёвого — от 0,41118 до 4,1118 млрд т, суммарные извлекаемые ресурсы двух комплексов — от 0,685 до 6,85 млрд т. Ресурсы межсолёвого комплекса Центрального нефтеносного района составляют от 0,1422 до 1,422 млрд т. Ресурсы рассеянных жидких углеводородов имеются также в несолёвых прослоях галитовой подтолщи верхней солёной толщи, которые здесь не учтены. Извлекаемые ресурсы нефти и нефтегазоконденсата Припятской нефтегазоносной области по состоянию на 01.01.2009 г. составляли 350,203 млн т при накопленной добыче 118,676 млн т, что составляет 33,89 % начальных суммарных ресурсов [2]. Таким образом, извлекаемые ресурсы рассеянных жидких углеводородов Припятского прогиба в 2—20 раз превышают ресурсы месторождений. При плотности битумоидов порядка 300 000 т/км² и трёх наклонно направленных скважинах с многочисленными гидроразрывами пласта стоимостью 5 млн долл. каждая на 1 км² стоимость добычи тонны рассеянной в породах нефти может составить около 150 долл./т при 10 % перехода объёма рассеянного органического вещества в нефть. При переходе в нефть 1 % органического вещества стоимость добычи тонны нефти может возрасти в десять раз. Поэтому при современном состоянии изученности проблемы добычи рассеянной в породах нефти трудно судить о рентабельности её добычи из подсолёвых и межсолёвых отложений Припятского прогиба. Однако её добыча может быть рентабельной при одновременной добыче рассеянного газа и рассеянной нефти.

Помимо высокобитуминозных нефтегазопроизводящих отложений нетрадиционным источником добычи нефти в Припятском прогибе могут быть также низкопористые и плохо проницаемые нефтенасыщенные коллекторы (полуколлекторы). Они в естественных условиях не способны отдавать углеводороды с рациональными дебитами, но могут обеспечить промышленную добычу углеводородов в результате применения специальных технологий с бурением наклонно направленных, горизонтальных и многоствольных скважин и гидроразрывами пластов [1]. Такие технологии освоены в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» и оно имеет технические возможности для освоения ресурсов рассеянных газообразных и жидких углеводородов в осадочных отложениях Припятского прогиба.

1. Бескопильный В. Н. О целесообразности изучения нефтегазоносности природных полуколлекторов Беларуси // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. Гомель, 2012. С. 111—139.
2. Захария И. Р., Лысенко Л. Н., Доброденев А. К., Бобикова Т. В. Ресурсная база углеводородов Республики Беларусь: оценка, тенденции, прогнозы // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. Гомель, 2012. С. 77—85.
3. Конищев В. С. Водорастворенные газы осадочных бассейнов Беларуси и их нефтегазоносность // Докл. НАН Беларуси, 2007. Т. 51, № 2. С. 76—80.
4. Неручев С. Г. Органическая теория образования нефти и газа и их месторождений // Генезис нефти и газа. М.: ГЕОС, 2003. С. 214—215.
5. Обровец С. М., Яшин И. А. Формирование нефтепроизводящих и нефтесодержащих доманиковых фаций в нижнефаменских отложениях Внутреннего грабена Припятского прогиба // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. Гомель, 2012. С. 163—179.
6. Познякевич З. Л. Раздел I. Припятский палеорифтовый бассейн. Глава 5. Геохимия органического вещества пород и нефтей. 5.1. Распределение рассеянного органического вещества и битумоидов в осадочном чехле // Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Беларуская навука, 1997. С. 310—327.

**ПАЛЕОГЕОДИНАМИКА ДЕВОНСКОГО МАГМАТИЗМА
ПРИПЯТСКО-ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ**

Припятско-Днепровско-Донецкая рифтовая зона включает Припятско-Днепровско-Донецкий палеорифт, его северное и южное плечи, также нарушенные разломами, поэтому проявления девонского синрифтового вулканоматизма встречены как в пределах палеорифта, так и на его плечах. В пределах палеорифта они изучены в северо-восточной части Припятского грабена и на Брагинско-Лоевской седловине, на Черниговско-Брагинском выступе, в западной и центральной частях Днепровского грабена в нормальном залегании и в восточной части грабена в виде блоков диабазов в брекчии кепрока соляных массивов. На северном плече палеорифта они отмечены на Жлобинской седловине, в Северо-Припятской зоне ступеней и на Гомельской структурной перемычке на западе и на юго-восточном склоне Воронежской антеклизы на востоке, на южном плече — только на востоке в пределах Приазовского выступа на границе с Донбассом. Наиболее древние проявления девонского вулканоматизма позднеживетско-раннефранского возраста изучены на Приазовском массиве, западнее на Белоцерковском выступе в центральной части Днепровского грабена они имеют раннефранский возраст, в меньшей степени — евлановско-ливленский и елецкий, в западной части Днепровского грабена и в сопредельной части Черниговско-Брагинского выступа — в основном алатырско-воронежско-евлановский и лебедянско-данковский, более слабые проявления отмечены в евлановско-ливленских и задонско-елецких отложениях. На Брагинско-Лоевской седловине и в северо-восточной части Припятского грабена проявились евлановско-ливленская, елецкая и петриковско-лебедянская фазы вулканоматизма, на северном плече в пределах Гомельской структурной перемычки и Северо-Припятской зоны ступеней — воронежско-евлановская и елецкая, на Жлобинской седловине — раннеречицкая [1, 3].

Отмечается последовательное омоложение начальных фаз вулканизма по простиранию рифтовой зоны от среднедевонского времени на востоке в Донбассе до раннефранского времени на западе в Припятской зоне рифтогенеза и последовательное омоложение фаз вулканизма в Припятской зоне рифтогенеза с севера на юг с одновременным снижением основности пород от ультраосновного на северном плече палеорифта до кислого магматизма на юге Припятского прогиба в тремлянскую фазу тектоно-магматической активизации.

Такие особенности проявления девонского магматизма в Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоне обусловлены геодинамическими закономерностями её формирования

Заложение в среднем девоне к югу от Восточно-Европейской плиты задугового палеокеанического бассейна Палео-Тетис — II привело к нарушению гравитационного равновесия в земной коре и течению пластичного вещества её нижней части на юг в сторону океана. Фронт течения двигался на север, пока не встретил на своём пути ослабленную осевую зону Сарматского щита. На фронте течения произошел разрыв литосферы. Это привело к изотермической декомпрессии и селективному плавлению вещества астеносферы, его гравитационному всплыванию и образованию выступа (астеносферного диапира или астенолита), прорыву в зоне разрыва части вещества астеносферы в подошву земной коры и образованию астенолинзы (коромантийной смеси). Сформировалась двухъярусная система континентального рифтогенеза. Её последующее развитие предопределило особенности формирования рифта и проявления вулканизма. С начальной фазой рифтогенеза связано первое проявление щелочного ультраосновного магматизма в результате прорыва ультраосновного расплава из астеносферы в земную кору и на поверхность. Последующие фазы вулканизма были связаны с процессами кристаллизационной гравитационной дифференциации ультраосновного расплава в астенолинзе в основании земной коры.

Фронт течения пластичного вещества нижней части земной коры в сторону океана Палео-Тетис-II достиг ослабленной осевой части Сарматского щита прежде всего на востоке в живетское время, где в это время и проявилась первая фаза вулканизма в пределах Приазовского массива и в южной части Донбасса в зоне Южно-Донецкого краевого разлома. Западнее, по мере удаления осевой части Сарматского щита от океана Палео-Тетис II, фронт течения приходил с запозданием и в средней части Днепровского рифта в районе Белоцерковского выступа первая фаза рифтогенеза и вулканизма проявилась в начале среднего франа в саргаевское, а в западной части Днепровского грабена и на востоке Черниговско-Брагинского выступа — во вторую половину среднего франа в семилукское время. В западной, Припятской части рифтовой зоны рифтогенез и вулканизм начались в начале позднего франа в речицкое (бурегское или алатырское) время.

В первую фазу платформенного рифтового вулканизма в результате эксплозивной вулканической деятельности сформировалась щелочно-ультраосновная формация трубок взрыва. На востоке рифтовой зоны в районе Южно-Донецкого краевого разлома это брекчии ультраосновных пород (пикритовых порфиров, лимбургитов, авгититов, псевдолейцитовых и нефелиновых базальтов), пород фундамента (гранитов, гнейсов, диабазов, амфиболитов), обломки осадочных пород (известняков, песчаников, углистых и глинистых сланцев), а также зёрна кварца и полевого шпата (петровская толща). Содержание осадочного материала в брекчиях изменяется от 40 до 80 % и достигает 99 % в брекчиях существенно кварцевого состава. Содержание обломков фундамента изменяется от 5 до 40 %. Для магматических пород характерно низкое содержание SiO_2 (27—33 %), высокое содержание Ti и низкое — щёлочей при преобладании K над Na [1]. По-видимому, описанные вулканиты выполняют трубки взрыва. Они приурочены к

зоне пересечения краевым Южно-Донецким разломом зоны глубинного Кальмиус-Айдарского разлома субмеридионального простирания протерозойского заложения и длительного развития.

В средней части Днепровского грабена на Белоцерковском выступе в зоне Южного краевого разлома изучена среднефранская (саргаевско-семилюкская) щелочно-ультраосновная — щелочно-базальтоидная магматическая формация. Она образована сложным комплексом пород: серпентенизированные и карбонатизированные оливиниты, слюдяные перидотиты, пироксениты, порфиновые пикриты, анкаратрит-пикриты, анкаратриты, малиниты, мельтейгиты, ийолиты, лимбургиты, нефелиновые и лейцит-нефелиновые базальты, нефелиниты, лейцититы, нефелиновые лейцититы, щелочные (сандиновые и нефелин-сандиновые) базальты. Вулканыты Белоцерковского выступа сформировались в зоне пересечения палеорифтом Криворожско-Кременчугского глубинного разлома субмеридионального простирания [3]. Более молодые вулканыты здесь отсутствуют. В западной части Днепровского грабена и в восточной части Черниговско-Брагинского выступа саргаевско-семилюкские вулканические породы составляют нижнюю часть мощной нижней вулканогенной толщи, имеющей в верхней большей части позднефранский возраст.

В западной части Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны первая фаза магматизма проявилась в начале позднего франа в речичское время в поднятом крыле Жлобинского краевого разлома мантийного заложения, ограничивающего с севера рифтовую зону. Здесь бурением изучены трубки взрыва Жлобинского поля диатрем в составе Антоновского, Лучинского, Гадиловичского и Рогачевского кустов. Диатремы в их верхней кратерной части сложены вулканокластическими, преимущественно эксплозивно-обломочными породами кратерной и жерловой фаций вулканизма (туфы, туфобрекчии, ксенотуфы, ксенотуфобрекчии), в низах кратерной части они чередуются с массивными брекчированными лавовыми породами, ниже вскрыты массивные трещиноватые и брекчированные магматические микрокристаллические породы субвулканических тел (некки и дайки). Слагающие трубки породы относятся к трём семействам щелочного ряда: щелочным пикритами, мелилититам и ультраосновным фойдитами. Породы в разной степени изменены вплоть до полного замещения вторичными продуктами [2]. Породы щелочные и высококальциевые (отношение K_2O/Na_2O изменяется от 0,9 до 30). Родоначальные магмы этого вулканоматматического комплекса имеют мантийную природу и являются продуктами плавления вещества верхней мантии на глубинах не менее 50—80 км. На это указывает высокое содержание Mg и отношение Ni/Co, характерное для мантийных образований, а также наличие ксенолитов шпинелевых перидотитов, типичных для верхних беспиropовых фаций глубинности верхней мантии. Повышенная кремнекислотность (41,71 %) и пониженная магнезиальность (13,9 %) фойдитов и их обогащённость элементами, характерными для остаточных расплавов, свидетельствуют о процессах фракционирования по механизму гравитационной кристаллизационной дифференциации [4]. Жлобинское поле диатрем приурочено к участку пересечения субширотного Жлобинского мантийного разлома, ограничивающего с севера зону рифтогенеза с субмеридиональной неотектонически активной Брагинско-Витебской зоной разломов древнего заложения и длительного развития, которая входит в состав трансплитного Лапландско-Нильского линеамента.

Таким образом, возраст первой фазы девонского рифтового вулканизма Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны омолаживается с востока на запад (от раннефранского на востоке, среднефранского в центре и до начала позднего франа на западе) в связи с последовательным продвижением рифтогенеза от Палео-Тетиса внутрь платформы в процессе формирования входящего авлакогена. Щелочно-ультраосновная формация трубок взрыва сформировалась в результате эксплозивного вулканизма в первую фазу рифтового вулканизма при довольно быстром поступлении ультраосновного расплава из астенолита с глубины 50—80 км. Магматические породы следующих фаз вулканизма являются продуктами кристаллизационной гравитационной дифференциации ультраосновного расплава в астенолитизе под палеорифтом на глубине 35—45 км и менее. Очаги магматизма приурочены к участкам пересечения рифтовых разломов субмеридиональными зонами разломов, которые и являются магмопроводящими. Ввиду малой (до 80 км) глубины выплавки девонских магматических пород в Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоне не было условий для образования алмазоносных кимберлитов и лампроитов, поскольку алмазы высокобарические минералы и формируются на глубине 150 км и более.

1. Бутурлинов Н. В., Кисель С. И. Развитие девонского вулканизма в зоне сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом // Докл. АН УССР, сер. Б. 1985. № 1. С. 3—6.
2. Веретенников Н. В., Корзун В. П., Махнач А. С. Платформенный магматизм // Геология Беларуси. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. С. 437—438.
3. Ляшкевич З. М., Завьялова Т. В. Вулканизм Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Наукова думка, 1977. 178 с.
4. Штефан Л. В. Петрохимические особенности пород трубок взрыва Беларуси (Жлобинское поле) // Проблемы алмазоносности Беларуси. Минск: БелНИГРИ 1999. С. 100—110.

КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЧЕТЫРЁХЛУЧЕВЫХ КОРАЛЛОВ

Определительские ключи основаны на противопоставлении признаков, на тезе и антитезе, т. е. на принципе «есть — нет». В каждом пункте ключа даётся два положения (а — теза, б — антитеза), в исключительных случаях приводятся три положения (а, б, в). Существует несколько типов определительских ключей: шведский, английский, ступенчатый. В данной работе использован шведский ключ; он наиболее удобен, т. к. теза и антитеза расположены рядом, что наглядно подчеркивает отличия и позволяет быстрее выбирать одно из двух положений. При определении ископаемых следует учитывать тип сохранности. Фрагментарные остатки, ядра и отпечатки не всегда могут быть определены до рода.

Все пункты ключа пронумерованы последовательно. В скобках указан предыдущий пункт, из которого шло определение. Теза и антитеза завершаются ссылкой на следующий пункт либо, если определение завершено, приведено название рода. Итак, теза и антитеза либо та и другая оканчиваются названием рода; дополнительно указаны возрастной индекс, страница, на которой описан род, и номер рисунка, где он изображён. Определив экземпляр до рода, надо сравнить его с описанием и изображением, чтобы убедиться в правильности определения. Если окажется, что род определён неправильно, следует, используя номера пунктов в скобках, проверить ход определения в обратном направлении и найти ошибку или вновь начать с первого положения, но более внимательно. Возможно, что в ваших руках оказался экземпляр рода, не включённого в определитель. Тогда нужно определить отряд либо наиболее близкий к нему род или группу родов. После этого следует обратиться к специальным монографиям. Для отрядов в ключе даётся возрастной индекс.

Если ясна принадлежность данного образца к типу и классу, то определение можно начинать непосредственно с установления рода и отряда, пропустив сводный ключ и ключ для определения классов. Если в процессе определения или в диагнозе рода встречается незнакомый термин, то следует обратиться непосредственно к сводному рисунку, на котором отражены основные морфологические признаки данной группы [1].

Остатки вымерших четырёхлучевых кораллов сохраняются в виде скелетных образований эктодермального происхождения, которые служили опорой и защитой живым полипам. Тетракораллы, так же как и ныне живущие кораллы, обитали только в морях; в молодом возрасте они почти всегда были прикреплены к субстрату, во взрослом — часто свободно лежали на дне или были погружены в ил.

Кораллы были одиночными или колониальными. Одиночные кораллы и кораллиты большинства колоний имеют внешнюю стенку, на которой видны кольцевые линии нарастания или морщинки (*rugae* — *руге*), а часто и продольные рёбра, отвечающие промежуткам между септами: реже развиты шипики, бугорки и другие образования [2, 3].

Ключ к определению четырёхлучевых кораллов

Класс *Anthozoa*. Коралловые полипы. Подкласс *Tetracotalla*

1	а. Колониальные формы	2
	б. Одиночные формы	9
2 (1а)	а. Колонии из трубчатых, цилиндрических, роговидных или конических кораллитов. Поперечные сечения кораллитов округлые, эллиптические, четырёхугольные или звёздчатые	4
	б. Колонии из плотных известковых стержней, чередующихся с органическими звеньями	3
3 (2б)	а. Контур известковых стержней сбоку прямоугольный; на продольных рёбрах имеются незакономерно развитые зубчики, бугорки и валики. Подкласс <i>Octocoralla</i> . Род <i>Isis</i> . Современная форма.	
	б. Контур известковых стержней сбоку удлинённо-овальный; продольные рёбра гладкие. Подкласс <i>Octocoralla</i> . Род <i>Paris</i> . Р — ныне	
4 (2а)	а. Септы у кораллитов колонии отсутствуют или они мелкие, шиповидные, реже пластинчатые. Заложение и расположение септ незакономерное. Подкласс <i>Tabulatomorpha</i> .	
	б. Септы у кораллитов колонии присутствуют, они пластинчатые, хорошо развиты. Заложение и расположение септ закономерное; они образуют один-два и более циклов. Колонии разнообразной формы, без или почти без эпитеки, с многочисленными кораллитами	5
5 (4б)	а. Колонии разнообразной формы, без или почти без эпитеки, с многочисленными кораллитами. Промежуточная ткань между кораллитами отсутствует	6
	б. Колонии конической формы с хорошо развитой эпитекой и малым числом кораллитов: центральный кораллит крупный, а периферические более мелкие. Септы трёх-четырёх и более циклов. Подкласс <i>Hexacoralla</i> . Род <i>Monocyclus</i> . К.	
6 (5а)	а. Столбик имеется	7
	б. Столбик отсутствует	16
7 (6а)	а. Столбик простой: пластинчатый или грифельовидный	8
	б. Столбик сложный, в виде осевой колонны	18
8 (7а)	а. Пузыревидные образования у кораллитов отсутствуют или очень редкие. Подкласс <i>Hexacoralla</i> .	
	б. Пузыревидные образования у кораллитов хорошо развиты Семейство <i>Lithothamnion</i> .	17

- | | | |
|----------|---|----|
| 9 (16) | а. Септы присутствуют. Септы образуют один или два цикла. Заложение септ попарно-симметричное в четырёх секторах. Симметрия двусторонняя (бирадиальная) | 11 |
| | б. Септы отсутствуют. Вся внутренняя полость коралла заполнена пузыревидными образованиями | 10 |
| 10 (96) | а. Периферические пузыри меньше осевых, они расположены наклонно.
Род <i>Cystiphyllum</i> . S. | |
| | б. Периферические пузыри крупнее осевых, они расположены почти горизонтально.
Род <i>Nataliella</i> . D. | |
| 11 (9a) | а. Кораллы пирамидальной или туфелькообразной формы | 12 |
| | б. Кораллы роговидно изогнутой, цилиндрической или конической формы | 13 |
| 12 (11a) | а. Коралл в виде четырёхгранной пирамиды. Крышечка состоит из четырёх частей, образующих низкую четырёхгранную пирамиду.
Род <i>Goniophyllum</i> . S. | |
| | б. Коралл в виде туфельки с уплощенной нижней стороной и дуговидно изогнутой верхней. Крышечка единая уплощенная, округленно-треугольной формы.
Род <i>Calceola</i> . D. | |
| 13 (116) | а. Развита днища и пузыревидные образования | 14 |
| | б. Развита только днища.
Род <i>Amplexus</i> . C. | |
| 14 (13a) | а. На взрослой стадии все большие септы или часть их утолщены | 15 |
| | б. На взрослой стадии все септы тонкие. Большие септы доходят до центра и могут слегка закручиваться.
Род <i>Bothrophyllum</i> . C. | |
| 15 (14a) | а. Большие септы около главной септы утолщенные, а около противоположной — тонкие; они не доходят до центра коралла. Фоссула открытая.
Род <i>Caninia</i> . C. | |
| | б. Все большие септы сильно утолщенные; они почти доходят до центра коралла. Фоссула закрытая.
Род <i>Gshelia</i> . C. | |
| 16 (66) | а. Пузыревидные образования отсутствуют. Имеются только днища и септы. Септы к центру становятся тоньше.
Род <i>Favistina</i> . | |
| | б. Имеются пузыревидные образования наряду с днищами и септами. Септы к центру кораллита веретеновидно утолщаются.
Род <i>Hexagonaria</i> . D. | |
| 17 (86) | а. Септы доходят до стенок кораллитов.
Род <i>Lithostrotion</i> . C. | |
| | б. Септы не доходят до стенок кораллитов, отделяясь от них пузыревидными образованиями.
Род <i>Petalaxis</i> . C. | |
| 18 (76) | а. Колонии массивные из плотно примыкающих призматических кораллитов.
Род <i>Actinocyathus</i> . C. | |
| | б. Колонии кустистые из изолированных субцилиндрических кораллитов.
Род <i>Lonsdaleia</i> . C. | |
1. Бондаренко О. Б., Михайлова И. А. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных: 2-е изд. М.: Недра, 1984. С. 221—224.
 2. Добролюбова Т. А., Кабакович Н. В., Чудинова И. И. Наставление по сбору и изучению палеозойских кораллов. М.: Наука, 1964. С. 28—30.
 3. Друшин В. В. Палеонтология беспозвоночных. М.: МГУ, 1974. С. 203—206

В. М. Макеев¹, Е. А. Карфидова¹, П. С. Микляев¹, А. Н. Авхимович², А. Л. Дорожко¹, И. В. Коробова¹

¹ Институт геоэкологии РАН

² Республиканское унитарное предприятие «Белгеология»

МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ НЕСОГЛАСИЙ ПРИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

С целью исследования в платформенных условиях зон повышенных напряжений и деформаций разной пространственной ориентировки — субвертикальных и субгоризонтальных геодинамически активных зон (ГДАЗ), в Свирско-Ошмянском районе были проведены работы, направленные на выявление структурной рассогласованности (несогласий) в палеозойском чехле, включая поверхность кристаллического фундамента. Предполагается, что древняя рассогласованность в условиях неотектонических напряжений приводят к появлению повышенных деформаций (дислокаций) или субгоризонтальных геодинамически активных зон. Исследования проводились на основе выявления несогласованности горизонтов чехла относительно друг друга по азимутальному критерию. Выявление подобных зон необходимо, поскольку с ними связывается образование малых по размеру дислокаций, которые не выявляются при детальном инженерно-геологическом исследовании, но очень важны при оценке геодинамической безопасности и геоэкологической устойчивости.

Метод оценки азимутального несогласия опорных поверхностей осадочного чехла разработан и внедрен в практику в лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники ИГЭ им. Е. М. Сергеева РАН под руководством В. И. Макарова [1]. Рассогласованность (расслоенность) структур рассматривается с позиции пространственно-временных закономерностей унаследованности древних структур более молодыми. Предполагается, что степень рассогласованности структур определяет их дифференциацию по напряженно-деформированному состоянию: чем больше азимутальный угол рассогласования, тем больше напряженность. Рассогласованность является необходи-

мым условием для появления дополнительных напряжений, поскольку дисгармоничные по вещественному и структурному признаку слои по-разному реагируют на неотектоническое поле напряжений. Это явление выражается в формировании субгоризонтальных ГдАЗ пониженной устойчивости пород и повышенной их трещиноватости.

Азимутальная несогласованность рассчитывалась между двумя поверхностями кровли опорных горизонтов: между кристаллическим фундаментом и ордовиком, между ордовиком и силуром, между силуром и девоном. По результатам расчётов строились карты с выделением зон (ареалов, областей) азимутальной несогласованности между опорными горизонтами. Метод расчёта и картографирования азимутального несогласия основывается на развитии задач анализа цифровой модели рельефа (ЦМР) в приложении к двум поверхностям кровли соседних опорных горизонтов. Логическая схема модели оценки азимутальной несогласованности представлена на рисунке 1.

Схема использует графический интерфейс Model Builder (ESRI) [2], в котором прямоугольник означает данные, а эллипс — действия, производимые с данными по заданному алгоритму. На входе слева от эллипса — исходные данные, на выходе справа — расчётные данные. Модель реализована в геоинформационном проекте на основе программного обеспечения ArcView, Spatial Analyst и дополнительных скриптов [3]. Зоны азимутальной несогласованности дифференцируются по 5 классам в зависимости от величины разницы (углов) между азимутальными направлениями по двум GRID экспозициям поверхностей (таблица 1).

Таблица 1 — Классы азимутальной несогласованности

Класс несогласованности	Углы несогласования азимутов, градусы
1	$-30 < \alpha < 30$ и $150 < \alpha < 180$
2	$30 < \alpha < 45$ и $135 < \alpha < 150$
3	$45 < \alpha < 60$ и $120 < \alpha < 135$
4	$60 < \alpha < 75$ и $105 < \alpha < 120$
5	$75 < \alpha < 105$

В северо-западной части рассматриваемой территории выделяется крупная зона несогласованности с классом 4—5. По данным таблицы 2, в этой зоне средние значения и стандартные отклонения уклонов превышают аналогичные показатели всей картографируемой территории по всем опорным горизонтам, за исключением девона. Следовательно, в северо-западной части исследуемой территории фиксируется устойчивая по разрезу (во времени) зона несогласованности структурных планов. Эта зона несогласованности может быть сопоставлена со структурно-вещественными неоднородностями кристаллического фундамента: с верхнепротерозойскими габбро-долеритами, локализованными вблизи структурно-фациальной границы, разделяющей Щучинскую гранулитовую зону и Восточно-Лидскую гранитогнейсовую зону. Зона несогласованности может отвечать концентрации повышенных напряжений, разрядка которых приведет к пониженной устойчивости и повышенной трещиноватости горных пород.

Вместе с тем, анализ взаимосвязи зон азимутальной несогласованности с выделенными на исследуемой территории разломами в кристаллическом фундаменте показывает, что зоны разломов фундамента, не проявляются в полях несогласованности структурных планов исследуемой территории ни по направлению, ни по площадному распространению последних. Следовательно, древние разломы в неотектоническом поле напряжений не активны. Эти зоны также не связаны с возможными подвижками блоков кристаллического фундамента.

Таблица 2 — Результаты геостатистического анализа данных по профилям

Объект ЦМР	Геостатистические показатели по уклонам (градусы)						
	В целом по рассматриваемому району $S = 1\,962,5 \text{ км}^2$			В пределах зоны несогласия $S = 24 \text{ км}^2$			
	Среднее	Максимум	Станд. откл.	Номер профиля	Среднее	Максимум	Станд. откл.
Кровля кристаллического фундамента	0,17	9,04	0,21	Среднее по зоне	0,12	2,73	0,19
				1	0,24	1,67	0,33
				2	0,12	0,45	0,11
				Среднее по зоне	0,18	0,32	0,02
Кровля ордовика	0,19	3,02	0,11	1	0,29	0,43	0,1
				2	0,19	0,24	0,02
				Среднее по зоне	0,18	0,32	0,02
				1	0,14	0,20	0,05
Кровля силура	0,16	3,73	0,22	2	0,15	0,22	0,03
				Среднее по зоне	0,05	0,12	0,03
				1	0,07	0,41	0,09
				2	0,06	0,09	0,02
Кровля девона	0,08	0,46	0,06	Среднее по зоне	0,15	2,24	0,20
				1	0,10	0,51	0,11
				2	0,22	1,44	0,23
				Среднее по зоне	1,59	47,02	1,79
Подошва четвертичных отложений	0,10	5,54	0,14	1	1,62	22,59	2,36
				2	1,66	8,93	1,60
				Среднее по зоне	1,59	47,02	1,79
				1	1,62	22,59	2,36
Земная поверхность	1,32	49,35	1,81	2	1,66	8,93	1,60
				Среднее по зоне	1,59	47,02	1,79
				1	1,62	22,59	2,36
				2	1,66	8,93	1,60

Поскольку Свирско-Ошмянский район расположен к северо-западу от Волковысско-Лепельской буферной зоны или Черноморско-Балтийского водораздела на Гродно-Латгальском поднятии, являющимся элементом строения неотектонических структур Восточно-Балтийской геодинамической системы, образование зон рассогласованности связано, скорее всего, с неотектоническими напряжениями, генерируемыми этой системой.

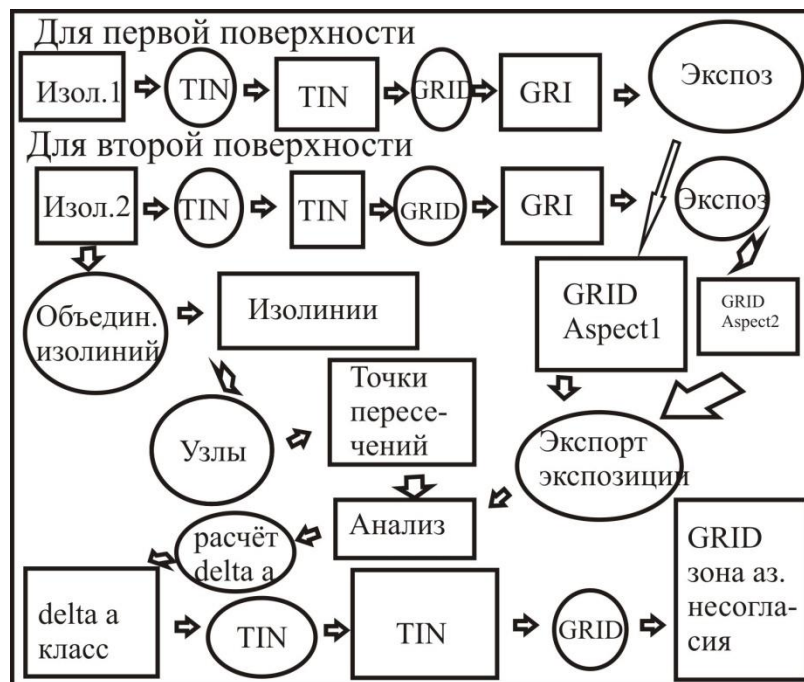


Рисунок 1 — Логическая схема модели оценки азимутальной несогласованности

1. Юдахин Ю. Ф., Шукин Ю. К., Макаров В. И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.
2. Jenness J. 2006. Grid Tools (Jenness Enterprises) v. 1.7 (grid_tools_jen.avx) extension for ArcView 3.x. Jenness Enterprises. Available at: http://www.jennessent.com/arcview/grid_tools.htm.
3. The Pennsylvania state university: <https://www.e-ducation.psu.edu/geog485/node/101>

**В. М. Макеев¹, Т. В. Суханова², А. Л. Дорожко¹, И. В. Коробова¹, А. К. Карабанов³,
М. Е. Комаровский⁴, С. Н. Полеводова¹**

¹ Институт геоэкологии Российской академии наук

² Московский государственный университет

³ Институт природопользования НАН Беларуси

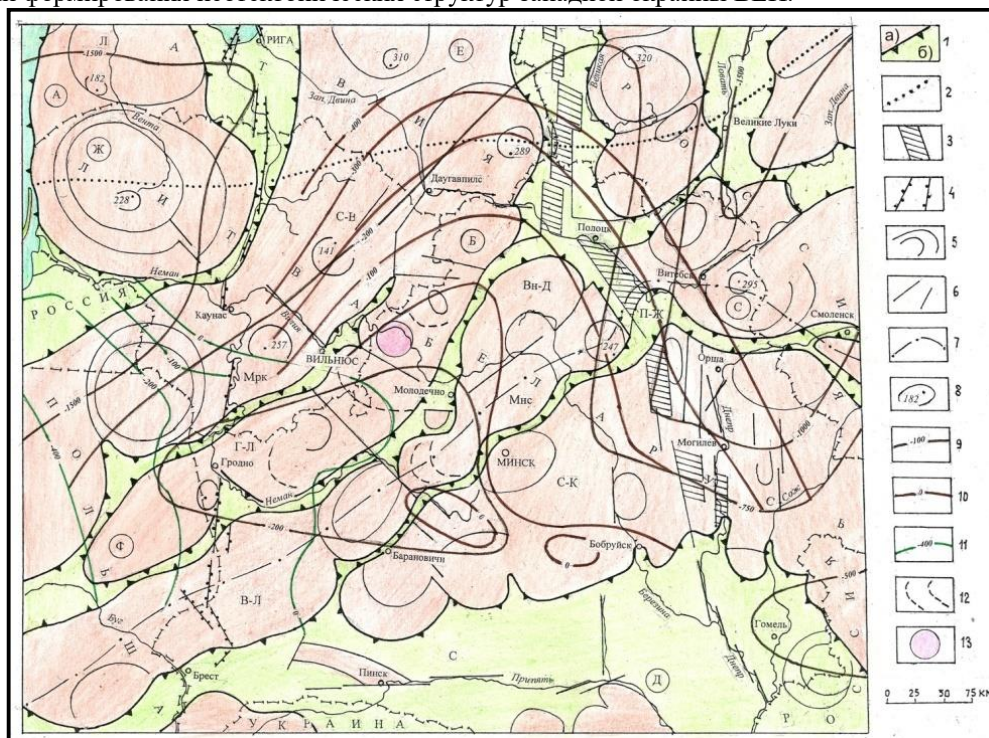
⁴ Белорусский государственный университет

СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В связи с планомерным и систематическим изучением новейших платформенных структур, запад Восточно-Европейской платформы (ВЕР) исследуется по геодинамическим условиям образования структур (рисунок 1). В основе исследований лежат представления об эволюции глубинных разновозрастных геодинамических систем, которые объединяют центральные области активных геодинамических процессов (очаги) и те пассивные области, на которые распространяются их динамическое воздействие. С этой точки зрения специфическими структурами, образующимися в условиях взаимодействия этих систем, являются геодинамически активные зоны (ГДАЗ), с которыми связывается образование избыточных напряжений и повышенных деформаций [4]. Дополнительным и необходимым условием их заложения являются древние неоднородности: субвертикальные разломы, латеральная структурно-формационная и реологическая рассогласованность чехла и кристаллического фундамента и т. п. ГДАЗ следует учитывать при оценке сейсмотектонических условий, решении инженерно-геологических задач, организации сетей геодинамического и экологического мониторинга. С ними сопряжено развиваются опасные экзогенные процессы.

Проведенные геодинамические исследования основываются на работах Р. Г. Гарецкого, А. К. Карабанова, Р. Е. Айзберга, А. В. Матвеева, А. Г. Аронова, Э. А. Левкова и др. В них анализируются неотектоника, геоморфоло-

гия и четвертичные отложения. Эти работы являются основой для дальнейшего изучения современных геодинамических условий формирования неотектонических структур западной окраины ВЕП.



1 — зоны поднятий а) и прогибов б), выраженные в рельефе. Буквами обозначены: П — Припятский прогиб, С—К — Слуцко-Кривичское поднятие, Мнс — Минский прогиб, В—Л — Волковыско-Лепельское поднятие, Вн—Д — Верхненёманско-Дисненский прогиб, Г—Л — Гродно-Латгальское поднятие, Мрк — Мягиский прогиб, С—В — Сувалкинско-Видземское поднятие, Н—Л — Нямунас-Лиелупельский прогиб, Ж — Жямайское поднятие. 2 — Шауляйско-Торопецкая динамическая зона, почти не выраженная в рельефе; 3 — Псковско-Жлобинская геодинамически активная зона (П-Ж), 4 — Рижско-Брестская зона линеаментов, 7 — Черноморско-Балтийский водораздел, 5 — структурные линии, подчеркивающие отдельные детали поднятий и прогибов; 6 — линеаменты, 8 — обобщённые изогипсы дневной поверхности (м), 12 — дуги, подчеркивающие строение моренных гряд. Изогипсы опорных горизонтов: 9 — кровли поверхности фундамента, 10 — подошвы наровских слоёв среднего девона, 11 — кровли сеноманского яруса верхнего мела. Буквами в кружках обозначены древние структуры: А — Балтийская синеклиза, Б — Вилейский выступ Белорусской антеклизы, С — Оршанская впадина, Д — Припятский грабен, Ф — Подляско-Брестская впадина. 13 — Свирско-Ошмянская территория детальных исследований

Рисунок 1 — Структурно-геоморфологическая (геодинамическая) зональность запада Восточно-Европейской платформы

В ходе исследований получены следующие результаты.

Территория запада ВЕП находится под влиянием региональных и локальных источников тектонических напряжений. Первые образуются под влиянием Скандинавской и Карпатской геодинамических систем, взаимодействующих друг с другом в условиях встречного косоугольного сжатия. Вторые — результат активности внутриплатформенных геодинамических систем: Восточно-Балтийской [1, 2] и, возможно, Припятской. Локальные геодинамические системы по отношению к региональным считаются наложенными и соответственно более молодыми.

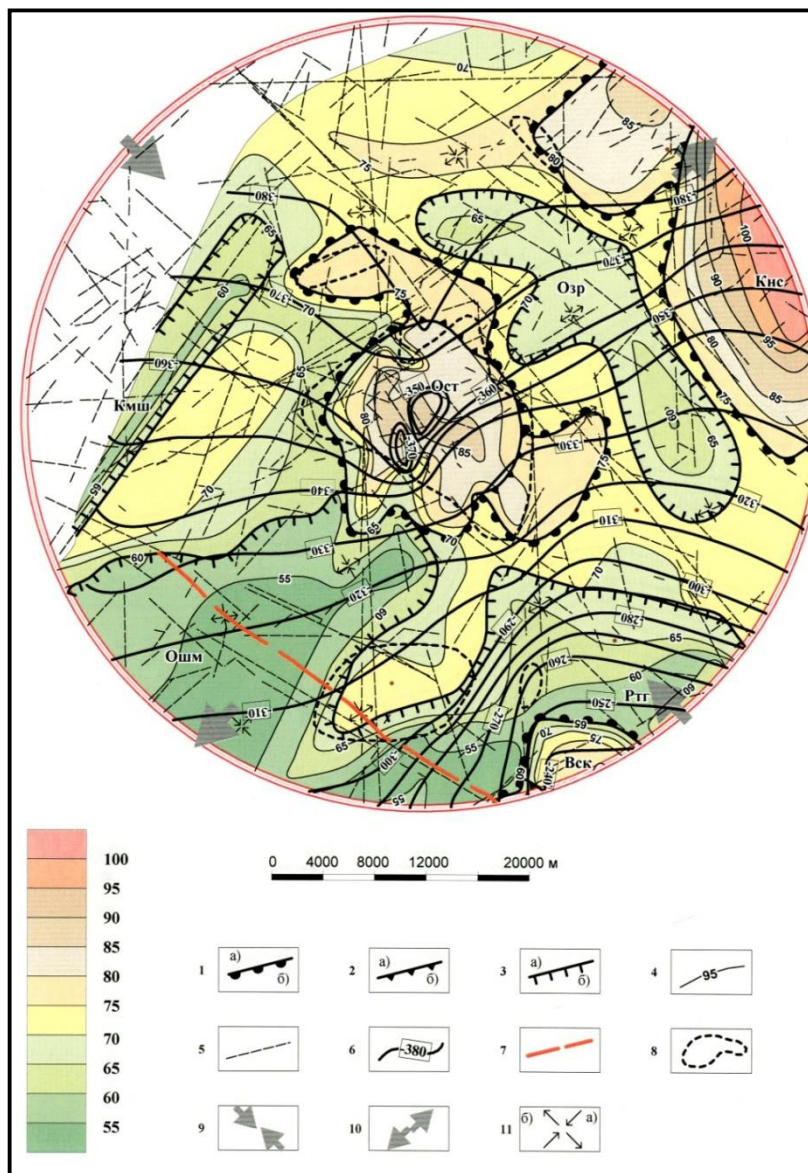
В региональном поле напряжений формируются Шауляйско-Торопецкая зона глубинных деформаций, Псковско-Жлобинская геодинамически активная зона и Рижско-Брестская зона линеаментов.

Шауляйско-Торопецкая зона глубинных деформаций имеет субширотное простирание. Её образование генетически связано с активностью Фенноскандинавского поднятия и распространением глубинных напряжений сжатия на юг, в сторону Белорусской антеклизы, т. е. её можно считать фронтом динамического воздействия активного поднятия на геодинамически пассивную часть земной коры Белорусской антеклизы. Как правило, подобный тип динамических границ неясно выражен в рельефе морфологически.

Псковско-Жлобинская ГдАЗ субмеридионального простирания приурочена к Крестовскому авлакогену, расположенному на границе Белорусской и Воронежской антеклиз. Она характеризуется повышенной концентрацией напряжений и деформаций. По обе стороны от этой зоны неотектонические структуры развиваются под воздействием различных источников неотектонических напряжений: на востоке под воздействием Скандинавской геодинамической системы, на западе под воздействием Восточно-Балтийской и Припятской геодинамических систем.

Рижско-Брестская зона линейментов ярко выражена в рельефе. Она сечёт неотектонические структуры и по условиям образования является наложенной и, возможно, геодинамически активной. Её развитие сопровождается образованием повышенной трещиноватости пород и флексур.

В зоне сопряжения Восточно-Балтийской и Припятской локальных геодинамических систем формируется протяжённая Волковыско-Лепельская буферная зона, выраженная в рельефе валом северо-восточного простираия (Черноморско-Балтийский водораздел) (рисунок 1). Она находится на продолжении региональной Смоленско-Дмитровско-Ветлужской буферной зоны (мегавала), выделенной В. И. Макаровым. От буферной зоны по обе стороны (в северо-западном и юг-юго-восточном направлениях), развиты асимметричные неотектонические структуры, наклоненные соответственно к котловине Балтийского моря и Припятской и Сожской долинам. Формирование этих структур происходит под влиянием очагов или центров активных геодинамических процессов, отвечающих соответственно Восточно-Балтийской системе грабенов и Припятскому прогибу.



1 — поднятия а), прогибы б); 2 — ступени: относительно более поднятые а), относительно менее поднятые б); 3 — ступени: относительно менее опущенные а), относительно более опущенные б); 4 — изогипсы подошвы четвертичных отложений, отождествляемые с изобазам неотектонических деформаций, 5 — линейменты, 6 — изогипсы поверхности кристаллического фундамента, 7 — Ошмянский разлом, возможно, геодинамически активный; 8 — неогеновые отложения, 9 — направление субгоризонтального сжатия, 10 — растяжения, 11 — современное поле напряжений сжатия а), растяжения б). Поднятия: Кнс — Константиновское, Ост — Островское, ВСК — Васюковское; прогибы: Озр — Озёрский, Ртг — Ратагольский, Ошм — Ошмянский, Кмш — Кемелишский. Шкала суммарных амплитуд неотектонических движений (м)

Рисунок 2 — Неотектоника Свирско-Ошмянской территории

С целью исследования локального поля напряжений и его происхождения на Свисско-Ошмянской территории были проведены детальные работы (рисунок 2). Согласно схеме структурно-геодинамической зональности запада ВЕП, Свисско-Ошмянская территория расположена к северо-западу от Волковысско-Лепельской буферной зоны или Черноморско-Балтийского водораздела на Гродно-Латгальском неотектоническом поднятии, относящемся к Восточно-Балтийской геодинамической системе.

Поле напряжений определялось структурно-геоморфологическим методом анализа вторичных нарушений, сопряжённых с известными разломами. В качестве оперяющих трещин здесь используются линеаменты. Метод базируется на принципах тектонофизического моделирования [6]. Линеаменты выделены на основании дешифрирования материалов космических и аэросъёмки, топографических карт рельефа. Также учитывались публикации А. В. Матвеева и др. [5].

Исследования показали следующие результаты.

На рассматриваемой территории установлено четыре системы линеаментов, среди которых наиболее выразительными являются диагональные и субмеридиональная. Диагональные системы отвечает сдвиговым напряжениям, субмеридиональная — раздвиговым. Их образование связывается с обстановкой северо-западно — юго-восточного сжатия и северо-восточно — юго-западного растяжения. В этом поле напряжений древние разломы северо-западного простирания проявляют признаки раздвиговых напряжений, разломы северо-восточного простирания — признаки напряжений сжатия. Таким образом, поле неотектонических напряжений рассматриваемой территории согласуется с полем напряжений, генерируемых Восточно-Балтийской системой грабенов (областью активных геодинамических процессов).

Согласно строению подошвы четвертичных отложений, на Свисско-Ошмянской территории развиты пологие, сопряжённо развивающиеся позднеплиоцен-четвертичные неотектонические структуры — поднятия и прогибы северо-западного и северо-восточного простирания.

Структуры северо-западного простирания развиваются в восточной части рассматриваемого района. Они имеют прямое выражение в рельефе: поднятия отвечают Свисская и Константиновская гряды, прогибам — флювиогляциально-аллювиальные равнины. Простирание новейших структур согласуется с простиранием герцинских структур. Структуры северо-восточного простирания, развивающиеся в западной части, не находят прямого выражения в рельефе. Их простирание согласно с простиранием каледонских структур.

В этой связи предполагается: 1) древние разновозрастные структуры в условиях неотектонических напряжений могут определять простирание неотектонических структур; 2) динамическое взаимодействие неотектонических структур восточной и западной частей друг с другом приводит к образованию между ними субвертикальной зоны структурных несогласий (ГДАЗ); 3) рассогласованность между суммарной неотектонической структурой и наложенным рельефом (современной структурно-геоморфологической зональностью) западной части рассматриваемого района может являться причиной образования субгоризонтальной структурной расслоённости (ГДАЗ).

1. *Гарецкий Р. Г., Айзберг Р. Е., Карабанов А. К.* Новейшая тектоника и геодинамика Центральной Европы // Геотектоника. 1999. № 5. С. 3—14.
2. *Карабанов А. К., Гарецкий Р. Г., Айзберг Р. Е.* Неотектоника и неогеодинамика запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Беларуская навука, 2009. 258 с.
3. *Макаров В. И.* Новейшая тектоника и рельеф Восточно-Европейской платформы // Глубинное строение и геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 156—159.
4. *Макаров В. И., Дорошко А. Л., Макарова Н. В., Макеев В. М.* Геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. 2007. № 2. С. 99—110.
5. *Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А.* Особенности линеаментов, выявленных по космическим снимкам на территории Беларуси // Исследование Земли из космоса. 1996. № 3. С. 99—105.
6. *Сим Л. А.* Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. высш. учеб. завед. Геология и разведка. 1991. № 10. С. 3—22.

С. О. Мамчик, Л. А. Каримова, Т. Ф. Саченко, А. С. Глаз

Государственное предприятие «БелНИГРИ»

СВОДНЫЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПАЛЕОЗОЙСКО-МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

В 2012 г. коллектив специалистов ГП «БелНИГРИ» участвовал в выполнении работ по международному проекту «Разработка модели геологического строения с выделением геологических объектов и геотуристических маршрутов в южной части приграничной территории Польши и Беларуси», предусматривающему реализацию комплекса научно-исследовательских работ в пределах Брестской впадины (съёмочный лист N-34-XXXVI (Брест)).

В данной статье представлен сводный стратиграфический разрез палеозой-мезозойских отложений, выполненный на первом этапе проекта на основе синтеза всей доступной геологической информации в соответствии с новой стратиграфической основой [1]. Приведено краткое литологическое описание вмещающих пород.

На территории Брестской впадины палеозой представлен отложениями кембрия, ордовика, силура и девона, мезозойская часть разреза включает образования триаса, юры и мела (рисунки 1, 2).

Группа	Система	Отдел	Ярус	Горизонт, надгоризонт	Серия, свита	Толща, пачка	Литологическая колонка	Мощность, м
Палеозойская	Пермская	Вышесилурский	Уржумский					30
			Казанский		Каменецкая			
			Уфимский		Ясиновская			11,4
	Девонская	Нижний	Лоховский	Борщовский	Каменюкская			40
				Кустинский	Кустинская			68
			Прижидольский		Свицкая			95
	Силурийская	Верхний		Мухавецкий	Кантиновская			87
				Леснянский	Леснянская			103
			Лудловский	Русловский	Русловская	Равитицкая		130
						Дымницкая		
				Франкопольский	Франкопольская	Турнаская		143
		Нижний	Венлокский	Липовский	Липовская	Силурийская		124
						Силурийская		
						Силурийская		
						Силурийская		
						Силурийская		
	Ордовикская	Верхний	Лландоверийский	Зельванский	Зельванская			15
				Оандуский	Лышницкая			7
				Кейлаский				
				Йыхавский	Видомлянская			13
			Карадокский	Идаверский	Новоселовская серия			12
		Средний		Кукузский	Лесовицкая			
				Ухауский				
			Лланвирский	Ласнаматский	Долбневская			4
				Азерский				4
			Кундаский	Жабинковская				
	Кембрийская	Средний	Аренский	Волковский	Прибутская			3
				Биллингенский	Лэзтеская			2
				Амгинский	Орлинская			76
				Кибартайский	Ставская			47
			Тойонский	Раусвенский	Великовичская			44
		Нижний	Ботомский	Вергальский	Бугская			77
			Атдабский	Доминопольский	Спановская			162
			Томмотский	Лонтовский	Балтийская	Страдская		130
				Ровенский	Рытская			30

условные обозначения к рисункам 1, 2

Группа	Система	Отдел	Ярус	Горизонт, надгоризонт	Серия, свита	Толща, пачка	Литологическая колонка	Мощность, м
Мезозой	Меловая	Верхний	Кампанский					48
			Сантонский					32
			Коньякский					65
			Туронский					60
		Нижний	Сеноманский					11
			Альбский	Озерская	Озерская			73
	Юрская	Верхний	Оксфордский	Комаринский	Комаринская			43
				Сметанинский	Сметанинская			53
			Келловейский	Слободской	Слободская			6
				Ичнянский	Краснинская			3
Триасовая	Нижний		Индикий-Оленекский		Новоголянская			32
					Волчинская			20

Рисунок 1 — Сводная стратиграфическая колонка палеозойских отложений листа N-34-XXXVI (Брест)

Рисунок 2 — Сводная стратиграфическая колонка мезозойских отложений листа N-34-XXXVI (Брест)

Кембрийские отложения в объёме нижнего и среднего отделов распространены повсеместно и принадлежат морской песчано-глинистой формации. Они несогласно залегают на породах котлинского горизонта валдайской серии венда и характеризуются мощностью до 440 м. Наибольшую мощность имеет нижнекембрийский комплекс (более 350 м), сложенный преимущественно кварцевыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками, алевритами и аргиллитами. К западу мощность кембрийских отложений возрастает и разрез становится более глинистым.

Образования ордовика в объёме от аренинского (нижний отдел) до карадокского (верхний отдел) ярусов мощностью до 40 м имеют широкое распространение. Они со значительным стратиграфическим несогласием залегают на образованиях кембрия и представлены морской карбонатной формацией, сложенной известняками, местами доломитизированными, с прослоями мергелей. К западу карбонатная формация замещается глинисто-карбонатной.

Отложения силура, как и ордовика, широко распространены на изученной территории. Они представлены отложениями и нижнего (лландоверийский и венлокский ярусы), и верхнего (лудловский и прижидольский ярусы) отделов с максимальной мощностью до 622 м. Сложены карбонатными и глинисто-карбонатными породами с большим содержанием остатков ископаемой фауны. В западном направлении глинистость увеличивается, переходя в толщу переслаивания зеленовато-серых мергелей и тёмно-серых аргиллитов.

Девонские отложения в пределах Брестской впадины распространены в виде изолированных останцов и представлены образованиями нижнего отдела в объёме нижней части лоховского яруса. Они принадлежат глинисто-карбонатной формации мощностью до 41 м, сложенной светло-серыми, доломитизированными мшанково-криноидными, брахиоподово-криноидными и водорослевыми известняками с немногочисленными и маломощными прослоями доломитовых мергелей и глин. Эти породы залегают на доломитизированных мергелях и глинах кустинского горизонта силурийской системы, а перекрываются пестроцветными глинами триаса

В пределах рассматриваемой территории выделяются образования верхней перми в объёме уфимского и казанского ярусов. Они распространены на ограниченной площади (к западу от Высоковского разлома). Максимальная мощность пермских отложений достигает 50 м. Они входят в состав терригенно-карбонатной формации, сложенной песчаниками, алевролитами, гравелитами и конгломератами в основании, известняками, доломитами — в верхней части разреза.

Отложения триаса представлены образованиями нижнего отдела в объёме нерасчленённых отложений индского и оленекского ярусов. Триасовые отложения имеют ограниченное распространение (отмечаются в пределах западной окраины территории листа) и залегают трансгрессивно на породах пермского и силурийского возраста. Они представлены терригенной пестроцветной формацией мощностью до 50 м, сложенной глинами с прослоями мергелей и глинистых доломитов, песками, песчаниками, алевролитами.

Образования юрской системы в пределах Брестской впадины представлены средним и верхним отделами в объёме соответственно келловейского и оксфордского ярусов. Залегают они резко несогласно на размытой поверхности силурийских, а на западе — пермских и триасовых отложений и перекрываются повсеместно глауконитово-кварцевыми песками озёрского горизонта нижнего мела. Максимальная мощность юрских пород не превышает 130 м. Среднеюрская часть разреза в объёме ичмянского горизонта (мощность до 3 м), принадлежащая верхам сероцветной терригенной буроугольной формации, сложена переслаивающимися песчаниками, песками, алевролитами и глинами. Средне-верхнеюрские отложения в объёме верхов келловейского яруса и оксфордского яруса принадлежат сероцветной терригенно-карбонатной формации, сложенной известняками, мергелями, глинами.

Меловые отложения в объёме нижнего и верхнего отделов в пределах листа N-34-XXXVI (Брест) распространены повсеместно. Нижнемеловые образования в объёме озёрского горизонта мощностью более 70 м, сложенные глауконитово-кварцевыми известковистыми песками с редкими фосфоритовыми конкрециями, с подчиненными прослоями песчаников и алевроитов, входят в состав сероцветной терригенно-глауконитовой фосфоритовой формации. Верхняя часть последней мощностью до 11 м выделяется в объёме сеноманского яруса верхнего отдела мела. Она сложена карбонатными песчаниками и песчаным мелом с конкрециями фосфоритов.

Верхнемеловые отложения в объёме туронского, коньякского, сантонского и кампанского ярусов представлены формацией писчего мела мощностью до 205 м, сложенной мелоподобными известняками, мелом и мергелем с включением кремневых стяжений.

Составленный стратиграфический разрез листа N-34-XXXVI (Брест) характеризуется большой детальностью и более высокой степенью обоснованности фактическими материалами. Данный разрез может быть востребован при проведении геолого-съёмочных и поисково-разведочных работ на полезные ископаемые.

1. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка. Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. 281 с.

А. А. Махнач

Государственное предприятие «БелНИГРИ»

О ПЕРИОДИЗАЦИИ ИСТОРИИ БЕЛОРУССКОЙ ГЕОЛОГИИ

В истории геологического изучения территории Беларуси принято выделять три этапа: (1) начало XIX в. — начало XX в., (2) начало XX в. — 1941 г., (3) с 1945 г. по настоящее время [1]. Представляется, что послевоенный период изучения недр Беларуси было бы правильно разделить на два этапа. Это связано с тем, что в нём зримо различаются два отрезка времени, в течение которых белорусская геология развивалась совершенно по-разному: до начала 1990-х гг. и после.

Можно перечислить множество достижений белорусских геологов на первом из названных послевоенных отрезков. Но важнейшими представляются два напрямую связанных между собой следующих результата.

1. Территория Беларуси была полностью покрыта геологической съёмкой масштаба 1 : 200 000.
2. Была создана современная минерально-сырьевая база Беларуси. Старобинское месторождение калийных солей было открыто в 1949 г., Петриковское — в 1966 г., промышленная нефть — в 1964 г., Диабазовое редкометальное месторождение — в 1965 г., Житковичское буроугольное — в 1969 г., горючие сланцы были выявлены в начале 1960-х гг., железорудные месторождения — в 1960—1970-х гг., боксит-даунсонитовые руды — в конце 1970—начале 1980-х гг., Бринёвское месторождение гипса — в 1979, 1980-х гг., потенциально алмазоносные трубки взрыва — в 1989 г. [3].

Взаимосвязь этих двух достижений состоит в том, что открытие новых месторождений полезных ископаемых, особенно новых их видов, невозможно без широких региональных геологических (геолого-съёмочных) работ. Данная взаимосвязь отчётливо прослеживается не только в Беларуси, но и в России и других странах СНГ. Практически всё, что в этих странах сейчас добывается или готовится к добыче, было открыто в период с 1945 г. до конца 1980-х гг., когда интенсивно велись региональные работы. Вот как характеризует это время А. А. Богомол, один из первооткрывателей уникального Ховуаксинского месторождения кобальта в Туве. «Это было время выдающихся открытий советских геологов: огромной Западно-Сибирской нефтегазовой провинции, новых нефтегазовых райо-

нов в Средней Азии, Казахстане, Поволжье; алмазов в Якутии и Архангельской обл.; железорудных месторождений в Северном Казахстане и в районе Курской магнитной аномалии; крупных месторождений полиметаллов и Cu в Восточной Сибири и на Алтае; крупных месторождений богатых медно-никелевых руд в районе Норильска; новых крупных медно-колчеданных месторождений на Урале; крупных редкометалльных месторождений в Восточном Саяне, Туве, на Анабаре; Канско-Ачинского угольного бассейна; новых крупных месторождений Au (в частности, на Колыме), Sn и других полезных ископаемых. Особое значение имеет создание сырьевой базы U, тогда как до 1945 г. в СССР не было известно ни одного крупного или среднего месторождения этого металла. Активно работали научно-исследовательские отраслевые и академические институты, научные коллективы геологических факультетов вузов. Это был золотой полувек отечественной геологии» [2, С. 6—7].

На эти годы пришёлся и период наибольшего расцвета белорусской геологической науки, о чём свидетельствует даже такой формальный показатель, как численность сотрудников. Так, например, в 1973 г. в отраслевом Белорусском научно-исследовательском геологоразведочном институте (БелНИГРИ) она составляла 585 человек, в академическом Институте геохимии и геофизики (ИГиГ НАН Беларуси) была несколько меньшей. Институты органично дополняли друг друга. БелНИГРИ выполнял оперативное научное сопровождение геологоразведочных работ, ИГиГ НАН Беларуси в большей степени занимался фундаментальными исследованиями и широкими обобщениями, был проводником достижений белорусской геологии на всесоюзной и международной арене.

С начала 1990-х гг. ситуация существенно изменилась. Политические изменения, произошедшие в период «перестройки», вызвали необходимость пересмотра стратегии геологоразведочных работ в Беларуси. Потребовался новый взгляд на возможность освоения месторождений полезных ископаемых, которые были здесь выявлены, но не были востребованы, когда Беларусь входила в состав СССР. Поэтому важнейшей особенностью геологоразведочных работ на этом, современном, этапе является то, что стали резко доминировать работы на уже открытых месторождениях с целью их доразведки и обеспечения прироста запасов полезных ископаемых промышленных категорий, а региональные работы были свернуты.

Такой подход ярко проявился уже в названиях государственных и отраслевых программ, по которым работали и работают производственники и учёные (Программа «Сводный прогноз недр Белоруссии на полезные ископаемые и предложения по их использованию», 1987—1991 гг., Программа ускорения геологоразведочных работ по развитию минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2001—2005 гг. Государственная программа геологоразведочных работ по развитию минерально-сырьевой базы Беларуси на 2006—2010 гг. и на период до 2020 г., Программа освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011—2015 гг. и на период до 2020 г.).

Белорусская геологическая наука на данном этапе почти постоянно находится в состоянии реформирования, которое ещё не закончено. Поиск оптимальной системы организации связан с необходимостью приспособиться к новой, постсоветской, системе хозяйствования в условиях суверенной Беларуси после окончания «перестройки».

В 2007 г. БелНИГРИ, являвшийся филиалом РУП «Белгеология» и не имевший юридического лица, был реорганизован в Государственное предприятие «БелНИГРИ».

В 2008 г. это предприятие реорганизовано путём присоединения к нему Института геохимии и геофизики, накануне переданного из НАН Беларуси в Минприроды Республики Беларусь.

В 2012 г. Государственное предприятие «БелНИГРИ» реорганизовано путём присоединения к нему научно-производственного РУП «КОСМОАЭРОГЕОЛОГИЯ» и НПРУП «БЕЛГЕО» в качестве филиалов.

Научные исследования БелНИГРИ, единственного в настоящее время геологического института, направлены на обеспечение:

- увеличения объёмов добычи полезных ископаемых на ряде разрабатываемых месторождениях;
- подготовки к разработке и разработки ряда новых месторождений полезных ископаемых;
- наращивания собственного топливно-энергетического потенциала;
- поисков, предварительной разведки и подготовки к промышленному освоению новых месторождений строительных материалов и других видов нерудного сырья;
- оценки перспектив территории Беларуси на рудные полезные ископаемые;
- поисков и разведки пресных и минеральных подземных вод;
- геологического изучения участков недр для целей, не связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых;
- детальной разведки месторождений полезных ископаемых с предварительными положительными технико-экономическими показателями.

Лишь небольшая доля среди объёмов работ БелНИГРИ приходится на исследования в рамках Государственной программы научных исследований «Природно-ресурсный потенциал (подпрограмма «Геологические модели», 2011—2015 гг.), где некоторое место занимают исследования фундаментального характера.

Таким образом, на послевоенном отрезке истории изучения недр Беларуси обозначаются два следующих этапа.

1. «Золотой полувек отечественной геологии» (с 1945 г. до начала 1990-х гг. Это было время широких региональных работ, активного развития фундаментальных исследований, открытия всех основных месторождений полезных ископаемых, составляющих минерально-сырьевую базу страны.

2. Современный (с начала 1990-х гг. по настоящее время), характеризующийся нацеленностью на освоение уже открытых месторождений, свертыванием региональных работ, сокращением фундаментальных исследований и отсутствием сколько-нибудь значимых геологических открытий.

История пишется с двумя основными целями. Одна из них — гуманитарная, познавательная. Вторая — практическая, состоящая в том, чтобы извлекать уроки из прошлого и использовать их сегодня. Урок, вытекающий из предложенной периодизации истории белорусской геологии, очевиден: нет широких региональных работ — нет открытий месторождений полезных ископаемых.

1. Геология Беларуси / Под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева и др. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. 815 с.
2. Горобец Б. С. Геологи шутят... И не шутят: Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 248 с.
3. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. 528 с.

В. В. Махнач

Белорусский государственный университет

КОРРЕЛЯЦИЯ И СОПОСТАВЛЕНИЕ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Одним из методов палеогеографического изучения территории является геологическая корреляция. Проблемными районами являются трансграничные территории. Для проведения исследования были выбраны два профиля на территории Беларуси и России. Профиль АБ, проходящий через территорию Беларуси, охватывает следующие тектонические структуры: Оршанскую впадину (докембрий), северо-западный склон Воронежской антеклизы (ордовик), Припятский прогиб (докембрий) и Брагинско-Лоевскую седловину (девон). Профиль ВГ, проходящий через территорию России, охватывает Московскую синеклизу (докембрий), северо-западный и западные склоны Воронежской антеклизы (ордовик) (рисунки 1, 2).



I — скважины, II — карьеры, III — обозначение скважин и профилей. Профиль АБ: 1 — скв. Костюковичи 1; 2 — скв. Светиловичи 10; 3 — скв. Еленецкая 459 к; 4 — Щитцы 110; 5 — Куланжинская 97. Профиль ВГ: 1 — скв. Алексеевка; 2 — скв. Остер; 3 — карьер Фокино; 4 — скв. Старая Погонь; 5 — карьер Михайловский; 6 — скв. Стар. Николаевка; 7 — скв. Глазово; 8 — скв. Рылск

Рисунок 1 — Схема расположения геологических профилей на трансграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации

Для детализации корреляции учитывалась не только литология, но и фаунистическая характеристика [1, 4, 5]. На профиле АБ выделены все аммонитовые зоны, охватывающие келловей и оксфорд, в то время как на профиле ВГ зоны представлены фрагментарно и затруднено их дробное деление из-за недостаточной изученности конхилиофауны региона [1].

Вследствие открывшихся данных, необходимо уточнить палеогеографическую картину данного региона Восточно-Европейской платформы: в юрское время территория испытывает слабые тектонические прогибания, мощная трансгрессия в раннем келловее со стороны Среднерусского моря (слои I—II), вероятно, наполнила водами окраинную часть Московской синеклизы — Оршанскую впадину, однако, отложения нижнего келловоя отсутствуют на территории Смоленской обл., но представлены болотными отложениями в Брянской; не исключено, что трансгрессия со стороны Среднерусского моря привнесла воды через Днепровско-Донецкий прогиб (пролив). Возможно, что воды в Оршанскую впадину могли поступить через развитую речную сеть, существовавшую в юрское время, которая наследовала разломные структуры [3, 6].

В среднем келловее (слой IV) отмечена мощная трансгрессия со стороны Польского моря (Западного). Её отложения встречаются практически повсеместно и представлены глинами, однако на территории Беларуси из-за влияния блоковой тектоники отложения представлены песчаниками, не исключен и рост солевых куполов [2]. Очень богата конхилиофауна приграничной территории России. В её составе присутствуют как мигранты из Арктики, так и Кавказа и Западной Европы. Вторая часть среднего келловоя (слой V) ознаменовалась регрессией со стороны Среднерусского моря. Зона *Eggnoceras coronatum* на территории Беларуси выражена фрагментарно, что связано с

существованием вида-индекса *Erymnoceras coronatum* (Brug.) в прибрежных условиях, а на территории России она отражена практически повсеместно. В это время Оршанская впадина становится сушей.

В позднем келловее (слой VI) наблюдается трансгрессия со стороны Среднерусского моря, однако отложения данного времени в рассматриваемом районе не встречаются, что даёт основание говорить о существовании континентальных условий. Такие неустойчивые и меняющиеся условия региона, дают основание говорить о формировании экотонных условий на трансграничной территории. При этом район Оршанской впадины в конце келловее воздымается и вплоть до позднего оксфорда будет существовать в континентальных условиях.

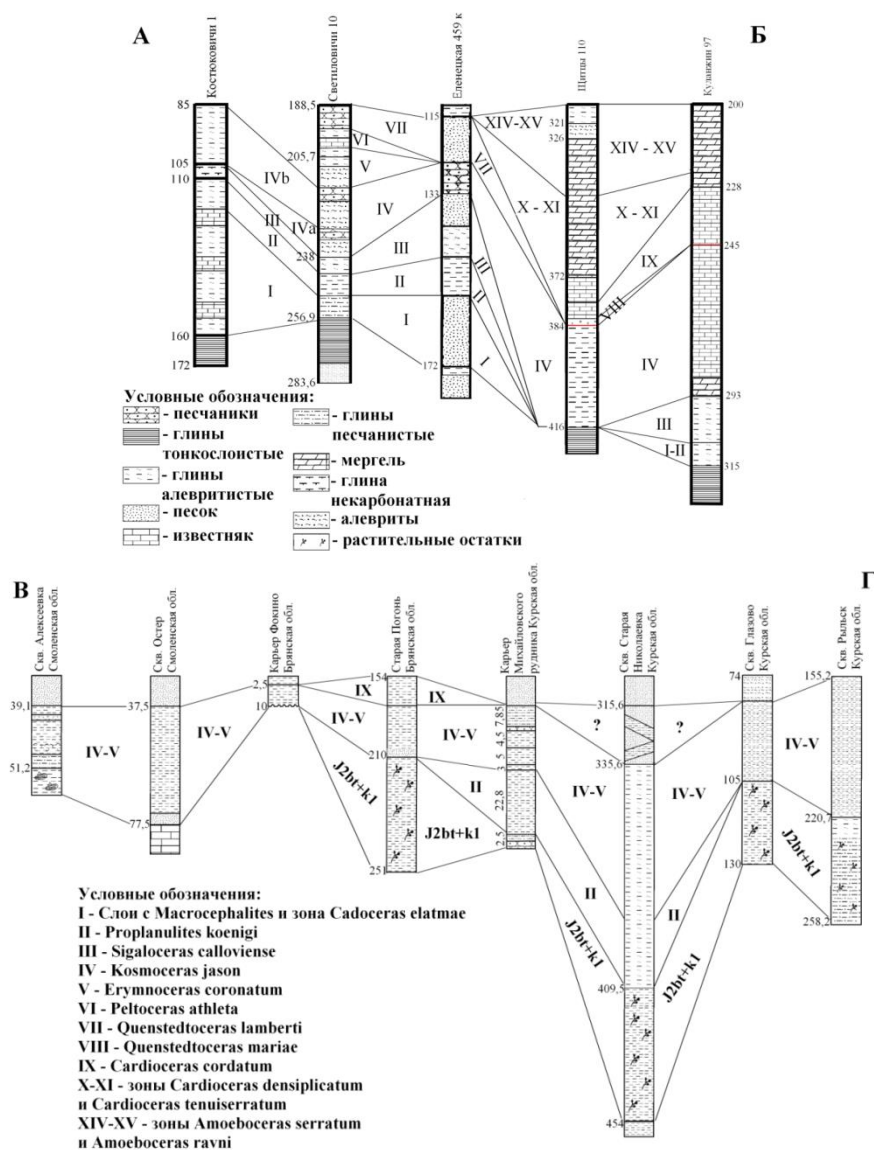


Рисунок 2 — Корреляция скважин на геологических профилях А—Б и В—Г

Новая трансгрессия со стороны Польского моря и Днепровско-Донецкого пролива наблюдается в раннем оксфорде (слой VII), но своего апогея она достигнет во время существования *Cardioceras cordatum* (слой VIII). По литологическому составу зоны раннего оксфорда в Беларуси и в России отличаются — в Припятском прогибе отложения представлены известняками, а в Брянской обл. России — глинами. В фаунистическом составе следует отметить на территории России арктический род *Entolium*, который на территории Беларуси в это время не встречается. Однако южнее г. Мозыря в отложениях раннего оксфорда выявлены коралловые рифы до 40 м мощности, а в составе конхилиофауны господствуют представители Крымского моря и Западной Европы.

Отложения среднего оксфорда (слои X—XI) выявлены на территории Беларуси только на юге, в то время как на территории России в трансграничном районе эти отложения отсутствуют, что позволяет говорить о геократическом режиме территории вплоть до конца оксфорда. На территории Беларуси в это время наблюдается второй максимум тетических видов.

В конце среднего и в начале позднего оксфорда территория Беларуси, вероятно, как и территория России, испытывала геократический режим.

Отложения позднего оксфорда (слои XIV—XV) выявлены в Припятском прогибе и характеризуются присутствием высокобореальных видов аммонитов.

Выводы. В ходе корреляции профилей выявлена схожесть седиментации, однако при переходе от одной тектонической структуры к другой на территории Беларуси наблюдается фациальная изменчивость в келловейское время. В оксфордское время условия седиментации были различными в силу трансформации природных условий на экотонной территории.

Наблюдается асинхронность в накоплении осадков в пределах трансграничной территории.

1. Герасимов П. А., Митта В. В., Кочанова М. Д., Тесакова Е. М. Ископаемые келловейского яруса Центральной России. М., 1996. 126 с.
2. Геология Беларуси / Под ред. А. А. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева и др. Минск: ИГН НАН Беларуси. 2001. 815 с.
3. Матвеев А. В. Ледниковая формация антропогена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1976. 160 с.
4. Митянина И. В. Аммонитовые зоны юры Белоруссии // Сов. геол. 1982. № 2. С. 69—78
5. Митянина И. В. Брестская впадина и Припятский прогиб // Биостратиграфия верхнеюрских отложений СССР по фораминиферам. Вильнюс: Минтис, 1982. С. 36—45.
6. Равнины Европейской части СССР / Под ред. И. П. Герасимова. М.: Наука, 1974. 256 с.

П. С. Микляев¹, В. М. Макеев¹, Т. Б. Петрова², А. В. Беляшов³, С. М. Плоскин³, А. А. Захаров⁴

¹ Институт геоэкологии Российской академии наук

² Московский государственный университет

³ Республиканское унитарное предприятие «Белгеология»

⁴ Институт природопользования НАН Беларуси

ОПЫТ ИНДИКАЦИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН ЭМАНАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Одним из эффективных методов индикации геодинамически активных зон на платформенных территориях является эманационный (радоновый) метод. В основе метода лежит известная связь радонового поля с интенсивностью газопереноса в массиве пород. Благодаря чему геодинамически активные зоны, для которых свойственны повышенная трещиноватость и раздробленность геологической среды, могут трассироваться по аномально высоким значениям параметров радонового поля [2, 3]. Под геодинамически активными зонами понимаются участки (объемы) земной коры платформ, характеризующиеся повышенными современными напряжениями и деформациями. Их выявление актуально с точки зрения оценки сейсмотектонических условий и обеспечения геоэкологической устойчивости территорий. В т. ч., исследования направлены на оценку древних разломов с точки зрения их современной активности.

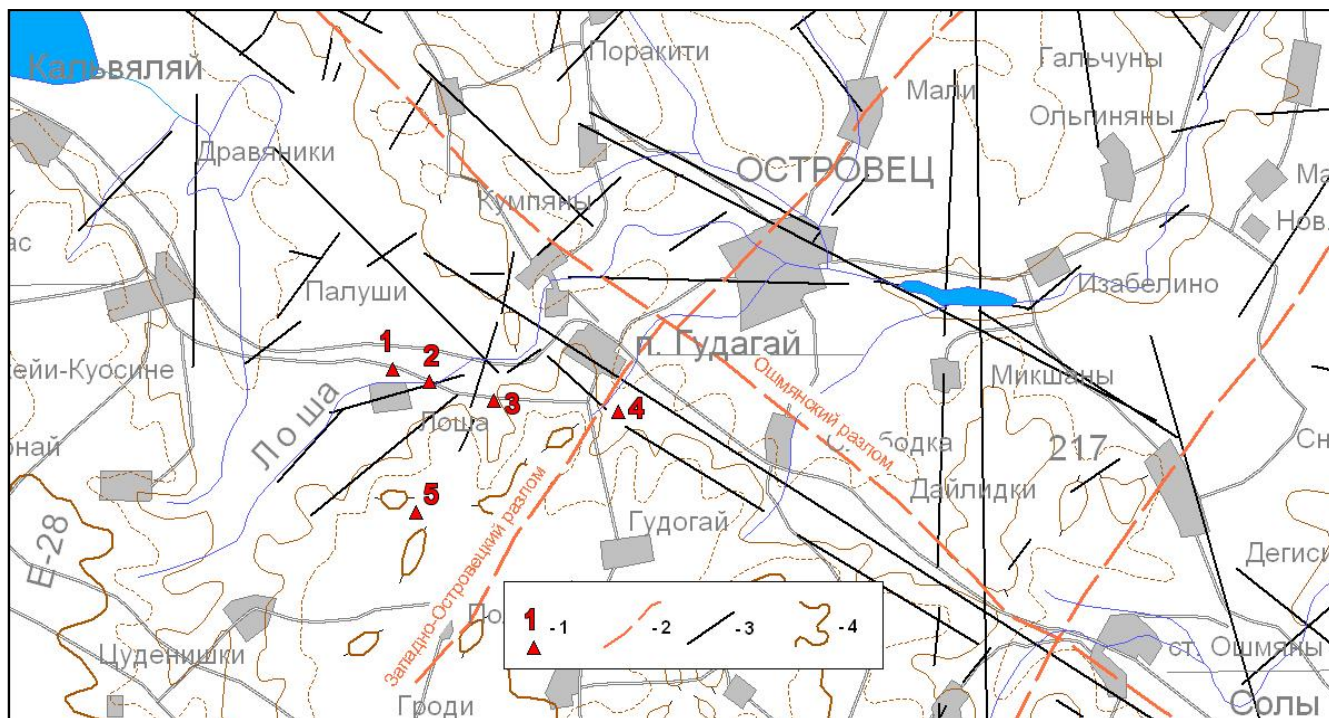
Эманационные исследования были проведены в Свирско-Ошмянском районе, в окрестностях ст. Гудогай. В пределах исследуемой территории в кристаллическом фундаменте выделен ряд разломов, в т. ч., региональный Ошмянский разлом. По данным Р. Е. Айзберга [1], к этому разлому тяготеет крупная Ошмянско-Лосевская флексурно-разрывная зона новейших нарушений, с которой связывается современная сейсмическая активность. Согласно Р. Е. Айзбергу, в пределах данной зоны расположен эпицентр наиболее сильного в регионе землетрясения, произошедшего в 1909 г в районе ст. Гудогай.

Поставленные задачи решались комплексом радиометрических методов. Полевые работы проведены в августе 2012 г. В состав радиометрических исследований входили: измерения плотности потока Rn (ППР) с поверхности грунта методом сорбции Rn на активированный уголь; измерения удельной активности радионуклидов в грунтах полевым гамма-спектрометрическим методом; измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения на поверхности грунта.

Измерения ППР с поверхности грунта проводились без принудительного отбора почвенного воздуха методом сорбции Rn на активированном угле. Использовалось оборудование, входящее в комплект измерительного комплекса «КАМЕРА». Погрешность определения величины ППР составляет не более 30 %. Измерения удельной активности радионуклидов в грунтах проводилось полевым гамма-спектрометрическим методом с применением портативной гамма-спектрометрической установки СКС-99 «Спутник». Погрешность измерения естественных радионуклидов не превышала 30 %. Мощность дозы гамма-излучения измерялась с помощью дозиметра гамма-излучения ДКГ-07 «Дрозд». Измерения МАЭД гамма-излучения проводились на поверхности грунта и на высоте 1 м. Положение в пространстве (координаты в сети WGS-84), а также абсолютная высота каждой точки измерения фиксировалось с помощью GPS-навигатора Garmin Etrex VISTA HCx.

Предварительный анализ геологических условий показал, что исследуемая территория, характеризуется развитием относительно мощного осадочного чехла и повсеместным распространением толщи рыхлых четвертичных отложений, представленных, в т. ч., хорошо выдержанными по площади и относительно мощными слабопроницаемыми моренными суглинками. В таких условиях эманационный метод малоэффективен, т. к. короткий период полураспада Rn (3,8 сут) ограничивает его перенос в толще слабопроницаемых рыхлых отложений расстоянием не более 1—5 м, что не позволяет достоверно регистрировать эманационные аномалии, предположительно связанные с разломами в кристаллическом фундаменте, залегающем на глубине около 500 м.

Исследования проводились на шести участках, пять из которых, расположены по профилю от ст. Гудогай до границы с Литвой вблизи узла пересечения Ошмянского и Западно-Островецкого разломов. Расположение этих участков показано на рисунке 1. Кроме того, были проведены исследования фоновое уровня плотности потока R_p на участке, расположенном на берегу оз. Большие Швакшты, на существенном удалении от Ошмянской разломной зоны.



1 — участок измерения ППР и его номер; 2 — разломы в кристаллическом фундаменте; 3 — линеаменты; 4 — изолинии рельефа земной поверхности

Рисунок 1 — Расположение участков измерения плотности потока R_p с поверхности грунта на исследуемой территории

На каждом участке устанавливалось от 5 до 22 точек измерения ППР с поверхности грунтов. Кроме того, в пределах каждого участка ручным буром бурились 2—4 шпура, диаметром 120 мм, в которых выполнялись полевые измерения удельной активности радионуклидах в грунтах. Также на каждом участке в 5 точках выполнялись измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения.

Результаты исследований показывают, что плотность потока R_p с поверхности грунта в исследуемом районе несколько повышена (таблица 1, рисунок 2). Особенно это касается участков, расположенных на песчаных грунтах, для которых характерны низкие значения удельной активности R_a , не более 21 Бк/кг (таблица 2). При этом значения ППР с поверхности песков здесь составляют в среднем по участкам от 57,0 до 74,2 мБк/(м² · с), а в отдельных точках достигают 94 мБк/(м² · с), что превышает фоновые значения, характерные для участков сложенных песчаными грунтами на территории Восточно-Европейской платформы [4]. Так, например, на участке, удалённом от зоны Ошмянского разлома (оз. Большие Швакшты), сложенном слаборадиоактивными песками, значения плотности потока R_p не превышают 24 мБк/(м² · с). В целом, плотность потока R_p возрастает по профилю по мере приближения к зоне пересечения Ошмянского и Западно-Островецкого разломов независимо от удельной активности R_a в грунтах.

Таблица 1 — Параметры распределения ППР на участках исследований

Параметр распределения	Участок					
	1	2	3	4	5	6
Среднее арифметическое, мБк/м ² с	57,0	70,6	74,2	71,8	43,4	16,4
Среднее геометрическое, мБк/м ² с	54,6	69,3	72,8	69,3	42,3	15,5
Медиана, мБк/м ² с	57,0	72,0	77,0	79,5	44,5	14
Стандартное отклонение, мБк/м ² с	11,5	15,3	15,0	19,0	9,8	6,2
Минимум—максимум	40—70	54—92	47—94	35—90	27—59	10—24
Стандартное относительное отклонение	0,21	0,22	0,20	0,24	0,23	0,38

Отмеченные особенности поля ППР с поверхности грунтов могут быть обусловлены активизацией Ошмянского разлома в современном поле напряжений. Вместе с тем, необходимо отметить, что в поле значений плотности потока Rn не выявлено контрастных аномалий, характерных для зон повышенной раздробленности и трещиноватости горных пород, где происходит активный вынос Rn конвективными газовой-жидкими флюидными потоками.

Таблица 2 — Удельная активность естественных радионуклидов и ^{137}Cs в грунтах на глубине до 0,5 м и МАЭД гамма-излучения

Участок	Состав грунтов	МАЭД, мкЗв/ч	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг			
			^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
1	песок	0,10	21 ± 7	$14,5 \pm 2,7$	280 ± 88	$<6,0$
2	суглинок	0,11	34 ± 14	$17,0 \pm 4,5$	340 ± 103	$<6,0$
3	песок	0,11	$20,8 \pm 5$	$12,5 \pm 2,3$	220 ± 60	$<5,0$
4	суглинок	0,12	38 ± 14	$19,2 \pm 4,3$	310 ± 92	$8,0 \pm 4,2$
5	суглинок	0,12	51 ± 12	20 ± 4	360 ± 113	$<7,0$
6	песок	0,10	$18,5 \pm 4$	$10,8 \pm 2,5$	215 ± 65	$<5,0$

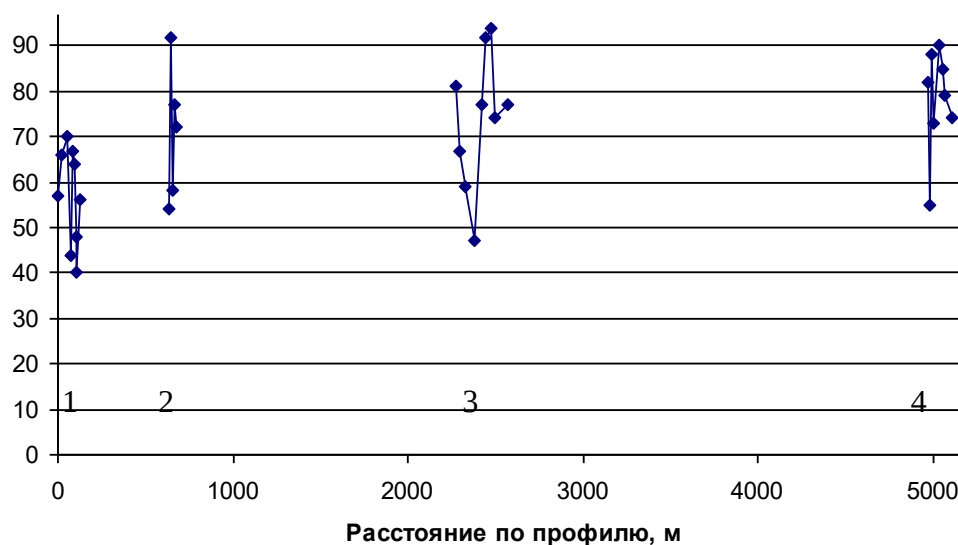


Рисунок 2 — Результаты измерения ППР на участках 1—4, мБк/(м² · с).

1. Разломы земной коры Беларуси / Под ред. Р. Е. Айзберга. Минск: Красико-Принт, 2007. 372 с.
2. Разведочная ядерная геофизика. М.: Недра, 1989. 183 с.
3. Рудаков В. П. Эманиационный мониторинг геосред и процессов. М.: Научный мир, 2009. 176 с.
4. Карта плотности потока радона на территории Москвы // Аппаратура и новости радиационных измерений. 2012. № 3. С. 15—24.

Л. И. Мурашко

Белорусский государственный университет

ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ В ГЕОЛОГИИ

Геология занимает ведущее место среди других наук по количеству профессиональных терминов. Сравниться с ней по этому показателю способна лишь медицина, да и то если рассматривать её вместе с фармакологией. Такое терминологическое лидерство требует от геологов достаточно высокой научной эрудиции и в тоже время ограничивает возможности свободной интерпретации целого ряда специфических геологических понятий.

При ознакомлении со многими курсовыми, дипломными и кандидатскими диссертациями, докладами на конференциях, вузовскими учебными пособиями и школьными учебниками, атласами и заданиями республиканской олимпиады школьников по географии, а также некоторыми научными и научно-популярными изданиями, автор обнаружил большое количество допущенных составителями и незамеченных редакторами ошибок. Самые распространённые из них: «архейская эра», «протерозойская эра», «катархей», «риакий», «калымий», «третичный период», «антропогеновый период», «рифейская эра», «рифейский эон», «вендский период», «ранний неоген», «поздний палеоген», «абсолютный возраст» Земли или пород, «минералогический состав» и другие.

Самые существенные ошибки связаны с произвольным применением подразделений Международной хроностратиграфической шкалы. Часто в новых публикациях приводятся устаревшие геохронометрические данные о ру-

бежах и длительности периодов и эпох, времени проявления историко-геологических событий и существования определённых ископаемых организмов. Избежать подобных ошибок не сложно, если вооружиться знаниями о принципах построения этой шкалы, правилах её использования и источниках информации об изменениях, вносимых в этот динамично развивающийся международный документ. Международная хроностратиграфическая шкала (МХШ, или просто стратиграфическая, МСШ) — основной документ в геологии, представляет собой последовательность всех известных на Земле пород, снизу вверх формирующих земную кору. Графически она изображается в виде таблицы, в которой одновременно с последовательностью напластования пород указаны отрезки времени в истории Земли, когда эти породы образовывались (геохронологическая таблица или шкала геологического летоисчисления).

История создания глобальной хроностратиграфической шкалы насчитывает около 150 лет [1]. Первая модель такой шкалы была предложена А. П. Карпинским в 1881 г. на II сессии Международного геологического конгресса (МГК) в Болонье (Италия). Тогда же была разработана и иерархия стратиграфических единиц: эонотема (эон), эратема (эра), система (период), отдел (эпоха), ярус (век). На VIII сессии МГК в 1900 г. (Париж) первая МХШ была утверждена, а к хроностратиграфическим подразделениям добавили самую мелкую единицу — зону (время). С тех пор Международная хроностратиграфическая шкала постоянно совершенствуется и расширяется.

Первая шкала по своей сути была *биостратиграфической*. История Земли разбивалась на отрезки, соответствующие времени существования определённых видов ископаемой фауны и флоры. Позже она была дополнена глобальной *геохронометрической* шкалой, в которой возраст пород определяется методами изотопной геохронометрии. Изотопный (хронометрический) возраст не является абсолютным, хотя и указывается в астрономических единицах времени. Первые попытки создания геохронометрической шкалы были предприняты в 1917 г. Дж. Барреллом, официальное же признание во всем мире получила шкала А. Холмса, опубликованная в 1947 г. МХШ непрерывно пересматривается, уточняется, а обновленные варианты утверждаются Международным геологическим конгрессом (МГК) каждые четыре года. В 2000 г. на XXXI сессии МГК (Рио-де-Жанейро) она была официально дополнена *магнитостратиграфической* шкалой и кривой эвстатического колебания уровня океана (*секвенс-стратиграфическая* кривая). Таким образом, современная Международная хроностратиграфическая шкала (International Chronostratigraphic Chart) состоит из четырёх частей: биостратиграфической, магнитостратиграфической, геохронометрической и секвенс-стратиграфической (кривая Вейла-Эксон). Совершенствованием МХШ занимается Международная комиссия по стратиграфии (ICS) при Международном союзе геологических наук (IUGS). В задачи комиссии входит публикация самых современных утверждённых МГК вариантов Международной хроностратиграфической шкалы в различных информационных изданиях, а также в сети Интернет, где с ней могут ознакомиться не только специалисты-геологи, но и все желающие. Впервые такая шкала была опубликована в 1988 г. к XXVIII сессии МГК, последняя — в августе 2012 г. к XXXIV сессии МГК, г. Брисбен, Австралия [3].

Другая проблема, возникающая при использовании МХШ, связана с необходимостью перевода некоторых названий на русский, белорусский (впрочем, как и любой другой национальный) языки. В популярной литературе достаточно ограничиться устоявшимися вариантами перевода названий эонов, эр, периодов, эпох (таблица). В научной же геологической литературе для обозначения вновь появляющихся в МХШ наименований веков и ярусов можно рекомендовать сохранять на письме оригинальные варианты на английском языке. Названия зон по общепринятым правилам указываются только по-латыни. Часто используемое понятие «третичный период» (введено в науку Ч. Лайелем, 1833 г.) входило в МХШ до 1960 г. Решением ICS рекомендовано исключить его из геологической терминологии, заменив «палеогеном» и «неогеном». Досадными кажутся неточности в написании геологических индексов, которые также являются международным стандартом (таблица). Особое внимание следует обратить на правильное написание геологического индекса широко распространённого в платформенном чехле территории Беларуси сеноманского яруса — K_2c (вместо K_2s указанного на геологических картах).

Пользоваться Международной стратиграфической шкалой при исследовании небольших по площади районов и отдельных разрезов не всегда представляется возможным. Если крупные её подразделения (эонотемы, эратемы и системы) можно выделить повсеместно, то более мелкие (отделы, ярусы) обнаруживаются не везде, чаще всего из-за перерывов в осадконакоплении. По международным правилам во избежание путаницы недопустимо свободное использование терминов МСШ. Поэтому в практике геологических исследований, наряду с международной, используются также *региональные* и *местные* стратиграфические схемы. В каждой из них имеются свои *региональные* и *местные* стратиграфические подразделения. В Беларуси и России основными региональными подразделениями являются *комплекс, серия, горизонт, свита*; в США — *супергруппа, группа, формация*. Региональные стратиграфические подразделения выполняют корреляционную функцию в пределах своего географического распространения. При их первом упоминании обязательно сопоставление с основными подразделениями МСШ. В Беларуси традиционно используются понятия «рифей» и «венд», стратиграфический статус которых трактуется неоднозначно даже в одних и тех же изданиях: «комплекс», «система», «эратема», «эонотема» [2]. Правильный вариант — «рифейский комплекс мезо- и неопротерозоя», «вендский комплекс неопротерозоя».

Среди литологических терминов по частоте некорректного использования лидируют определение «минералогический», а также лжесинонимы понятия «алеврит». Минералогическими бывают исследования, анализы, методы и т. п., состав же пород — минеральный. Алеврит как рыхлая мелкообломочная осадочная порода при необходимости может быть назван на английский манер «силтом» (англ., silt), но не «пылью», «суглинком», «супесью». Последние два термина заимствованы из почвоведения и традиционно используются в четвертичной геологии для

обозначения литологического состава морен в лишь устойчивых словосочетаниях «супесь моренная», «суглинок моренный» (вместо ставших обычными в керновых описаниях «глин с валунами»).

Приведённые примеры не исчерпывают многообразия неточностей в геологической литературе. Терминологическая грамотность — составная часть профессионального мастерства, она должна обсуждаться наряду с другими проблемами региональной геологии, особенно в стенах учебных заведений.

Таблица. Международная хроностратиграфическая шкала 2012 г.

Эонотема Эон	Эратема Эра	Система Период	Отдел Эпоха	Возраст, млн лет	Эонотема Эон	Эратема Эра	Система Период	Возраст, млн лет		
ФАНАЕРОЗОЙСКАЯ РН	Кайнозойская CZ	Четвертичная Q	Голоцен	0,0117	ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ PR	Неопротерозойская NP	Эдиакарий	635		
			Плейстоцен	2,6			Криогений	850		
		Неоген N	Плиоцен	23			Тоний	1 000		
			Миоцен				Стений	1 200		
		Палеоген E	Олигоцен	66			Эктазий	1 400		
			Эоцен				Калиммий	1600		
	Мезозойская MZ	Мел K	Верхний	145		Мезопротерозойская MP	Статерий	1 800		
			Нижний				Орозирий	2 050		
		Юра J	Верхний	201			Рясий	2 300		
			Средний				Сидерий	2 500		
		Триас T	Верхний	252			Палеопротерозойская PP	Неоархейская NA	Системы (периоды) не выделены	2 800
			Средний					Мезоархейская MA		3 200
	Палеозойская PZ	Пермь P	Лопингий	299	Палеоархейская PA	Эоархейская EA		4 000		
			Гваделупий							
			Цисуралий							
		Карбон C	Пенсильваний	359			АРХЕЙСКАЯ AR		ГАДЕЙ 4 600	
			Миссисипий							
		Девон D	Верхний	419	Эоархейская EA	ГАДЕЙ 4 600				
			Средний							
			Нижний							
		Силур S	Пржидол	443				Эоархейская EA	ГАДЕЙ 4 600	
			Лудлов							
			Венлок							
			Лландовери							
		Ордовик O	Верхний	485	Эоархейская EA	ГАДЕЙ 4 600				
			Средний							
			Нижний							
		Кембрий ε	Фуронгий	541				Эоархейская EA	ГАДЕЙ 4 600	
			Отдел 3							
			Отдел 2							
			Терреленев							

1. Мурашко Л. И. Историческая геология: пособие для студентов специальности I—51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Минск: БГУ, 2012. 168 с.
2. Природа Беларуси: энциклопедия: В 3 т. Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2009. Т. 1. 424 с.
3. International Chronostratigraphic Chart // F. M. Gradstein et al. 34th IGC. 2012.

Т. Г. Обуховская¹, С. А. Кручек¹, В. Ю. Обуховская¹, Д. П. Плакс²

¹ Государственное предприятие «БелНИГРИ»

² Белорусский национальный технический университет

К ВОПРОСУ О ПОДЪЯРУСНОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ОТЛОЖЕНИЙ ЭЙФЕЛЬСКОГО ЯРУСА СРЕДНЕГО ДЕВОНА В БЕЛАРУСИ

Выделение подъярусов общестратиграфической шкалы девонской системы стимулирует более точное расчленение и корреляцию фацально различных отложений в планетарном масштабе. Поэтому необходима выдержанность основных принципов их выделения и максимально высокая степень синхронности принятых подъярусных границ. Международная подкомиссия по стратиграфии девона (SDS) отдаёт предпочтение при определении границ представителям пелагической фауны, в частности, конодонтам, которые являются хорошим инструментом для корреляции пелагических и неритических фацций. На территории Восточной Европы, в т. ч. и Беларуси, где разрез

среднего девона представлен в значительной степени терригенными и карбонатно-эвапоритовыми образованиями, конодонты имеют ограниченное распространение. Основными группами организмов при расчленении и корреляции этих отложений являются миоспоры и ихтиофауна. Выделяя в дискуссионном порядке подъярусы в образованиях эйфельского и живетского ярусов, авторы обновленной стратиграфической схемы девонских отложений Беларуси [4] основывались на цикличности в развитии палеобассейнов осадконакопления и на этапности в развитии некоторых представителей органического мира. Поэтому биомаркерами границ в белорусских разрезах чаще всего являются виды миоспор, уровни появления которых, по возможности, скоррелированы с границами, установленными по конодонтам. Ранее [8] уже рассматривалась эта проблема. Сейчас представляется возможность внести некоторые уточнения в обоснование выделения подъярусов в эйфельском ярусе среднего девона Беларуси.

На территории республики в отложениях эйфельского яруса отчетливо выделяются три части разреза. Они сформировались в период трёх фаз эйфельской трансгрессии.

Нижняя часть яруса, с параллельным несогласием залегающая на отложениях витебского горизонта верхнего эмса нижнего девона, представлена образованиями *адровского* и *освейского горизонтов*. Она образовалась в первую (начальную) фазу эйфельской трансгрессии. Разрез сложен доломитами и песчаниками с оолитами в основании (адровский горизонт), глинисто-сульфатными породами в средней части и пестроцветными глинами, мергелями и песчаниками в верхней его части (освейский горизонт).

По миоспорам отложения адровского и освейского горизонтов соответствуют зоне *Periplecotriletes tortus* — *Elenisporis biformis* [2] и коррелируются с верхней сероцветной толщей ряжского горизонта и отложениями доргобужского (нижнеморсовского) горизонта Центральных районов Русской плиты [1, 6]. Появление на нижней границе адровского горизонта миоспор *Grandispora velata* позволяет сопоставлять этот уровень с биогоризонтом *G. velata*, установленным в отложениях, соответствующих конодонтовой зоне *costatus* — *partitus*, и фиксировать нижнюю границу эйфельского яруса [11]. По ихтиофауне адровский горизонт (гетеростраковая зона *Schizosteus heterolepis*) коррелируется с пярнусским горизонтом Главного девонского поля, освейский горизонт (зона *Cheiracanthoides estonicus*), коррелируется с вадьяским подгоризонтом наровского горизонта Прибалтики [5, 8, 13].

Средней части яруса в Беларуси соответствуют отложения *городокского горизонта*. Они сформировались во время второй фазы эйфельской трансгрессии. Разрез горизонта представлен сероцветной пачкой глин, мергелей и песчаников в основании, пачкой преимущественно доломитов в средней его части и пачкой пестроцветных глин и мергелей в кровле.

По миоспорам городокский горизонт соответствует зоне *Grandispora naumovii* и сопоставляется с верхней частью морсовского и мосоловским горизонтом Центральных районов Русской плиты [2, 6]. Появление миоспор *Grandispora naumovii*, *Densosporites devonicus* позволяет коррелировать нижнюю границу городокского горизонта с нижней границей глобальной миоспоровой зоны *Densosporites devonicus* — *Grandispora naumovii* и предположительно с подошвой конодонтовой зоны *australis* [7, 10].

По ихтиофауне городокский горизонт соответствует зоне *Ptichodictium rimosum* и коррелируется с лейвуским подгоризонтом наровского горизонта Прибалтики [5, 12, 13].

Верхняя часть разреза эйфельского яруса в Беларуси представлена *костюковичским горизонтом*, отложения которого образовались в третью, наиболее чётко выраженную фазу эйфельской трансгрессии. В основании горизонта залегают глинисто-алевритовые, иногда глинисто-песчаные породы. Выше следуют доломитизированные известняки с прослоями мергелей и глин. Верхняя часть горизонта сложена тонкослоистыми глинами с прослоями алевролитов.

Костюковичский горизонт соответствует миоспоровой зоне *Rhabdosporites langii* — *Chelinospora timanica* [8]. По присутствию миоспор *Grandispora inculta*, *Retispora archaeolepidophyta*, *Verrucosisporites scurrus*, *V. premnus*, *Chelinospora timanica* этот горизонт уверенно сопоставляется с глобальной миоспоровой зоной *devonicus* — *naumovii*, вероятнее всего, с её верхней частью [10], а также с биогоризонтом *C. timanica*, приуроченным к конодонтовой зоне *ensensis* — *obliquimarginatus* [11]. Конодонты этой зоны установлены также в отложениях костюковичского горизонта и в Беларуси [9].

По ихтиофауне костюковичский горизонт относится к зоне *Nostolepis kernavensis* [6]. В Прибалтике ему соответствует ярнавский подгоризонт наровского горизонта, в Центральных районах Русской плиты — черновский горизонт [6, 12, 13].

Таким образом, учитывая большие возможности корреляции описанных трёх частей разреза эйфельского яруса по миоспорам, ихтиофауне и частично конодонтам, предлагается в дискуссионном порядке рассматривать их в качестве трёх подъярусов. В таком случае каждому подъярусу на территории Беларуси будут отвечать отложения определённой фазы эйфельской трансгрессии моря.

Нижний подъярус соответствует миоспоровой зоне *Periplecotriletes tortus* — *Elenisporis biformis*, зоне *Schizosteus heterolepis* и *Cheiracanthoides estonicus* по ихтиофауне, предположительно конодонтовым зонам *costatus* — *partitus*. Биомаркер нижней границы подъяруса — первое появление миоспор *Grandispora velata* (Eisenack) Playford.

Средний подъярус соответствует миоспоровой зоне *Grandispora naumovii* и предположительно конодонтовой зоне *australis* в нижней части и соответственно миоспоровой зоне *Cirratriradites monogrammos* и конодонтовой зоне *kockelianus* — в верхней части. По ихтиофауне для подъяруса является характерной зона *Ptychodictyon rimosum*. Биомаркером нижней границы подъяруса является появление миоспор *Grandispora naumovae* (Kedo) McGregor, *Densosporites devonicus* Richardson, *Ancyrospora grandispinosa* Richardson.

Верхний подъярус соответствует миоспоровой зоне *Rhabdosporites langii* — *Chelinospora timanica*, зоне *Nos-
tolepis kernavensis* по ихтиофауне, конодонтовой зоне *ensensis* — *obliquimarginatus*. Биомаркерами нижней границы являются появление морфонов *Grandispora inculta* Allen, *Retispora archaeolepidophyta* (Kedo) McGregor et Camfield, максимум вида *Rhabdosporites langii* (Eisenack).

Выше по разрезу эйфельские отложения на территории Беларуси с размывом перекрываются образованиями полоцкого горизонта живетского яруса среднего девона.

1. *Архангельская А. Д.* Зональные комплексы спор и стратиграфия нижнего и среднего девона Русской плиты // Атлас спор и пыльцы нефтегазоносных толщ фанерозоя Русской и Туранской плит. М.: ВНИГНИ, 1985. С. 5—13.
2. *Обуховская В. Ю.* Палинологическая характеристика эмс-эйфельских отложений Беларуси // Проблемы современной палинологии: Матер. XIII Рос. палин. конф., Сыктывкар, 5—8 сент. 2011 г. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 197—198.
3. *Обуховская Т. Г., Кручек С. А., Пушкин В. И. и др.* Стратиграфическая схема девонских отложений Беларуси // Литасфера. 2005. № 1 (22). С. 60—88.
4. *Обуховская Т. Г., Кручек С. А., Пушкин В. И. и др.* Девонская система // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси. Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. С. 13—16.
5. *Плакс Д. П.* О девонской ихтиофауне Беларуси // Литасфера. 2008. № 2 (29). С. 66—92.
6. *Родионова Г. Д., Умнова В. Т., Кононова Л. И. и др.* Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. 265 с.
7. *Filipiak P.* Palynology of the Lower and Middle Devonian deposits in southern and central Poland // *Rew. Paleobot. Palynol.* 2011. N 166. P. 213—252.
8. *Obukhovskaya T., Kruchek S.* The substage division of the Eifelian and Givetian in Belarus // The 6th Baltic Stratigraphical Conference. August 23—25, 2005, St. Petersburg, Russia: Abstracts. St. Petersburg, 2005. P. 87—90.
9. *Narkiewicz K., Kruchek S.* Conodont-based correlation of the Middle Devonian in SE Poland and Belarus: preliminary data // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: Матер. Междунаро. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси А. С. Махнач. Минск: БелНИГРИ, 2008. С. 188—194.
10. *Richardson T. B., McGregor D. C.* Silurian and Devonian spore zones of the old Red Sandstone Continent and Adjacent Regions // *Geol. Survey of Canada.* 1986. Bull. N 364. 36 p.
11. *Streel M., Loboziak S., Chapter B.* Middle and Devonian miospores // Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation / J. Jansonius, D. C. McGregor, eds. 1996. Vol. 2. P. 575—587.
12. *Valiukevičius J., Kruchek S.* Acanthodian biostratigraphy and interregional correlations of the Devonian of the Baltic States, Belarus, Ukraine and Russia // *Courier Forschungsinstitut Sencenberg (Final Report of IGCSP 328 project).* 2000. Vol. 223. P. 271—289.
13. *Valiukevičius J., Talimaa V., Kruchek S.* Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories // *Ichthyolith Issues, Special Publication 1.* Socorro, New Mexico, 1995. P. 53—59.

Р. Р. Павловец

СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Для территории Беларуси составлена карта деформированности продольных профилей рек (ППР). Основным показателем была величина отклонения природного профиля реки от теоретически равновесного, который рассчитывался отдельно для каждой реки. Равные значения величин отклонения или деформированности ППР соединялись изодефами. Замкнутые изодефы показывали участки образования локальных структур. Учитывая, что современные ППР Беларуси вырабатывались в основном за голоценовый период, можно было бы считать амплитуду отклонения природного ППР от теоретического амплитудой деформации поверхности земной коры, которая образовалась в последние 10 000 тыс. лет. Опыт работы показал, что величина деформации ППР не всегда полностью соотносится с амплитудой тектонической деформации и не все деформации ППР обусловлены тектоникой.

По методу Э. В. Бородзича (1985), в основе которого лежит причинно-следственная связь между короткоживущими подкоровыми локальными возбуждениями и вертикальными движениями земной поверхности, что в свою очередь воздействует на атмосферу, проанализированы распределения экстремумов атмосферного давления за три года (1978—1980 гг.). Показатели давления фиксировались каждые три часа на 48 метеостанциях, которые равномерно расположены на всей территории Беларуси. По результатам исследования составлены карты барического поля (экстремумов высоких и низких давлений) (Э. В. Бородзич, В. М. Бурак, Ю. И. Клышевич, 1987).

При сравнении карт барического поля Беларуси с картой деформированности ППР выявилось, что области положительных и отрицательных деформаций ППР соответствуют областям частой повторяемости высоких и низких атмосферных давлений, а районирование территории по величине и знаку амплитуды деформации близко соотносится с контурами отрицательных и положительных значений наблюдаемого гравитационного поля. Учитывая сложность выделения тектонической составляющей в образовании деформаций ППР особенно важно совпадение выявленных деформаций ППР с участками частой повторяемости экстремумов высоких и низких давлений, что повышает вероятность отнесения полученной деформации к тектогенной. Большая частота повторяемости anomalously высоких или низких давлений свидетельствует об интенсивности эндогенных процессов, избирательности мест и устойчивой тенденции проявления восходящих и нисходящих движений земной коры и не зависит от особенностей рельефа. Величина тектонической деформации соответствует суммарной амплитуде положительных и отрицательных импульсных движений на общем фоне колебательных движений земной коры за голоценовый период. Способ можно использовать для выявления тектонических деформаций на территориях, где планируется раз-

мещение атомных электростанций, гидроэлектростанций, газохранилищ, полигонов захоронения промышленных отходов, железных дорог, трубопроводов и других ответственных долгосрочных инженерных сооружений.

Д. П. Плак

Белорусский национальный технический университет

ИХТИОФАУНА КОСТЮКОВИЧСКОГО ГОРИЗОНТА ЭЙФЕЛЬСКОГО ЯРУСА БЕЛАРУСИ

Остатки ихтиофауны довольно часто встречаются в отложениях различного фациального типа костюковичского горизонта и совместно с миоспорами широко используются для датировки возраста, расчленения и корреляции последнего. Другими словами они являются важной группой ископаемых организмов для стратификации этих отложений. Однако по сей день не существует ни одной обобщающей статьи, посвящённой непосредственному рассмотрению ихтиофауны костюковичского горизонта. В связи с этим, автором данного сообщения впервые принята попытка на основе литературных данных [1—5, 17, 18, 21—23] и собственных исследований [11—16] по возможности максимально обобщить и представить читателю всю накопившуюся до настоящего времени информацию о таксономическом составе ихтиофауны костюковичского горизонта и её площадном распространении в пределах Республики.

Известно, что отложениями костюковичского горизонта завершается разрез эйфельского яруса среднего девона на территории Беларуси [9, 18]. Наиболее полно этот горизонт представлен в пределах Оршанской впадины, Латвийской седловины и на северо-западном склоне Воронежской антеклизы. Максимальная мощность отложений этого горизонта в пределах этих тектонических структур достигает 41 м. На территории Оршанской впадины и на северо-западном склоне Воронежской антеклизы развит глинисто-алевролитовый тип разреза (мощностью около 41 м). Он имеет трёхчленное строение. Нижняя — алевролитово-глинистая пачка (мощностью 2—3 м) сложена алевролитами, песчаниками с прослоями глин, залегает она трансгрессивно на породах городокского горизонта. Средняя — карбонатно-глинистая пачка (мощностью 3—17 м) состоит из мергелей, доломитов с прослоями глин. Верхняя — глинисто-алевролитовая пачка (мощностью 8—21 м) сложена глинами с прослоями алевролитов, мергелей и песчаников. Бесчелюстные в породах этих пачек встречены следующие: *Schizosteus* sp., *Schizosteus striatus* (Gross), *Pycnolepis splendens* (Eichw.) и *Pycnosteus* sp. От их экзоскелетов обнаружены только отдельные пластинки и дентиновые бугорки. Рыбы в этой части разреза представлены сравнительно часто встречающимися дискретными пластинками *Asterolepis* sp. и *Euarthrodira* gen. indet., мелкими фрагментами пластинок от грудного плавника *Antiarcha* gen. indet., несколько реже встречающимися фрагментами пластинок панциря и medio-dorsale *Actinolepis tuberculata* Ag., редко обломками пластинок *Coccosteus* sp., *Holonema* sp., *Byssacanthus* sp. и *Asterolepis* cf. *estonica* Gross. Акантоды представлены сравнительно многочисленными разрозненными чешуями *Cheiracanthus brevicostatus* Gross., *C. longicostatus* Gross, *C. intricatus* Valiuk., *C. talimae* Valiuk., *Ptychodictyon sulcatum* Gross, *Rhadinacanthus balticus* Gross, *Markacanthus costulatus* Valiuk., *Acanthoides* ? sp., несколько реже встречающимися чешуями *Ptychodictyon distinctum* Valiuk., *Diplacanthus* sp., *D. carinatus* Valiuk., *Minioracanthus laevis* Valiuk., *Ectopacanthus* ? sp., *Nostolepis kernavensis* Valiuk., единичными чешуями *Ptychodictyon rimosum* Gross, редко встречающимися плавниковыми шипами *Haplacanthus marginalis* Ag., *Homacanthus gracilis* (Eichw.) и *Acanthodii* gen. indet. Саркоптеригии представлены часто встречающимися зубами *Onychodus* sp. и чешуями *Glyptolepis* sp., *Osteolepididae* gen. et sp. indet., очень редко встречающимися чешуями *Gyroptychius* sp., единичным фрагментом нижней челюсти *Gyroptychius* ? *grossi* Vorob., редкими зубными пластинками *Dipterus* sp. и чешуями *Dipteridae* gen. indet., а также неопределимыми костями *Sarcopterygii* indet. Находки чешуй актиноптеригий *Orvikuina vardiaensis* Gross и фрагментарных чешуй и зубов *Actinopterygii* indet. на этом стратиграфическом уровне не столь часты. В результате проведённого анализа сообществ ихтиофауны из костюковичских отложений вышеуказанных тектонических структур установлено, что *Schizosteus* sp., *Pycnolepis splendens* (Eichw.), *Pycnosteus* sp., *Byssacanthus* sp., *Asterolepis* sp., *A. cf. estonica* Gross, *Actinolepis tuberculata* Ag., *Coccosteus* sp., *Holonema* sp., *Euarthrodira* gen. indet., *Antiarcha* gen. indet., *Cheiracanthus brevicostatus* Gross., *C. longicostatus* Gross, *C. intricatus* Valiuk., *Ptychodictyon rimosum* Gross, *P. distinctum* Valiuk., *P. sulcatum* Gross, *Diplacanthus* sp., *D. carinatus* Valiuk., *Rhadinacanthus balticus* Gross, *Minioracanthus laevis* Valiuk., *Ectopacanthus* ? sp., *Acanthoides* ? sp., *Haplacanthus marginalis* Ag., *Homacanthus gracilis* (Eichw.), *Acanthodii* gen. indet., *Onychodus* sp., *Glyptolepis* sp., *Gyroptychius* sp., *Osteolepididae* gen. et sp. indet., *Dipterus* sp. *Dipteridae* gen. indet., *Sarcopterygii* indet., *Orvikuina vardiaensis* Gross и *Actinopterygii* indet. являются транзитными таксонами, среди которых в свою очередь доминирующими являются *Schizosteus* sp., *Asterolepis* sp., *Antiarcha* gen. indet., *Euarthrodira* gen. indet., *Cheiracanthus brevicostatus* Gross., *C. longicostatus* Gross, *Ptychodictyon sulcatum* Gross, *Rhadinacanthus balticus* Gross, *Acanthoides* ? sp., *Onychodus* sp., *Glyptolepis* sp., *Osteolepididae* gen. et sp. indet. Наиболее значимыми в стратиграфическом отношении видами для отложений этого горизонта являются *Schizosteus striatus* (Gross), *Cheiracanthus talimae* Valiuk., *Nostolepis kernavensis* Valiuk., из которых последний является важным зональным видом. Нелишним здесь будет упомянуть и то, что в отложениях костюковичского горизонта, в пределах вышеперечисленных тектонических структур, иногда совместно с остатками позвоночных

встречаются сколекодонты, известковые трубочки червей, остракоды, гостраподы, бивальвии, тентакулиты, брахиоподы, членики криноидей, конодонты, растительные остатки, акритархи и миоспоры.

На территории Латвийской седловины костюковичский горизонт (мощностью 23—37 м) представлен частым переслаиванием песчаников, алевролитов и глин, с прослоями доломитовых мергелей в средней части разреза. Позвоночные в нём представлены многочисленными изолированными чешуями акантодов *Cheiracanthus brevicostatus* Gross., *C. longicostatus* Gross, *C. intricatus* Valiuk., *C. talimae* Valiuk., *Ptychodictyon sulcatum* Gross, *Rhadinacanthus balticus* Gross, *Markacanthus costulatus* Valiuk., *Acanthoides* ? sp., немногочисленными чешуями *Cheiracanthoides proprius* Valiuk., *Diplacanthus* sp., *D. carinatus* Valiuk., *Ptychodictyon rimosum* Gross, *P. distinctum* Valiuk., *Minioracanthus laevis* Valiuk., *Nostolepis kernavensis* Valiuk. и плавниковыми шипами *Haplacanthus marginalis* Ag., единичными чешуями хрящевых рыб *Lugalepis multispinata* Kar.-Tal., многочисленными чешуями саркоптеригий *Osteolepididae* gen. et sp. indet., несколько реже обнаруживаемыми отдельными чешуями актиноптеригий *Orvikuina* sp., *O. vardiaensis* Gross и фрагментарными чешуями и зубами *Actinopterygii* indet. Виды *Cheiracanthoides proprius* Valiuk., *Cheiracanthus talimae* Valiuk., *Markacanthus costulatus* Valiuk., *Diplacanthus carinatus* Valiuk., *Minioracanthus laevis* Valiuk. и *Nostolepis kernavensis* Valiuk. в нижезалегающих отложениях городокского горизонта не констатированы, только *Diplacanthus carinatus* Valiuk. и *Minioracanthus laevis* Valiuk. из них известны в вышезалегающих отложениях полоцкого горизонта. Зональным видом для отложений костюковичского горизонта является *Nostolepis kernavensis* Valiuk. Помимо ихтиофауны в этой части разреза нередко встречаются сколекодонты, остракоды, раковины моллюсков, брахиоподы, конодонты, углефицированные растительные остатки, акритархи и миоспоры.

На Жлобинской седловине, северных и восточных склонах Белорусской антеклизы костюковичский горизонт представлен, в основном, карбонатно-глинистым типом разреза (мощностью до 26 м). В основании горизонта залегают алевролиты, глины и песчаники, в средней части разреза — кристаллические, глинистые, кавернозные доломиты, с прослоями мергелей и глин, в кровле — алевролитистые глины с тонкими прослоями песчаников. В породах горизонта содержатся миоспоры, акритархи, обуглившиеся растительные остатки, сколекодонты, раковины гастроподов, цефалоподов, бивальвий, тентакулитов, брахиопод, членики криноидей, конодонты и ихтиофауна, которая представлена довольно часто встречающимися дентиновыми бугорками и несколько реже — тессерами, чешуями и фрагментами пластинок псаммостеид *Pycnosteus* sp., *Ganosteus* sp., *Schizosteus striatus* (Gross) и *Psammosteiformes* gen. et sp. indet., немногочисленными разрозненными пластинками плакодерм *Actinolepis* sp. *Homostius* ? sp., *Coccosteus* sp., *Asterolepis* sp., *A. estonica* Gross, *Placodermi* indet., фрагментами пластинок от дистальной части грудного плавника *Antiarcha* gen. indet., тритерами и редкими обломками пластинок *Ptyctodontida* gen. indet., многочисленными чешуями акантодов *Ptychodictyon sulcatum* Gross, *Cheiracanthus* sp., *Cheiracanthus brevicostatus* Gross, *C. longicostatus* Gross, *C. intricatus* Valiuk., *Markacanthus costulatus* Valiuk., *Rhadinacanthus balticus* Gross, *Acanthoides* ? sp., несколько реже встречающимися чешуями *Cheiracanthoides proprius* Valiuk., *Ptychodictyon distinctum* Valiuk., *Diplacanthus* sp., *D. carinatus* Valiuk., *Ptychodictyon rimosum* Gross, *Ectopacanthus* ? sp., *Nostolepis kernavensis* Valiuk. и плавниковыми шипами акантодов *Archaeacanthus quadrisulcatus* Kade, *Haplacanthus marginalis* Ag. *Homacanthus gracilis* (Eichw.) и *Acanthodii* gen. indet., очень редкими находками хрящевых рыб *Ohiolepis* sp. и *Chondrichthyes* gen. et sp. indet., часто встречающимися зубами, чешуями и обломками неопределимых костей саркоптеригий *Onychodus* sp., *Glyptolepis* sp., *Osteolepididae* gen. et sp. indet. и *Sarcopterygii* indet. и гораздо реже обнаруживаемыми отдельными чешуями актиноптеригий *Cheirolepis* sp., *Orvikuina* sp., *O. vardiaensis* Gross и мелкими зубами *Actinopterygii* indet. Из перечисленных таксонов позвоночных наиболее важными для определения возраста отложений являются *Schizosteus striatus* (Gross), *Nostolepis kernavensis* Valiuk. и *Cheiracanthoides proprius* Valiuk. Они в отличие от остальных таксонов, имеющих широкий вертикальный диапазон распространения, выше по разрезу не установлены.

На территории Северо-Припятского плеча и Гомельской структурной перемычке отложения костюковичского горизонта (мощностью 28—31 м) представлены, в основном, аргиллитоподобными и алевролитистыми глинами с редкими пропластками алевролитов. Находки скелетных элементов позвоночных в этих отложениях некоторыми белорусскими геологами иногда отмечались при их описании и отбирались совместно с другими группами ископаемых организмов для изучения. Однако они, по сей день, не исследованы. Определение возраста этих отложений здесь производится по миоспорам.

Глинисто-карбонатный тип разреза костюковичского горизонта (мощностью 15—28 м) развит в западной части Припятского прогиба в пределах Туровской и Старобинской центриклиналей, где он подразделяется на три пачки. Нижняя пачка (мощностью 3—7 м) сложена главным образом глинами, алевролитистыми глинами, мергелями с прослоями глинистых доломитов и базальным песчаником в основании. Средняя пачка (мощностью 4—10 м) представлена кристаллическими, кавернозными и глинистыми доломитами с прослоями мергелей и глин. Верхняя пачка (мощностью 7—15 м) сложена в основном, глинами с прослоями мергелей, реже — алевролитов. Таксономический состав позвоночных в них довольно разнообразный. Доминируют главным образом акантоды и актиноптеригии, малочисленны — гетеростраки, плакодермы, хрящевые рыбы и саркоптеригии. Изолированные чешуи акантодов изобилуют количественно и таксономически. Родовой и видовой состав акантодов следующий *Cheiracanthoides* sp., *C. proprius* Valiuk., *Cheiracanthus* sp., *C. brevicostatus* Gross, *C. longicostatus* Gross, *Markacanthus costulatus* Valiuk. и *Acanthoides* ? sp. Довольно часто встречаются мелкие обломки плавниковых шипов *Acanthodii* gen. indet. Актиноптеригии встречаются несколько реже и представлены чешуями *Orvikuina* sp., *O. vardiaensis* Gross, *Moythomasia* ? sp. и *Actinopterygii* indet., а также мелкими зубами *Actinopterygii* indet. Псаммостеидные гетеростраки редки и пред-

ставлены дентиновыми бугорками *Ganosteus* sp., фрагментами пластинок и тессер *Schizosteus striatus* (Gross). Редки находки фрагментов экзоскелетов плакодерм и хрящевых рыб. Плакодермы представлены мелкими обломками сочленовного отростка *Antiarcha* gen. indet., дискретными пластинками *Asterolepis estonica* Gross, *paranuchale Coccosteus cuspidatus* Miller ex Agassiz, *spinale Actinolepis* sp. и тритемом *Ptyctodontida* gen. indet; хрящевые рыбы — дискретными чешуями *Chondrichthyes* gen. et sp. indet. Разрозненные чешуи *Osteolepididae* gen. et sp. indet. встречаются иногда довольно часто, гораздо реже встречаются зубы *Onychodus* sp. и *Sarcopterygii* indet. Наряду с позвоночными в отложениях костюковичского горизонта присутствуют миоспоры, акритархи, кораллы, сколекодонты, известковые трубочки червей, фрагменты раковин бивальвий, обломки раковин лингулид и замковых брахиопод, членики криноидеи и конодонты.

В заключение стоит отметить, что отложения костюковичского горизонта эйфельского яруса на территории Беларуси очень хорошо охарактеризованы ихтиофауной. Они по плакодермам соответствуют зоне *Coccosteus cuspidatus* [14—16], а по акантодам — зоне *Nostolepis kernavensis* [3, 21, 14—16]. Возрастным аналогом костюковичского горизонта на территории Волыно-Подольи являются отложения великомостовской подсвиты нижней части лопушанской свиты эйфельского яруса [3, 10, 20], на территории Центрального девонского поля (Россия) — образования черноморского горизонта эйфельского яруса [22, 23], а на территории Литвы — отложения кярнавского подгоризонта эйфельского яруса [3, 4, 22].

1. Бессонова В. Я., Синичка А. М., Голубцов В. К., Медведева М. Г. Опорные скважины СССР. Опорная скважина № 2 Оршанской впадины. Минск: Наука и техника, 1972. 232 с.
2. Валукевичюс Ю. Ю. Распространение чешуй акантодов в среднедевонских отложениях Белоруссии // Матер. по стратиграфии Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1981. С. 66—67.
3. Валукевичюс Ю. Ю. Акантоды наровского горизонта Главного девонского поля. Вильнюс: Мокслас, 1985. 144 с.
4. Валукевичюс Ю. Ю., Голубцов В. К. Девонская система // Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия) / Объяснительная записка. Лист N-(34), (35) Вильнюс. Л., 1986. С. 53—68.
5. Валукевичюс Ю. Ю., Клеесмент А. Э., Курик Э. Ю., Вайтекунене Г. К. Корреляция и органические остатки отложений наровского горизонта // Биофауны и фауна силурийского и девонских бассейнов Прибалтики. Рига: Зинатне, 1986. С. 73—86.
6. Вишняков И. Б., Умнова В. Т., Кононова Л. И. и др. Стратиграфическая схема девонских отложений юго-запада Украины // Стратиграфические схемы фанерозойских образований Украины для геологических карт нового поколения. Киев, 1993.
7. Вишняков И. Б., Умнова В. Т., Кононова Л. И. и др. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. М., 1995. 265 с.
8. Сорокин В. С. и др. Девон и карбон Прибалтики. Рига: Зинатне, 1981. 502 с.
9. Геология Беларуси / Под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева и др. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. С. 186—236.
10. Легенда к Государственной геологической карте Украины масштаба 1 : 200 000 Вольно-Подольской серии листов. Ровно, 1995.
11. Плас Д. П. О девонской ихтиофауне Беларуси // Літасфера. 2008. № 2 (29). С. 66—92.
12. Плас Д. П., Валукевичюс Ю. Ю., Кручек С. А. Зональное расчленение девонских отложений (верхний эмс—фран) севера Беларуси по данным ихтиофауны // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: Матер. Международ. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси А. С. Махнач. Минск, 2008. С. 226—234.
13. Плас Д. П., Кручек С. А. О стратиграфии и ихтиофауне среднедевонских отложений южной части Старобинской центриклинали Припятского прогиба // Літасфера. 2010. № 2 (33). С. 32—48.
14. Плас Д. П. К стратиграфии отложений среднего и верхнего девона юго-востока Беларуси (по данным изучения ихтиофауны) // Літасфера. 2006. № 2 (25). С. 25—36.
15. Плас Д. П. Девонская (позднеэмско-франская) ихтиофауна Беларуси и её стратиграфическое значение: автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. Минск: ИГиГ НАН Беларуси, 2007. 23 с.
16. Плас Д. П. Введение зональных шкал по позвоночным в стратиграфическую схему девонских отложений Беларуси // Докл. НАН Беларуси. 2008. Т. 52, № 4. С. 83—88.
17. Стратиграфические и палеонтологические исследования в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1978. 248 с.
18. 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. (+ приложение из 15 стратиграфических схем).
19. Mark-Kurik E. The Middle Devonian fishes of the Baltic States (Estonia, Latvia) and Belarus // Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project). 2000. Vol. 223. P. 309—324.
20. Plax D. P. Devonian ichthyofauna of the Volyn Monocline // Lithosphere. 2011. № 2 (35). P. 12—21.
21. Valiukevičius J. Acanthodian zonal sequence of Early and Middle Devonian in the Baltic basin // Geologija (Vilnius). 1994. N 17. P. 115—125.
22. Valiukevičius J., Kruczek S. Acanthodian biostratigraphy and interregional correlations of the Devonian of the Baltic States, Belarus, Ukraine and Russia // Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Final Report of IGCP 328 project). 2000. Vol. 223. P. 271—289.
23. Valiukevičius J., Talimaa V., Kruczek S. Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories // Ichthyolith Issues. Special Publication 1. Socorro, New Mexico, 1995. P. 53—59.

В. Г. Жогло¹, А. А. Махнач², Н. А. Демяненко¹, С. И. Гримус¹, Н. М. Виницкая¹, Н. И. Будник¹

¹ Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

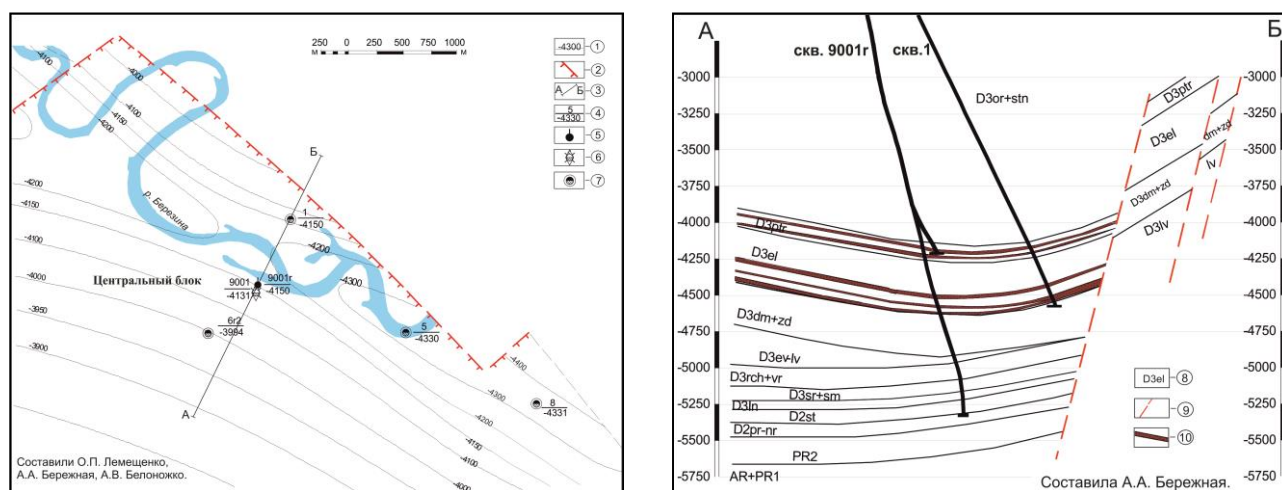
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ЗАСОЛЁННЫХ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ (на примере Геологического месторождения Беларуси)

В структуре запасов нефти на разрабатываемых месторождениях Припятского прогиба неуклонно растёт доля трудноизвлекаемых запасов, сосредоточенных в низкопроницаемых коллекторах. По состоянию на 2012 г. из остаточных извлекаемых запасов нефти, числящихся на балансе РУП «ПО «Белоруснефть», более 64 % относятся к трудноизвлекаемым, причём 44 % из них сосредоточены в залежах с низкопроницаемыми коллекторами и вязкими нефтями. Низкая проницаемость пород-коллекторов обусловлена литолого-фациальными условиями осадконакопления, тектонической активностью бассейна седиментации, а также вторичными процессами катагенетической минерализации. Оценка масштабов проявления катагенетической галитизации в межсолевых и подсолевых отложениях Припятского прогиба дана в работах А. А. Махнача [1].

Широкое развитие катагенетического галита в породах-коллекторах Припятского прогиба подтверждается результатами гидрохимического мониторинга разработки нефтяных месторождений [2]. Установлено, что химический состав попутных вод ряда месторождений Припятского прогиба (Осташковичское и др.) зависит не только от смешения закачиваемых вод с пластовыми рассолами, но и от растворения галита пресными водами. Балансовые расчёты, выполненные В. Д. Порошиным, показали, что за время разработки межсолевой залежи Осташковичского месторождения нефти с фильтрационным потоком было вынесено 1,23 млн м³ галита. В результате этого сформировалась новая система фильтрационных каналов, оказавшая существенное влияние на направление и скорости передвижения фильтрационных потоков.

Наиболее интенсивное проявление вторичного галитообразования имело место на территории Северной зоны прибортовых уступов (СЗПУ) Припятского прогиба. Галит, наряду с вторичными кальцитом и ангидритом, обусловили значительное снижение первичной пористости и проницаемости горных пород [1]. На площади СЗПУ открыты и разрабатываются Судовицкое, Березинское, Геологическое и др. месторождения нефти.

В настоящее время имеется ряд проблем, связанных с разведкой и разработкой Геологического месторождения нефти, открытого в 2008 г. разведочно-поисковой скв. 9001г. Центральный блок этого месторождения по поверхности межсолевых отложений представляет собой узкую вытянутую синклиналь, ориентированную длинной осью вдоль простирания Северного краевого разлома Припятского прогиба (рисунок 1).



1 — стратоизогипсы, м; 2 — тектонические нарушения; 3 — линия геологического разреза; 4 — номер скважины и абсолютная отметка вскрытия кровли петриковского горизонта, м; скважины: 5 — добывающая, 6 — поисковая, ликвидированная по техническим причинам; 7 — простаивающая. Условные обозначения на разрезе: 8 — стратиграфический горизонт; 9 — тектоническое нарушение; 10 — слой-коллекторы

Рисунок 1 — Фрагмент структурной карты поверхности петриковского горизонта Геологического месторождения нефти (слева) и геологический разрез по линии А—Б (справа)

Промышленная нефтеносность Центрального блока Геологического месторождения связана с отложениями петриковского горизонта, залегающими на глубинах 4 335—4 461 м. Породы-коллекторы представлены органогенно-водорослевыми известняками в различной степени глинистыми, неравномерно доломитизированными. Повсеместно прослеживаются субвертикальные и субгоризонтальные тектонические трещины, частично либо полностью залеченные доломитом, галитом и гипсом. Породы-коллекторы относятся к порово-каверново-трещинному типу и распространены равномерно по всему разрезу. На основе анализа кернового материала В. Н. Бескопыльный (2009 г.) пришёл к выводу о наличии обширных разно ориентированных систем трещиноватости различных генераций с раскрытостью трещин от долей миллиметра до 5—7 мм.

Опытная разработка Геологического месторождения начата в январе 2009 г. скв. 9001г, вступившей в работу фонтанным способом со среднесуточным дебитом 47 т/сут. В настоящее время она эксплуатируется в периодическом режиме со средним дебитом нефти 7—10 т/сут. По состоянию на 1.01.2013 г. из скв. 9001г отобрано 19,1 тыс. т безводной нефти.

С целью разведки межсолевой залежи Центрального блока Геологического месторождения в период с 2009 по 2013 г. были пробурены разведочные скв. 1, 5, 6г2 и 8. В процессе освоения дебит каждой из скважин был менее 4 т/сут. Перед их вводом в эксплуатацию проведены геолого-технические мероприятия (ГТМ): солянокислотные обработки (СКО), солянокислотные разрывы, солянокислотные ванны, а также гидроразрывы пластов (ГРП) с проппантом, но увеличения притока добиться не удалось. Например, скв. 8 после проведения ГРП в декабре 2011 г. вводится в эксплуатацию с начальным дебитом жидкости 4 т/сут. В январе 2012 г. в ней выполнена СКО, но уже в апреле 2012 г. дебит жидкости снизился до 0,7 т/сут. Через месяц скв. 8 переведена в контрольный фонд, при этом накопленная добыча жидкости составила только 124 т.

Таким образом, применение различных видов ГТМ не привело к росту продуктивности скважин. С одной стороны, результаты буровых работ, геофизических исследований скважин и промысловые данные свидетельствуют о хороших предпосылках получения промышленных притоков нефти в построенных поисково-разведочных скважинах, с другой стороны, освоение четырёх скважин из пяти, оборудованных на петриковский горизонт Геологического месторождения, было практически безрезультатным. Приведённые выше сведения дают основание полагать, что одним из важнейших факторов, обусловивших низкую продуктивность разведочных скв. 1, 5, 6г2 и 8, является катагенетическая минерализация пород-коллекторов. Неравномерное засоление последних галитом и другими минералами привело к росту их неоднородности и снижению ёмкостных и фильтрационных свойств.

На наш взгляд, установленное В. В. Муляком и В. Д. Порошиным [2] явление растворения катагенетического галита в засоленном пласте закачиваемой в него водой, не насыщенной по галиту, может быть использовано для разведки и усовершенствования системы разработки залежей нефти в засоленных низкопроницаемых пластах. Закачка пресной воды в продуктивный засоленный пласт через скважину будет сопровождаться растворением галита и выносом продуктов его растворения на поверхность при последующей откачке. Результатом этого процесса станет увеличение проницаемости пласта в призабойной зоне скважины. Повторная закачка воды приведет не только к дальнейшему росту проницаемости коллектора, но и к увеличению размеров зоны повышенной проницаемости.

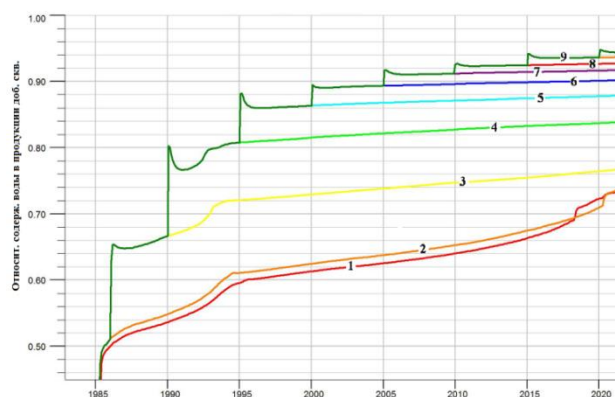
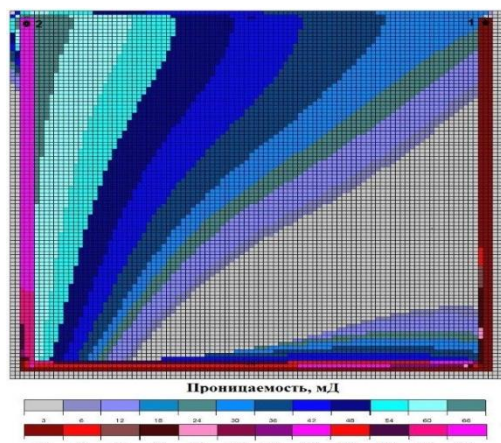
Предлагаемую нами технологию воздействия на низкопроницаемые засоленные породы-коллекторы Геологического месторождения целесообразно применить для проведения дальнейших разведочных работ с использованием скв. 8: для уточнения типа флюидов, насыщающих призабойную зону; проверки связи с водоносной областью, оценки масштабов засоления пласта. Циклическая закачка пресной воды в залежь и отбор жидкости из скв. 8 приведет к росту проницаемости пород-коллекторов в призабойной зоне. Неоднородность пласта, наличие в нём развитой системы трещин обусловит неравномерное продвижение фронта воды вдоль каналов повышенной проницаемости (например, вдоль разлома, ограничивающего залежь с севера).

Нами выполнено моделирование различных вариантов работы добывающей скв. 8 на геолого-гидродинамической модели Геологического месторождения, созданной на базе программного комплекса «Eclipse 100» компании «Schlumberger». При проницаемости пород-коллекторов менее 10,0 мД, наряду с отсутствием системы поддержания пластового давления (ППД) и гидродинамической связи залежи с водоносной областью, срабатка упругих запасов нефти в зоне влияния скв. 8 происходит в течение одного-двух месяцев. При повышении проницаемости пласта в призабойной зоне скважины до 60 мД и вдоль тектонического нарушения до 30 мД и создании депрессии на пласт 20,0 МПа дебит скв. 8 возрастает до 7,0—8,0 т/сут и снижается до 1,0 т/сут только через 4 года при непрерывной эксплуатации. Накопленная добыча за этот период составит 3 200 т нефти. Если подтвердятся наши предположения о близости ВНК, то скв. 8 может с успехом использоваться в системе ППД. Её периферийное положение и удалённость от добывающей скв. 9001г обеспечат высокую эффективность извлечения нефти из пород-коллекторов.

При организации разработки Геологического месторождения и ведении мониторинга необходимо помнить, что количественные параметры системы трещиноватости нам неизвестны. Неизвестно также, каким образом будет изменяться проницаемость пород-коллекторов в ходе закачки пресной воды в залежь. Для более полного понимания физической сущности этого важного процесса нами выполнено специальное моделирование на тестовой модели (использован ПК «Eclipse 100»). Исследуются особенности формирования структуры фильтрационного потока при разработке нефтяного пласта одной добывающей и одной нагнетательной скважиной при наличии по периметру пласта U-образного (вариант 1) или кольцеобразного (вариант 2) высокопроницаемого канала (ВПК). ВПК в модели имитируют продольные и поперечные разломы (систему трещиноватости коллектора). Начальная проницаемость

ВПК 100 мД, его ширина — 60 м. В ходе расчётов режим работы нагнетательной и добывающей скважин ограничивался среднесуточными показателями отбора жидкости и нагнетания воды при условии полной компенсации. Модельный пласт, имеющий размеры $2\,020 \times 2\,020$ м в плане, представлен одним слоем мощностью 3 м. Он аппроксимирован сеточной областью с размерностью $101 \times 101 \times 1$ элементарных ячеек. В тестовой модели принимаются осредненные параметры Геологического месторождения нефти. Проницаемость матрицы пласта принята равной 3,0 мД.

Рост проницаемости пласта в процессе растворения галита водой, закачиваемой в пласт, на тестовой модели имитировался увеличением коэффициента проницаемости матрицы пласта и ВПК на каждом расчётном этапе в соответствии с фронтом продвижения воды к добывающей скважине. В ячейках модели, обводнённости которых достигала 70 % и более, проницаемость увеличивалась в 2 раза. Всего выполнено девять итераций с шагом по времени один год, три года, и все последующие итерации по пять лет. За это время в результате размыва галита проницаемость ВПК изменилась от 100 до 2 200 мД, матрицы пласта — от 3 до 66 мД (рисунок 2).



1 — обводнённость без размыва галита; обводнённость: 2 — на 2-м этапе; 3—8 — на 3—8 этапах; 9 — обводнённость за весь период разработки

Рисунок 2 — Модельный нефтенасыщенный пласт при U-образном ВПК (слева), динамика обводнения продукции добывающей скважины (справа)

Результаты численных экспериментов в обоих вариантах показывают, что поэтапное растворение галита формирует дифференцированное поле повышенной проницаемости нефтенасыщенного пласта и приводит к ускорению роста обводнённости продукции добывающей скважины. На рисунке 2 (справа) графики 1—9 показывают изменение обводнённости добывающей скважины во времени: линия 1 (базовая) — при постоянной проницаемости ВПК и матрицы пласта (размыв галита отсутствует); линия 2 — исходная проницаемость пласта и ВПК в обводнённой части пласта увеличена в 2 раза (и в течение дальнейшего времени остается постоянной); линия 3 — проницаемость пласта и ВПК, заданная на предыдущем этапе, в обводнённой части пласта снова увеличивается в 2 раза (и далее не изменяется); линия 9 характеризует результирующее влияние роста проницаемости пласта на обводнённость продукции добывающей скважины. Скачкообразное изменение обводнённости в начале каждого расчётного этапа вызвано дискретным изменением проницаемости пласта при расчётах.

Комплексный анализ результатов тестовых расчётов показывает, что при разработке засоленного нефтяного пласта с применением системы заводнения структура фильтрационного потока непрерывно изменяется таким образом, что по мере выработки запасов нефти происходит ускорение темпов обводнения продукции добывающей скважины и снижение охвата пласта вытеснением.

1. Махнач А. А. Катагенез и подземные воды. Минск: Наука и техника, 1989. 335 с.
2. Муляк В. В., Порошин В. Д., Гаттенбергер Ю. П. и др. Гидрохимические методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений. М.: ГЕОС, 2007. 245 с.

ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ И ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НА НЕФТЬ И ГАЗ МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Специфика использования метода дистанционного зондирования аэро- и космоснимков (МДЗ) при поисках месторождений нефти и газа обусловлена геологическими особенностями нефтегазоносных территорий, представляющих собой осадочные бассейны со слабо дислоцированным чехлом большой мощности. Ловушки углеводородов приурочены, как правило, к глубоким горизонтам осадочного чехла и отражаются на поверхности через элементы и компоненты ландшафта.

Дешифрирование МДЗ базируется на геоиндикационной концепции взаимосвязи компонентов ландшафта. Ландшафтные элементы и компоненты, как результат взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, содержат информацию о структуре, составе и состоянии глубинных геологических объектов, являясь их индикаторами.

Изменения в характере распределения линеаментов, мезо- и микроформ рельефа, состояния, структуры и состава поверхностных отложений и растительности над нефтяными залежами происходят под влиянием неотектонических движений блоков, уплотнения, проседания, трещинообразования пород, перекрывающих нефтегазовые резервуары вплоть до поверхности, а также под воздействием мигрирующих от залежей флюидов [3].

Для успешного использования МДЗ в закрытых районах, какими, как правило, являются нефтегазоносные территории и, в особенности, для прогноза нефтегазосодержащих структур, требуется одновременный анализ большого количества дистанционных и геолого-геофизических данных.

За основу разработки прогнозно-поисковых работ на нефть и газ принята технология обработки и анализа МДЗ в комплексе с геолого-геофизическими данными на базе ГИС [3]. Технология включает 4 этапа: 1) постановка задачи; 2) формирование базы знаний и базы данных; 3) обработка и анализ данных (визуальный анализ МДЗ, автоматизированная обработка МДЗ, в т. ч. операции с многозональными изображениями, классификация, выделение и анализ геоиндикаторов геологических структур, обработка топографических и геолого-геофизических данных); 4) комплексный анализ информации.

В зависимости от этапа и стадии геологоразведочных работ на нефть и газ, при которых применяются МДЗ, с помощью разработанной технологии могут быть решены различные задачи: 1) тектоническое и нефтегазоперспективное районирование территорий с выделением основных разрывов и нефтегазоперспективных участков; 2) выявление ловушек нефти и газа различных типов (антиклинальный, рифовый, приразломный) с определением первоочередных объектов для постановки сейсморазведочных работ и поискового бурения; 3) детальное изучение нефтеперспективных площадей для наиболее рационального размещения разведочных скважин и выявления участков, где возможны осложнения при бурении.

Апробация технологии в Беларуси проведена на натуральных геологических моделях: в региональном плане — на Речицко-Вишанской зоны, на детальном уровне — на трёхмерной модели Северо-Домановичского месторождения [2].

Припятская нефтегазоносная область характеризуется относительно высокой интенсивностью новейших тектонических движений и хорошей выраженностью геологических структур в рельефе и на МДЗ. Кроме того, здесь присутствуют геохимические геоиндикаторы газонефтеносных структур [1]. Для повышения надежности прогнозно-поисковых рекомендаций, создаваемых на основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ), проводится типизация структур по выраженности их в рельефе и на модели, которая позволит не только отнести прогнозируемые по геоиндикаторам локальные нефтегазоперспективные структуры к определённым типам, но и предполагать некоторые параметры их строения (размеры, форма в плане, ориентировка, раздробленность разломами, амплитуда и т. д.), характерные для этого типа. С целью прогноза неантиклинальных (рифовых) ловушек выполняется детальный линеаментный анализ, позволяющий по распределению плотности линеаментов выделять различные типы рифов (атоллы, банки, барьерные). Проводится прогноз структурной поверхности продуктивного горизонта методом регрессионного анализа.

При проведении прогнозно-поисковых работ в сложных геологических условиях необходимо учитывать следующие факторы: 1. Важную роль в распределении месторождений углеводородов играют разрывные нарушения различного возраста.; 2. Большая часть месторождений располагается цепочками вдоль разломов фундамента в пределах валлообразных поднятий осадочного чехла северо-западного простирания; 3. По результатам дешифрирования ДДЗ выделяются линеаменты, которые, как правило, соответствуют разрывным нарушениям фундамента и разграничивают структуры осадочного чехла первого и второго порядков; 4. По результатам дешифрирования ДДЗ на фоне отчётливо выраженных по геолого-геофизическим данным разрывов наблюдаются зоны линеаментов секущие эти разрывы; 5. Месторождения углеводородов находятся, как правило, на пересечении северо-западных и северо-восточных зон линеаментов. Следует учитывать, что в верхних этажах разреза часто расположены газовые месторождения; 6. Обязательным при работах на нефть и газ является анализ межканальных преобразований. Происхождение аномалии может быть объяснено подтоком углеводородных флюидов, изменяющих состояние почвенно-растительного покрова и его отражательные свойства в видимой и ближней инфракрасной частях спектра [3].

В целом приведённые данные позволяют отметить, что МДЗ вносят существенный вклад, как при изучении региональных закономерностей, так и при локальном и детальном прогнозе нефтегазоносности.

1. *Гаврилов И. М.* Методика прогнозирования выявления месторождений полезных ископаемых на основе данных дистанционного зондирования Земли и геолого-геофизических исследований. Минск: Космоаэрогеология, 2011. 73 с.
2. *Кашкин В. Б.* Дистанционное зондирование земли из космоса. Цифровая обработка изображений. М.: Логос, 1998. 264 с.
3. *Королев Ю. К.* Общая геоинформатика. М.: ООО СП Дата, 1998. 121 с.

В. Э. Кутырло¹, Г. Д. Стрельцова², В. П. Самодуров³

¹ ОАО «Белгорхимпром»

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

³ Белорусский государственный университет

ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД ФОСФОРИТОНОСНОЙ ТОЛЩИ УЧАСТКА ЛА ЛИНДА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФАТНЫХ ПОРОД НАВАЙ (ВЕНЕСУЭЛА)

Фосфатные породы верхнемеловой формации Навай развиты в северо-западной части Боливарианской Республики Венесуэла, преимущественно в шт. Тачира. На участке Ла Линда месторождения фосфатных пород Навай вскрыты скважинами или обнажаются (снизу вверх) отложения меловых формаций Эскандалоса, Навай, Бургуита, третичной и четвертичной систем. Основная фосфатность связана с формацией Навай, нижняя часть которой (мощностью до 160 м) представлена аргиллитами с прослоями песчаников и кремнистых пород; в верхней (мощностью до 280 м) преобладают тонкослоистые кремнистые породы с многочисленными остатками рыб, переслаивающиеся с аргиллитами и песчаниками.

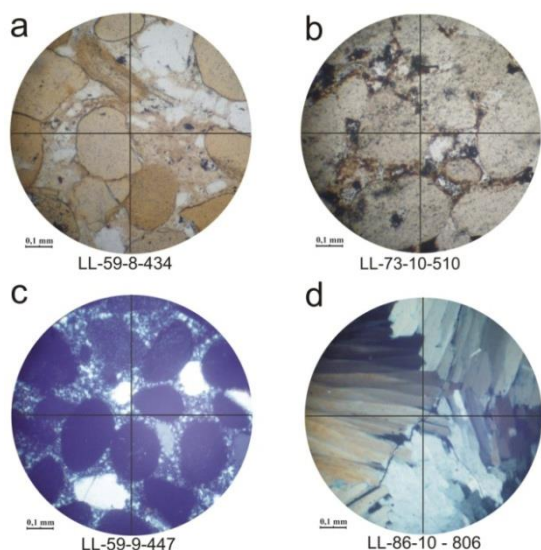
Самая верхняя часть формации (мощностью 90 м) представлена переслаиванием аргиллитов (60 %) и песчаников (30 %), образующих пачки мощностью по 7 м. В контакте с этими песчаниками залегают песчаники фосфатные. Общая мощность отложений формации Навай составляет 527 м [2]. Вышележащие отложения формации Бургуита представлена мелко- и средне-крупнозернистыми песчаниками кварцевыми с прослоями гравелита с некрепким глинистым цементом контактового типа. Третичные отложения сложены песчано-алевритовыми породами с прослоями угля мощностью до 1,7 м. Отложения четвертичной системы развиты повсеместно и представлены почвенно-растительным слоем и песчано-алеврито-пелитовыми образованиями.

Отложения формации Навай изучены в обнажениях, канавах и скважинах. Репрезентативных обнажений не много из-за труднопроходимости территории и весьма интенсивного проявления процессов механического, химического и биологического выветривания. На участке проведения геологоразведочных работ в основании вскрытой скважинами части формации Навай залегает «подреперный пласт» — песчаник серый кварцевый, мелко-мелкозернистый с глинистым цементом порового типа, местами обогащённый фосфатными пеллетами с содержанием P_2O_5 не более 5 %. Выше по разрезу следуют т. н. «реперные лютиты» — аргиллиты тёмно-серые с голубоватым оттенком, кремнистые, слюдяные, массивные. Перекрывающие их породы объединяются в фосфоритовую толщу, верхняя граница которой проводится по первому (от дневной поверхности) значительному появлению фосфатных пеллет. В нижней части толщи залегает песчаник серый до тёмно-серого и чёрного, кварцевый, мелкозернистый с фосфатно-кремнисто-карбонатным поровым цементом и небольшим количеством фосфатных пеллет, со множеством согласных прожилков кальцита. Для средней части характерен песчаник светло-серый, местами желтоватый, кварц-коллофан-апатитовый, мелко-тонкозернистый, с карбонатно-глинисто-кремнистым, участками карбонатным поровым или базальным цементом с многочисленными фаунистическими остатками. Среднее содержание P_2O_5 здесь превышает 18 %, что позволяет называть такие песчаники фосфатными, а иногда и фосфоритами. В верхней части залегают песчаники различной окраски с глинистым пленочно-поровым цементом, лимонитизированные, с углефицированными растительными включениями; по всему интервалу отмечаются редкие фосфатные пеллеты. Местами песчаники переходят в пески того же цвета и состава.

На рассматриваемой территории, расположенной в непосредственной близости к зоне складчатости альпийского возраста (горные сооружения Анд), прослеживаются средние и мелкие дизъюнктивы, оперяющие региональный разлом Капаро и имеющие преимущественно северо-восточное простирание. В диссонансе с генеральными элементами залегания (углом падения и азимутом простирания) фосфоритовосной толщи в северной части участка Ла Линда выделяются три блока (А, В и С), характеризующиеся разными азимутами простирания и углами падения. Значительные вариации азимутов простирания и углов падения в блоках объясняются трассированием между ними разрывных нарушений, которые прослеживаются в разрезе вплоть до современных образований и играют большую роль в формировании пласта фосфоритов. Первоначально полагали, что фосфатный пласт на участке Ла Линда имеет моноклинальное залегание (угол падения 22° ЮВ) и выходит на дневную поверхность на гряде холмов, где были зафиксированы радиометрические аномалии. Отсутствие продуктивного фосфатного пласта в ряде скважин на считавшихся перспективными участках и наличие там пород, подвергнутых сильному латеритному выветриванию (с пустотами выщелачивания и новообразованным, вторичным фосфатом), заставили по-новому взглянуть на условия образования и строение рассматриваемой территории.

Установлено, что граница между блоками А и В (где блок А — висячее, а блок В — лежащее крыло) проходит по разломной зоне взбросового характера; в целом падение слоёв всех стратиграфических комплексов — юго-восточное, но в блоке А угол падения составляет 10—11°, а в разломной зоне и блоке В — 45°.

Породные массивы в блоках А и В в разной степени подвержены процессам латеритного выветривания, причём в блоке В и разломной зоне, особенно в приповерхностной части, эти процессы выражены интенсивнее из-за высоких относительных и абсолютных отметок залегания продуктивного горизонта и более динамичного движения подземных вод в трещиноватых породах.



а) слабо изменённые обломочные зёрна фосфата (коллофан-апатита и фосфатизированные форменные органические остатки, б) поверхность зёрен фосфата выщелочена, отмечаются пустоты выщелачивания; в) кварц-халцедоновый цемент порового и базально-порового типа; д) агрегаты вторичного фосфата (вавеллита) в прожилках и цементирующей массе фосфатного песчаника

Рисунок 1 — Песчаники фосфатные

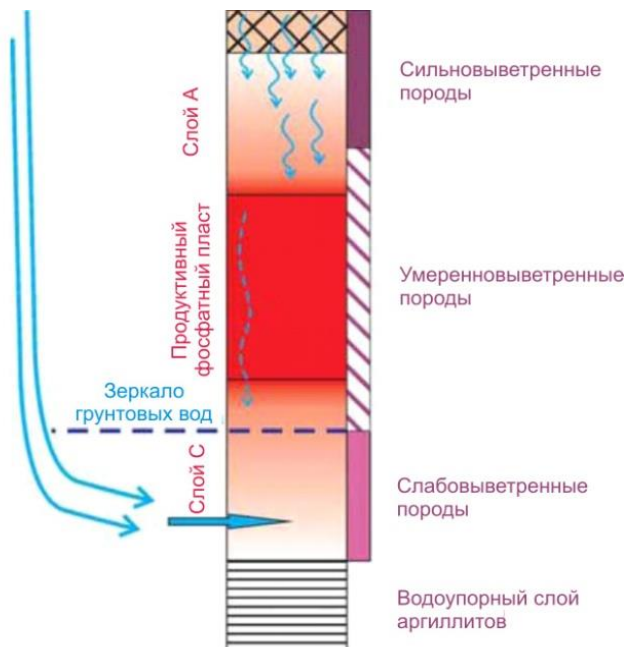


Рисунок 2 — Схема изменения фосфатных пород месторождения Навай

Фосфатные минералы в том или ином количестве обнаружены во всех типах пород: песчаниках, алевролитах, силицитах, аргиллитах и известняках, но промышленное значение имеют лишь фосфатные песчаники, где фосфатное вещество представлено коллофан-апатитом в виде окатанных округлых и овальных зёрен обломочного и органично-обломочного (пеллеты) происхождения размером 0,1—0,15 мм (рисунок 1). Зёрна иногда замутнены и загрязнены частицами чёрного (органического) вещества; на некоторых зёрнах отмечаются «рубашки» гидрооксидов Fe; присутствуют примеси тонкообломочных полевых шпатов, кварца, органические остатки. Цемент песчаников — кремнистый (опаловидный или халцедон-кварцевый) и/или карбонатно-глинисто-кремнистый базального и базально-порового типа, местами с прожилковидными выделениями гидрооксидов Fe.

Породы изученного разреза повсеместно подверглись процессам латеритного выветривания, приведшим к выносу легкорастворимых компонентов, в первую очередь — щелочных и щелочноземельных элементов. В породах это выразилось в выщелачивании фосфатных зёрен из всех литологических разностей геологического разреза.

Выветривание подобных месторождений фосфатов может происходить в умеренном и интенсивном режимах [2]. Умеренное выветривание сопровождается снижением содержания CO_2 и CaO , что приводит соответственно к уменьшению стехиометрического коэффициента $\text{CaO/P}_2\text{O}_5$, увеличению константы кристаллической решетки и преобразованию карбонат-фторапатита во фторапатит. Интенсивное выветривание определяется по резкому увеличению содержания Al_2O_3 и Fe_2O_3 в верхней части разреза и обычно происходит в три стадии. Первая характеризуется образованием пустот выщелачивания и увеличением общей пористости пород, появлением каолинита и гетита; вторая — отложением новообразованных минералов (каолинита, Fe-миллисита, вавеллита, Al-гетита, гематита) в гнёздах и пустотах выщелачивания фосфатных зёрен и цементе породы, при этом сохраняется первичная седиментационная текстура; третья стадия отличается глубокими изменениями в железисто-глиноземистой «шляпе», мобилизацией Fe, появлением новообразований каолинита и аугелита, исчезновением седиментогенных текстур. Эти процессы, проявленные на разных участках в разной степени, мы наблюдаем в фосфатсодержащих породах (рисунок 1) на рассматриваемой территории, где в приповерхностной части, в зоне инфильтрационного режима отмечаются сильно изменённые, выщелоченные и дезинтегрированные фосфатные и фосфатсодержащие песчаники и

кремнистые породы с пустотами выщелачивания зёрен фосфата, а на более глубоких горизонтах по падению пласта — сначала изменённые и слабо изменённые породы с новообразованным вавеллитом в трещинах и цементирующей массе породы и, наконец, неизменённые породы. Вторая стадия не привязана конкретно к каким-либо глубинам, а определяется балансом растворённых веществ, физико-химическими условиями, скоростью фильтрации подземных вод и др. Она может наблюдаться и в подошве фосфоритонесущей толщи; на это влияет наличие локального водоупорного слоя аргиллитов и залегание на нем грунтовых вод, обогащённых Fe. Подземные воды, двигаясь вниз по разрезу, постепенно теряют свою способность к выщелачиванию, насыщаясь растворёнными компонентами, что приводит к образованию в зоне «стояния» грунтовых вод новообразованных фосфатов — вивианита, вавеллита и др.

Таким образом, изменения фосфатных пород укладываются в схему, приведённую на рисунке 2. Дальнейшее их преобразование может происходить двумя путями. Если в песчаниках преобладает кремнистый цемент, то при выщелачивании фосфатных зёрен начинает превалировать аморфная кремнистая масса и на месте фосфатно-кварцевых песчаников с кремнистым цементом при увеличении интенсивности процессов выветривания образуется высокопористый вторичный силицит с многочисленными пустотами выщелачивания фосфатных и кварцевых зёрен. Если же в песчаниках доминирует иной, некремнистый цемент (например, карбонатный), то, попадая в зону латеритного выветривания, они преобразуются в пески. Наименьшие вторичные преобразования в зоне гипергенеза претерпели силициты и кремнистые аргиллиты, практически не содержащие легкорастворимых минеральных фаз.

1. *Flicoteaux R., Lucas J. Weathering of phosphate minerals // Phosphate Minerals / J. O. Nriagu, P. B. Moore eds. Berlin: Springer, 1984. P. 292—317.*
2. *García J. Correlación Estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretáceo de los Andes Venezolanos // Boletín de Geología. 1980. Vol. 26. P. 153—164.*

Д. К. Макат

Карагандинский государственный технический университет

ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫЕ КОНКРЕЦИИ КАК НЕТРАДИЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК МЕТАЛЛОВ

На протяжении предшествующих тысячелетий единственным источником минеральных ресурсов был континентальный блок, а в последней четверти XX в. началось освоение дна Мирового океана. В связи с этим уместно рассмотреть, каковы перспективы будущего освоения рудных ресурсов океана.

Разработка минерального сырья в океане отличается рядом преимуществ: не проводится вскрышные, шахтные и взрывные работы, разведка ведется при помощи подводных фотокамер, а добыча осуществляется на новых принципах с применением современных прогрессивных технологий.

Железомарганцевые конкреции, широко распространённые на дне Мирового океана, максимально сосредоточены в нескольких рудных полях, в пределах которых они распределяются неравномерно, хотя на некоторых участках конкреции покрывают свыше 50 % площади дна. В их минеральном составе доминируют гидроксиды марганца (тодорокит, бернессит, асболан) и Fe (вернадит, гематит, ферроксит), с ними связаны все представляющие экономический интерес металлы.

Железомарганцевые образования на дне океана, представлены марганцевыми и железомарганцевыми конкрециями. Они залегают в осадках эоцен-четвертичного возраста и продолжают накапливаться в настоящее время в пелагических областях на глубинах 3—6 км. Большая часть конкреционных залежей формируется в областях развития красных глин или кремнистых глубоководных илов. Размеры конкреций от 1 мм до 1 м в диаметре, преобладают конкреции размером 3—7 см.

Наибольшее содержание конкреций характерно для центральных областей Тихого океана (5—6 км). Рудные запасы Fe-Mn конкреций во всем мировом океане составляют 300—350 млрд т. Химический состав конкреций: Mn — 20 %, Fe — 15 %, Ni — 0,5 %, Co — 0,5 %, Cu — 0,5 %.

В некоторых конкрециях концентрация Mn достигает 45 %, Ni — 1,5 %, Co — 1,0 %, Cu — 2 %. Примечательно, что эти металлы связаны с гидроксидами Fe и Mn и как бы растворены в их аморфной массе, не занимая определённого структурного положения. В гидрооксидах Fe и Mn цветные металлы, по-видимому, рассеяны в виде молекул или ионов.

Таким образом, выделить их из рудной массы в виде рудных минералов, как это обычно делается при обогащении руд, невозможно. Поэтому извлечение металлов из конкреций — новая для металлургов задача, ранее не встречавшаяся при металлургической переработке руд цветных металлов.

Кроме того, в конкрециях содержится большое количество радиоактивных, рассеянных и редких элементов. Предполагается, что накопление этих элементов осуществляется путём «поглощения» их коллоидами марганца и Fe из морской воды. Многие исследователи происхождения многих элементов Ni, Co, Cu, Pb, Zn и др. и их концентрацию в конкрециях связывают с вулканическим процессом.

До сегодняшнего дня генезис образования конкреций не ясен. Проблема генезиса железомарганцевых конкреций обсуждается многими исследователями и сопряжена с проблемой скорости их роста. Согласно результатам

датирования конкреций традиционными радиометрическими методами, скорость их роста оценивается миллиметрами за миллион лет, т. е. намного ниже скоростей отложения осадков. По другим данным, в частности по возрасту органических остатков и по изотопному составу гелия, конкреции растут в сотни и тысячи раз быстрее и могут, как предполагают, оказаться моложе подстилающих осадков.

Для подтверждения первой точки зрения требуется объяснить, почему конкреции не перекрываются относительно быстро накапливающимися осадками, для подтверждения второй — откуда за относительно короткое время поступила колоссальная масса марганца, необходимая для формирования конкреций в масштабах всего океана.

В первом случае предлагался ряд объяснений, например: активность переворачивающих конкреции донных организмов, воздействие придонных течений, поддерживающих конкреции «на плаву», тектонические толчки, встряхивающие донные отложения. Для обоснования второй теории доказано, что Mn выщелачивается из магмы во время подводного извержения и отлагается в виде гнёзд, карманов и плитовидных скоплений близ кровли лавовых потоков. Подобная ситуация наблюдается в марганцевых и медных залежах раннемелового возраста в провинции Коквимбо (Чили).

Не исключается также возможность биологической экстракции марганца из морской воды фораминиферами. После массовой гибели этих микроорганизмов на морском дне происходит накопление из известняковых раковин, которые затем частично, либо полностью растворяются. Некоторые считают, что лишь при помощи этого процесса можно объяснить те высокие концентрации, которые отмечаются в конкрециях и некоторых осадках.

1. *Макайт Д. К., Аскарлова Н. С.* Инновация в технике, технологии и образовании. Караганда, 2012. С. 125—127.
2. *Бакенов М. М.* Нетрадиционные и новые виды полезных ископаемых Казахстана. Алматы: КазНТУ, 2008. 140 с.
3. *Гурвич Е. Г.* Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Научный Мир, 1998. 340 с.
4. http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/05_02/OCEAN.htm
5. <http://topsportrussia.info/glubiny/133.html>. Добыча железомарганцевых конкреций. Изучение и освоение. Добыча железомарганцевых конкреций — Руды океана.

Е. Г. Мещеряков

Карагандинский государственный технический университет

МОНАЦИТОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ ИЗ ГРАНИТОИДОВ ТОКРАУСКОГО ПЛУТОНА

Получившие развитие отрасли в Республике Казахстан, такие как горнодобывающая, обуславливают увеличение области поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, в т. ч. инновационных видов минерального сырья, используемых в различных отраслях промышленности. Одним из направлений является добыча редкоземельных металлов. На территории Балхашского горно-металлургического комбината (ГМК) были проведены исследования аксессуаров в искусственных шлихах из гранитоидов Казахстана. Полученные научные результаты будут служить дальнейшему развитию ресурсосберегающих технологий.

Основным объектом поисков являлись редкие и редкоземельные элементы. В ходе работ, проводимых на территории Балхашского ГМК, были отобраны пробы, в которых впоследствии было зафиксировано наличие минерала монацит-La при помощи минералогического и геохимического методов.

Монацит — один из источников получения лёгких лантаноидов и Th, отчасти Y. Монацитовые концентраты из россыпей получают гравитационными методами (включая отсадку, обогащение в тяжёлых суспензиях, на концентратных столах и винтовых сепараторах); при доводке и разделении коллективных концентратов используют комбинированные схемы (электромагнитную и электрическую сепарацию, гравитацию и флотацию с жирными кислотами). Извлечение монацита из коренных тонковкрапленных руд производится флотацией с олеиновой и другими жирными кислотами, а также с реагентом ИМ-50.

Ниже представлена схема обогащения и добычи монацита, которую предлагается использовать на территории данного комплекса.

Грубый монацитовый концентрат, снимаемый со шлюзов, содержит большое количество бесполезной лёгкой фракции и для её дальнейшего отделения поступает на дополнительную промывку. В результате этой операции большая часть лёгких частиц и песка уходит в отходы-хвосты, а остается монацитовый концентрат, который может содержать до 40—50 % монацита.

Измельченный монацитовый концентрат (0,15—0,1 мм) разлагают концентрированной серной кислотой при 180—200 °С. Расход серной кислоты зависит от состава концентрата и равен примерно 1,5—2 г на 1 т концентрата, что в 2,5—3 раза превышает теоретически необходимое количество. При этом следует учитывать, что часть серной кислоты теряется вследствие испарения. Разложение ведут в стальных или чугунных аппаратах периодического действия с мешалкой или в барабанных вращающихся сульфатизаторах с автоматической подачей серной кислоты и концентрата и непрерывной выгрузкой получаемого продукта. Должно быть предусмотрено полное улавливание паров серной кислоты с помощью скрубберов или электрофильтров.

Процесс переработки монацитовых концентратов сводится к следующим основным операциям: 1) вскрытие концентрата с получением растворимых в минеральных кислотах соединений редкоземельных элементов (TR) и Th;

2) перевод в раствор TR и Th; 3) отделение Th и TR от фосфат-иона; 4) разделение TR и Th; 5) получение индивидуальных TR.

При щелочном методе монацитовый концентрат обрабатывают раствором едкого натра, сплавляют с едким натром или спекают с содой.

Для осуществления процесса измельченный до 100—200 меш монацитовый концентрат вносят в концентрированную серную кислоту, нагретую до 200—240 °С.

Представляет интерес анализ количественных данных по извлечению Th и U из монацитового концентрата при обработке едким натром при 200 °С. Если извлечение U удовлетворительно, то содержание оставшегося U довольно велико для отвала.

В последние годы в промышленной практике получил распространение способ разложения монацитовых концентратов растворами щелочи.

В настоящей работе для группового разделения TR были использованы: 1) исходный монацитовый концентрат редких земель; 2) концентрат TR, полученный после удаления Се и основной массы La; 3) ряд промежуточных концентратов, обогащённых элементами иттриевой подгруппы.

Мезоторий — $M\text{Th}_1$ выделяют из растворов, содержащих Th и получаемых при обработке монацитового концентрата раствором хлорида Ва.

Оптимальным режимом сульфатизации, по данным исследований, проведённых в США, является обработка монацитового концентрата 93 % H_2SO_4 при соотношении кислоты и концентрата от 1,6 : 1 до 2,5 : 1 и начальной температуре 155 °С с последующим её подъёмом до 200 °С за счёт теплоты реакции.

Навеску в 10—20 г измельченного до 100 меш ($d = 0,147$ мм) монацитового концентрата вводят в серную кислоту, предварительно выпаренную до появления её паров.

Монацит (Ce , La) PO_4 разлагается в концентрированной хлорной кислоте, а также в фосфорной кислоте при 350 °С. Монацитовые концентраты иногда сплавляют с бифторидом К.

Соединения Th обычно получают при переработке монацитового песка. Монацитовый концентрат обрабатывают при 200—250 °С концентрированной серной кислотой и, после охлаждения, водой. Отделенный от осадка прозрачный раствор нейтрализуют аммиаком; при этом, в первую очередь, выделяются фосфаты Th и, частично, фосфаты TR.

Монацит подвергают обогащению электромагнитной сепарацией. Монацитовый концентрат вскрывают кислотным или щелочным способом.

Известная технология вскрытия перечисленных руд предусматривает обработку концентратов химическими реагентами. Например, вскрытие монацитового концентрата проводят концентрированной серной кислотой, спеканием с едким натром или кальцинированной содой.

Различные технологические схемы сернокислотного способа переработки монацитовых концентратов отличаются одна от другой вариантами выделения из сернокислых растворов ториевого концентрата и концентрата TR.

Методы разложения редкоземельного сырья весьма разнообразны, выбор их в каждом конкретном случае определяется, прежде всего, составом исходного сырья. Технология его переработки разработана ранее другого сырья и внедрена в промышленность во многих странах. В настоящее время монацитовые концентраты перерабатывают двумя методами: 1) сернокислотным, 2) щелочным.

Первая стадия концентрирования происходит уже на драге. При такой разнице в весе гравитационное разделение не представляет особого труда. Поэтому, чтобы получить монацитовый концентрат чистотой 92—96 %, применяют комплекс гравитационных, магнитных и электростатических методов обогащения. В результате попутно получают ильменитовый, рутиловый, цирконовый и другие ценные концентраты.

1. Вернадский В. И. О монацитовых песках в Нерчинском округе // Изв. Имп. Акад. наук. Сер. 6. 1911. Т. 5, № 8. С. 605—606.
2. Головачев А. Ф., Сальдау Э. П. О гипергенном изменении монацита // Зап. РМО. 2007. Ч. 136, вып. 2. С. 74—78.
3. Майорова Т. П., Литовко В. А., Никитенко И. П. Находка чёрного монацита на Приполярном Урале // Тр. Ин-та геол. Коми науч. центра АН СССР. 1989. № 72. С. 77—84.
4. Репина С. А. Монацит как индикатор условий образования кварцевых жил месторождения Желанное (Приполярный Урал) // Зап. РМО. 2007. Ч. 136, вып. 4. С. 81—97.
5. Репина С. А. Типохимизм монацита кварцевожилных и Au-Pd-Th-гео-месторождений Приполярного Урала // Минералогия Урала-2007: Матер. V Всерос. совещ. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2007. С. 240—246.
6. American Mineralogist. 1966. N 51. P. 152.
7. Наука и жизнь. 2001. № 11. С. 40; 2002. № 7. С. 9.
8. Геологический словарь: В 2 т. М.: Недра, 1973. Т. 1. С. 30; Т. 2. С. 164, 319, 320.
9. Исследование по оценке радиационной обстановки на территории филиала комбината «Победа» и за его пределами // ВНИИПромтехнология. Екатеринбург, 1990. 34 с.
10. Трапезников А. В., Юшков П. И., Итин А. П. и др. Отчёт научно-исследовательской работы «Проведение радиационных измерений в хранилищах и на территории ОГУ «Уралмонацит». Составление радиационной схемы хранилища. Екатеринбург: Ин-т экологии растений и животных УрО РАН, отдел континентальной радиоэкологии, 1998. 245 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОГНОЗНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЛИЙНЫХ РУД ПРИПЯТСКОГО КАЛИЕНОСНОГО БАССЕЙНА

Наряду с разработкой новых перспективных участков на калийные соли повышение эффективности разработки месторождений и технологического передела калийных руд являются необходимыми условиями устойчивого развития калийной отрасли в Беларуси. Особую важность эти направления приобретают в настоящее время, когда идет подготовка к освоению Петриковского месторождения, отличающегося от Старобинского по горнотехническим условиям и качественным параметрам калийных руд. Сложная и многостадийная генетическая природа калийных руд, определяющая изменение структурно-текстурных параметров и, соответственно свойств, приводит к усложнению технологического прогноза и контроля за процессами рудоподготовки и обогащения.

Геологическая обстановка, генезис калиевмещающих формаций, динамика осадконакопления и процессы перекристаллизации соляных пород находят своё отражение как в макро-, так и микропоказателях. Геологические процессы, формирующие калийные руды, опосредованно являются критериями и факторами обогатимости, и поэтому необходимо учитывать взаимосвязь технологических свойств с характером тектонических проявлений, которые в значительной степени предопределяют закономерности пространственной изменчивости, следовательно, и закономерности изменчивости технологических показателей обогащения.

Структурные факторы контролируют пространственное распределение парагенетических ассоциаций. В Припятском калиеносном бассейне внутри калийной фации развиты две гиперсоляные ассоциации — красноцветная и пестроцветная. Структурно-вещественная характеристика ассоциаций существенно различается. Основная масса калийных руд промышленных калийных горизонтов Старобинского месторождения относится к гиперсоляной красноцветной ассоциации, а Петриковского — к пестроцветной.

Изучение структурно-вещественного состава калийных залежей в горном массиве на материалах керна поисково-разведочных скважин и при проходке горных выработок является неотъемлемой частью геологических исследований, позволяющей прогнозировать качественные и количественные показатели минерального сырья. Задачи изучения меняются в соответствии с целями проводимых работ и усложняются с повышением требований к детальности изучения: от разработки поисковых признаков и критериев прогноза до комплексной оценки состава калийных залежей.

Прогнозно-технологическая оценка на всех стадиях геологоразведочного процесса играет особую роль. Она решает ряд задач, которые напрямую определяют степень извлечения полезного компонента (выбор режима рудоподготовки, выбор и последовательность технологических операций, построение технологической схемы, выбор технологического оборудования и некоторые другие).

В практике отечественной калийной промышленности, к сожалению, недооценивается значение работ геологоразведочного цикла в отношении прогнозно-технологической оценки полезного ископаемого и, тем самым, обесцениваются работы по отбору представительной технологической пробы для лабораторных исследований обогатимости, хотя именно им отдаётся приоритет при оценке качества подготовки запасов.

Эффективность геологического изучения недр напрямую связана с полнотой и достоверностью технологической оценки минерального сырья, которая должна быть ориентирована на достижение максимальной извлекаемой ценности при оптимальных затратах. Обоснованность и способы решения задач повышения извлечения, комплексности использования сырья и углубления переделов определяются в процессе достоверной технологической оценки минерального сырья на стадии изучения месторождения.

Контрастность свойств компонентов в сложных неоднородных системах калийных руд и разделительный процесс являются одними из специфических и основополагающих категорий технологического цикла. Контрастность проявляется в природно-технологическом гранулометрическом спектре как на стадии рудоподготовки, так и в различных узлах технологической схемы. Качество продукта определяется его технологическими свойствами. Химический состав не даёт полного представления о степени извлечения полезного компонента — сильвина. По степени извлечения минеральная форма рассматривается как извлекаемая, трудноизвлекаемая, неизвлекаемая.

Важнейшие технологические особенности руд (степень обогатимости руд, степень извлечения сильвина, выбор схем обогащения) целиком зависят от их генезиса, т. к. механизмы или способы формирования соляных пород оказывают решающее влияние на морфологию, гранулометрию зёрен сильвина и галита, структурно-текстурные особенности сильвинитовых руд, количество попутных ценных компонентов (Br, Rb), характеризующее комплексность руд.

В основе требований к прогнозно-технологической оценке лежит выделение природных генетических типов, чёткое представление о макроскопических критериях выделения типов и сортов, легко определяемых при разведке, определение критериев для выделения и характеристики технологических типов и сортов калийных руд, определение количественных показателей для отнесения калийной руды к тому или иному технологическому типу

(сорт), оценка обогатимости калийных руд, связь критериев с показателями обогащения, единообразие норм и признаков для выделяемых единиц классификации.

Критерии обогатимости сильвинитовых руд могут быть объединены в несколько крупных групп. При этом вещественный состав сильвинитовых руд объединяет минералогические критерии и критерии химического состава. В свою очередь, от типоморфных признаков минералов (морфолого-гранулометрические — морфология, гранулометрия зёрен, их облик и габитус, дисперсность) зависят основные технологические свойства и поведение руды при обогащении. Последнее очень важно при рудоподготовке и поиске новых методов обогащения.

Таким образом, в основу методологических принципов прогнозно-технологической оценки положены методы и технические средства оценки параметров и проведение минералого-технологических исследований, в рамках картирования на основе малообъёмных проб. Сюда же мы включаем и проблемы терминологии. В основе лежит понятие технологической минералогии: частица. При этом частица, состоящая из одного минерала — свободное зерно. В процессе дробления сильвинитов калийных залежей красноцветной ассоциации получены как простые, так и агломерированные свободные зёрна, что, несомненно, связано с почти мономинеральными микро-мелкозернистыми прослоями сильвинитов. С формой минеральных частиц связана величина коэффициента трения: идиоморфные изометричные частицы с наибольшим коэффициентом трения извлекаются лучше, чем удлинённые, тонкопризматические и пластинчатые. Классификация сростков проводится как по минеральному составу (простые — двойные и сложные — тройные, реже четверные), так и по содержанию полезного компонента (бедные и богатые). При этом оценивается характер границ сростания солевых минералов, влияющих на прочностные свойства руд. Оценка опознаваемости и оценка выявляемости

Методику минералого-технологического картирования следует рассматривать как разновидность технологического картирования, решающую узкие задачи для оценки специфики вещественного состава промышленных калийных залежей, которая очень важна для отбора представительной технологической пробы, характеризующей средние значения показателей руд для данного участка.

В процессе подготовки схемы технологического передела (разработки алгоритма прогнозно-технологической оценки) необходимо исследование минерального (фазового) состава сильвинитов; массового размера минералов, гранулометрического спектра — распределения частиц и зёрен минералов (сильвина, галита, галопелитов) по крупности в не вскрытой руде (исходном сырье); характера границ сростания частиц и зёрен в исходной руде; распределения частиц и зёрен минералов по классам крупности в измельченном материале разной степени дробления руд; степени раскрытия сильвина; распределения минералов по технологическим продуктам. По результатам дробления (измельчения) руды возможен количественный прогноз с оценкой свободных зёрен минералов и богатых сростков, в соответствии с плотностью, поступающих в концентрат; сростков в промпродуктовой фракции и бедных сростков, теряющиеся в хвостах (отвальной фракции). Каждый из элементов базовой структурно-морфологической оценки (площадь A — мм²; длина L — мм; ширина B — мм; периметр P — мм; удлинение L/B ; фактор формы (округлость) $C = 4\pi AP^2$; коэффициент сростания $= (4F)/U$), выполняет свою определённую функцию в дезинтеграции (разделении) руды и других обогатительных операциях.

Характер сростаний связан со спецификой текстурно-структурных особенностей. Морфологические различия сростков определяются генетическими причинами. На характер сростков влияет: вкрапленные и гипидиоморфные структуры в прослоях сильвинитов, наличие вкрапленности сильвина в прослоях внутрислоевой каменной соли. Наличие вростков, микровключений в зёрнах полезного минерала (субмикрозернистая структура), присутствие сростков, а также компоненты, образующие при переработке сильвинитовых руд группу вредных примесей (растворимые минералы, повышенное содержание нерастворимого остатка) характеризуют структурно-генетические (неизбежные) потери. Доля неизбежных потерь составляет до 70—80 % от суммы общих потерь.

Методика прогнозно-технологической оценки основывается на сочетании исследования калийных руд в горном массиве в шлифах и в раздробленных пробах. Максимальное раскрытие зёрен сильвина и галита происходит при дроблении руды до естественных размеров зёрен. За основу дробления при рудоподготовке принимается естественный гранулометрический спектр зёрен или свободных частиц полезного компонента — сильвина. Естественный размерный спектр оценивается на основании гранулометрического анализа соляных пород в шлифах. Однако подсчёты минеральных зёрен и оценка спектра размерности соляных пород дают достаточную точность (до 5 %) лишь для разнотернистых и достаточно крупнозернистых пород. При наличии микрозернистых структур, определение естественного гранулометрического состава в шлифах практически теряет смысл и имеет значение лишь для характеристики сростков галита и сильвина. При дезинтеграции породы и последующем расसेве зёрен соляных минералов происходит разрушение и искажение истинных размеров зёрен (малая твёрдость и большая хрупкость). Оценка выхода представительного класса крупности и среднего диаметра частиц позволяют скорректировать процесс дробления и улучшить его параметры. Разница в содержании сильвина в представительном классе в сравнении с верхним и нижними классами называется контрастностью: высококонтрастные руды — до 25 % сильвина, среднеконтрастные — до 10—20 %; малококонтрастные — до 5 %. Установлено также последовательное накопление карналлита и нерастворимого остатка от крупных к мелким фракциям.

По результатам измерений отмечается определённая параллелизация между ходом кривой раскрытия и коэффициентом сростания: в крупнозернистых разностях красных сильвинитов Старобинского месторождения с размером зёрен до 5 мм коэффициент сростания составляет 3,1 мм, а для зёрен до 3 мм — 1,5 мм. Сростание может быть охарактеризовано от средне до крупно — т. е. 75 % сильвина раскрытие сильвина в классе с величиной зерна при-

близительно 0,8 мм. Показатель коэффициента срастания — доля периметра зерна или агрегата, приходящаяся на каждый контактирующий с ним минерал.

Основная задача высвобождение (раскрытие) минералов из сростков (раскалывание по межминеральным границам) без их переизмельчения, т. к. нередко переизмельченные частицы других минералов затрудняют их сепарацию. Для калийных руд Старобинского месторождения сама проблема рудоподготовки достаточно неоднозначна. Действительно размер единичных зёрен измеряемых в шлифах составляет в основном менее 1 мм и этим в основном определяется режим дробления руды в настоящее время. Для самостоятельных микро-мелкозернистых и микрозернистых прослоев сильвинитов в горизонтах старобинского типа характерно очень высокое содержание сильвина (до 96—98 %), и при дроблении происходит переизмельчение руды — разрушение почти мономинеральных агрегатов сильвиновых зёрен. Высокое содержание галита в добываемой руде (ее разубоживание), приводящее к формированию рядовых руд, связано со слоистым строением (переслаивание с прослоями каменной соли), а усреднение гранулометрического спектра руды происходит не только при валовом, но и при селективном варианте отработки.

Для оценки прогноза получаемых продуктов передела используется и фазовый анализ в тяжёлых жидкостях. Безусловно, этот приём усложняет и удорожает проводимые исследования, однако результаты его позволяют с большей уверенностью выяснять причины снижения извлекаемости полезного компонента. Как известно, объёмный вес минералов калийных горизонтов красноцветной ассоциации Старобинского месторождения составляет обычно для красных сильвинитов: 1,98—2,05 г/см³, для каменной соли: 2,10—2,17 г/см³, но в случае большого количества газово-жидких включений или вростков карналлита в сильвине, как это наблюдается в рудах Петриковского месторождения, объёмный вес снижается до 1,96—1,98.

Большое значение имеет агрегатный и минеральный состав галопелитов, составляющих основу нерастворимого остатка руд и формирующих в процессе передела шламы. Особенно важно знание этих показателей для сильвинитов красноцветной ассоциации

Изученные в результате микроскопического, ситового и фракционного анализа технологические свойства руд II и III горизонтов Нежинского участка совместно с технологами ОАО «Белгорхимпром» показали, что при наличии соответствующего технологического оборудования получение кондиционного концентрата возможно из руды, раздробленной до крупности — 3,15 мм.

На основании полученных данных фракционного анализа можно утверждать, что высокая степень высвобождения чистых зёрен сильвина для руд I калийного горизонта на Нежинском участке достигается уже при дроблении исходной руды до крупности — 5,0 мм. По всей вероятности, процесс можно вести с закрупнением питания флотации, в зависимости от режима флотации во флотомашинах. Закрупнение позволит повысить селективность флотационного процесса и снизить потери КС1 со шламовым продуктом.

Н. С. Петрова¹, Н. Ю. Денисова²

¹ Белорусский государственный университет

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЛИЙНЫХ РУД ЗАЛЕЖЕЙ СМОЛОВСКОГО, НЕЖИНСКОГО УЧАСТКОВ И ДЕЙСТВУЮЩИХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На основе изучения петрографических особенностей сильвинитов I, II и III промышленных калийных горизонтов Смоловского участка проведён сравнительный анализ с рудами аналогичных горизонтов на Нежинском участке и шахтном поле 5 РУ (ранее — Краснослободский участок).

Практическое значение этих исследований несомненно, т. к. ещё до проведения технологических исследований предполагалось показать, насколько руды калийных горизонтов Смоловского участка сходны с рудами расположенного рядом Нежинского участка и шахтных полей Старобинского месторождения. Это сравнение также важно, потому что для подсчёта запасов на Смоловском участке ранее были приняты кондиции Краснослободского участка. Основное промышленное значение в пределах Смоловского участка имеет продуктивный пласт III калийного горизонта, запасы руды которого по категориям С₁ и С₂ составляют 1 647,26 млн т сырых солей (309,27 млн т К₂O) по комбинированному варианту отработки или 1 358,81 млн т сырых солей (298 млн т) по селективному варианту. Запасы руд этого горизонта достаточны для строительства крупного калийного предприятия по производству калийных удобрений. Запасы руд I горизонта при валовом варианте отработки классифицированы по категории С₂ в количестве 408,29 млн т сырых солей (78,08 млн т К₂O).

При сравнении учитывались: мощность слоёв, количество в них пакетов, мощность сильвинитовых прослоев (индивидуальная и суммарная), мощность прослоев галопелитов (индивидуальная и суммарная), окраска сильвинитов и особенности структуры, состав галопелитов. Основное внимание при исследовании было уделено образованиям III калийного горизонта, представляющего наибольший промышленный интерес.

В составе нижнего сильвинитового (продуктивного) пласта III калийного горизонта выделяется четыре сильвинитовых слоя, разделённых каменной солью. На Смоловском участке, как и на Нежинском и действующих шахтных полях Старобинского месторождения сильвинитовый слой 1 из-за малой мощности и бедных по составу руд не имеет промышленного значения. Требованиям кондиций по мощности и качеству отвечают слои 2, 3 и 4. Слои 2 и 3 совместно с разделяющей их каменной солью включаются в продуктивные пласты различного объёма для отработки их валовым способом. Наиболее мощный слой 4, отстоящий от остальных на значительный по мощности интервал каменной соли, отрабатывается селективным методом.

На Нежинском участке мощность слоя 2 близкая (0,54—0,77 см), но в нём меньше галопелитового материала. Мощность галопелитовых прослоев не превышает 2—5 см. Суммарная их мощность составляет 3—4 см на юге и 10—12 см на севере участка, т. е. вдвое меньше, чем на Смоловском участке.

В качестве общей закономерности можно отметить, что в нижнем сильвинитовом пласте мощности галопелитовых прослоев и в целом количество несоляных примесей возрастает вверх по разрезу, а по площади с юга на север. Как мощность слоёв, так и суммарная мощность сильвинитов закономерно возрастают с запада на восток.

Сопоставление гранулометрического спектра сильвинитов нижнего сильвинитового пласта III калийного горизонта на Смоловском участке с имеющимися аналогичными данными по шахтным полям Старобинского месторождения показало, что содержание фракций менее 1 мм, 1—3 мм и более 3 мм испытывают колебания одного порядка (таблица). Наиболее устойчива фракция более 3 мм. Увеличение её доли в слое 4 на Смоловском участке объясняется возрастанием роли вторичных структур («очковые сильвиниты»), с которыми связаны процессы осветления и укрупнения зерен сильвина. Безусловно, при проведении на Смоловском участке детальной разведки необходимо учитывать взаимосвязь различий структурно-текстурных и других особенностей состава с характером тектонических проявлений, которые в значительной степени определяют закономерности пространственной изменчивости, а, следовательно, и закономерности изменения структур и текстур сильвинитов, от которых зависят технологические показатели обогащения.

Таблица — Содержание гранулометрических фракций в сильвинитах III калийного горизонта на разных участках Старобинского месторождения

Участок	Слой	Содержание фракций, %		
		менее 1 мм	1—3 мм	более 3 мм
Шахтное поле 5 РУ	4	33	51	16
Шахтное поле 2 РУ	4	25	57	18
Нежинский	4	35	42	23
Смоловский, скв. 848, 850	4	25	40	35
Шахтное поле 5 РУ	3	39	44	17
Шахтное поле 2 РУ	3	35	53	12
Нежинский	3	48	39	13
Смоловский, скв. 848, 850	3	49	37	14
Шахтное поле 5 РУ	2	59	31	10
Шахтное поле 2 РУ	2	43	43	16
Нежинский	2	46	39	15
Смоловский, скв. 848, 850	2	42	42	16

В разрезе I калийного горизонта на Смоловском участке выделяется до девяти сильвинитовых слоёв (мощность 0,10—0,60 м). Из-за малой мощности ни один из них не может быть использован в качестве самостоятельного объекта для промышленной отработки. В продуктивный пласт выделено сочетание ряда сильвинитовых слоёв, расположенных в средней части разреза и разделённых слоями каменной соли небольшой мощности (сильвинитовые слои 4, 5 и 6, реже 7). При сопоставлении строения I калийного горизонта на всей площади западной части Припятского калиеносного бассейна обнаруживается, что с запада на восток увеличивается мощность горизонта в целом за счёт слоёв промежуточной каменной соли и галопелитов и достраивания (новые сильвинитовые слои) сверху. Сильвинитовые слои при этом хорошо сохраняют свои мощности и строение. Так, на площади шахтных полей 1, 2 и 3 РУ разрез горизонта заканчивается слоем 5, восточнее (4 РУ) появляется слой 6, на Нежинском участке — слой 7, а Смоловском — 8 и даже 9 слои.

При сравнении слоёв сильвинитов и каменной соли на Смоловском и Нежинском участках выявлены и близкие мощности, и близкие структурно-текстурные особенности сильвинитов. Однако для слоёв каменной соли на Нежинском участке характерно более высокое содержание нерастворимых примесей (возрастание суммарной мощности галопелитовых прослоев).

В качестве характерной особенности следует отметить увеличение с запада на восток прослоев слабоокрашенных и молочно-белых сильвинитов. А т. к. структура и окраска тесно коррелируют, то там где преобладают тёмноокрашенные сильвиниты развиты в основном микро-мелкозернистые структуры, а где — светлоокрашенные — мелко- и среднезернистые.

Несоляные породы калийных горизонтов Смоловского участка представлены засоленными глинами (в различной степени карбонатными и засульфаченными) иногда переходящими в глинистые мергели. Галопелиты — тём-

ные, зеленовато-серые, серые с зеленоватым оттенком, в различной степени крепкие (от рыхлых, мягких до довольно крепких), неяснослоистые, листоватые и тонколистоватые. Они содержат в различном количестве включения отдельных зёрен и гнёзд галита, линзовидные прослойки оранжево-красной и буровато-серой мелкозернистой каменной соли, трещины, выполненные волокнистым галитом.

Большая часть исследованных образцов была отобрана по I и III калийным горизонтам, которые на Смоловском участке являются промышленными. Отдельные образцы были взяты и по II горизонту, разрез которого характеризуется особой чистотой.

Сравнение галопелитов III калийного горизонта на Смоловском участке с аналогичными образованиями на других площадях развития этого горизонта показало отсутствие резких различий в их составе, хотя суммарное содержание хлоридов меньше за счёт снижения роли хлористого K в исследованных образцах галопелитов сильвинитовых слоёв. Одной из характерных особенностей несоляных прослоев Смоловского участка является возрастание доли хлоридов Ca и Mg в суммарном содержании хлоридов (от 2 до 5 раз). Содержание сульфата Ca в галопелитах на Смоловском участке несколько выше, чем на Нежинском, но ниже, чем на западе Старобинского месторождения (шахтные поля 2 и 5 РУ).

Распределение суммарного содержания хлоридов в галопелитах продуктивного пласта I калийного горизонта и поведение отдельных хлоридов сходно с аналогичными образованиями на Нежинском участке, где этот горизонт также имеет промышленное значение. Содержание сульфата Ca несколько возрастает с увеличением мощности прослоя галопелитов и близко к средним его значениям в галопелитах I горизонта на Нежинском участке.

Из карбонатных минералов в большинстве образцов устанавливается только доломит. Содержание кальцита ниже предела обнаружения (0,1 %) и только в пробах нижней части горизонта (ниже слоя 1 и в слое 1—2) обнаруживается кальцит (5,0 и 6,4 %, соответственно). Суммарное содержание карбонатов достигает 28,1 %. Сравнение галопелитов I калийного горизонта на Смоловском и Нежинском участках показало, что среднее суммарное содержание карбонатов (15,7 % по сравнению с 20,0 %) и кальцита ниже на Смоловском. Кроме того, в разрезе горизонта на Нежинском участке среди галопелитов встречаются глинисто-карбонатные (глинистые доломиты) разности несоляных пород.

По сравнению с галопелитами III калийного горизонта Смоловского участка в галопелитах I горизонта значительно ниже суммарное содержание хлоридов Ca и Mg (пределы колебаний от 0,49 до 2,52 %, среднее — 1,93 %). Однако чёткой зависимости содержаний этих компонентов от местоположения в разрезе или мощности рассматриваемых прослоев не установлено.

В связи с тем, что при подсчёте запасов калийных солей Смоловского участка использованы кондиции Краснослободского, наиболее отдаленного, представляло определённый интерес сравнение этих участков для аналогичных калийных горизонтов. Таким образом, были сопоставлены руды практически всей территории Старобинского месторождения. Установлено, что минералого-петрографические особенности практически идентичны для руд аналогичных горизонтов и вещественный состав их неизменен, но наблюдаются лишь колебания тех или иных компонентов. Отмеченные особенности сильвинитовых руд позволяют считать их стандартным для Старобинского месторождения сырьем, для которого уже существует схема обогащения.

В. П. Самодуров¹, В. Э. Кутырло²

¹ Белорусский государственный университет,

² ОАО «Белгорхимпром»

СТАДИИ ГАЛОГЕНЕЗА ЭВАПОРИТОВ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Введение. Верхнекамское месторождение калийных и калийно-магниевого солей расположено в Пермской обл. России, является крупнейшим в мире по запасам и разрабатывается с 1933 г. К настоящему времени месторождение исследовано по многим научным направлениям, включая тектонику, стратиграфию, минералогию и петрографию, изучены генетические аспекты формирования пород пермского соленосного бассейна Печеро-Камского Предураля. Данная работа посвящена апробации нового методического подхода к определению стадий и литофаций калийного соленакопления на Талицком участке Верхнекамского месторождения. Актуальность работы связана с проведением в настоящее время доразведки данного участка для подготовки его к эксплуатации.

Методы. Предлагаемый методический подход подробно изложен в [1]. В основе метода лежит положение о стойком парагенезисе садки оксидов Fe, в основном, гематита, с сильвинитами и карналлитами. В результате, калийные и калийно-магниевого соли выделяются красными оттенками пород во всех месторождениях мира. Это свойство калийных солей известно давно и всегда используется в практике геологоразведочных работ. В настоящее время, в связи с развитием компьютерных технологий, появились возможности цветового анализа пород, в т. ч. цифровых фотографий керна скважин. Это позволяет проводить анализ распределения гематита в геологическом разрезе на основе индикаторов цветности пород.

Было предложено два индикатора в цветовом пространстве RGB: R/B—1 и R/G—1. Цветовое пространство RGB (R — красный, G — зелёный, B — синий) особенно подходит для изучения геологических объектов, т. к. основные природные хромофоры чаще всего образуют минеральные пигменты красного, зелёного, жёлтого, бурого, реже синего цвета. Гематит (Fe_2O_3) является очень сильным пигментом красного цвета, что обуславливает высокую чувствительность обнаружения его в породе. С другой стороны, хорошо известно, что закисное Fe является относительно слабым хромофором зелёного цвета, поэтому глины, содержащие закисное Fe, часто обладают зеленоватым оттенком. Предложенные цветные индикаторы хорошо выявляют присутствие гематита в породе и его распределение в геологическом разрезе, что позволяет изучать стадии калийного солеобразования эвапоритов.

Результаты. В строении разреза скв. Талицкая 2ст выделяется нижняя сильвинитовая зона и верхняя карналлитовая [2]. Сильвинитовая зона $\text{P}_1\text{K}_2(\text{br}_3^{\text{sil}})$ залегает в интервале глубин 302,10—316,55 м (мощность 14,45 м). Сильвиниты в этой зоне красные, полосчатые (3—8 см), переслаивающиеся с серой каменной солью (1—5 см) и глинистыми прослоями (1—3 мм). В результате литологических исследований в составе сильвинитовой зоны скв. Талицкая 2ст были выделены пласты: КрIII (нижний, глуб. 309,75—310,60 м, мощн. 0,83 м), пласт КрII (глуб. 306,45—309,85 м, мощн. 3,40 м), пласт КрI (глуб. 304,50—305,15 м, мощн. 0,65 м) и пласт А (верхний, глуб. 302,10—302,95 м, мощн. 0,85 м). Выше залегает карналлитовая зона, которая сложена чередующимися пластами калийно-магниевого солей с индексами от Б до К. Все сильвинитовые и карналлитовые пласты и отдельные слои в составе этих пластов хорошо выделяются по диаграммам распределения гематита. На рисунке 1 представлены диаграммы распределения гематита и гамма-каротажа в сильвинитовой зоне скв. Талицкая 2 ст, а на рисунке 2 приведено сравнение диаграммы гамма-каротажа и гематитового индикатора R/B—1 в карналлитовом пласте И (глуб. 270,60—273,30 м, мощность 2,70 м).

Диаграммы гамма-каротажа и распределения гематита в разрезе качественно совпадают, однако, отмечаются и существенные различия. Основное различие состоит в разрешении этих методов. Аппаратурное окно гамма-каротажа составляет 0,5—1,0 м, а разрешение цифровых фотографий при выполнении данной работы составило 1,43 мм, но может быть и намного выше (до 0,01 мм). Поэтому на диаграмме ГК проявляются только усредненные общие характеристики распределения калиеносных пород. Маломощные калийные слои с достаточно высоким содержанием KCl преобразуются на диаграммах ГК в «сглаженные» широкие пики умеренной интенсивности. Таким образом, большое аппаратное окно ГК искажает (сглаживает) истинное распределение калиеносных пород в разрезе скважин, а диаграмма «гематитометрии» позволяет уточнить распределение калийных солей в разрезе, особенно в маломощных слоях.

Следует отметить, что гамма-активность карналлита намного меньше, чем у сильвина, т. к. в сильвине содержится 52,5 % K, а в карналлите — 14,1 %. Поэтому карналлитовые пласты в скв. Талицкая 2ст характеризуются активностями 14—18 мкР/час, а сильвинитовые пласты — 35—50 мкР/час. Это позволяет различать пласты этих пород по данным гамма-каротажа. Гематитовый индикатор R/B—1 не показывает таких резких отличий в карналлитах и сильвинитах, т. к. он не связан напрямую с содержанием K, а определяется присутствием в породе гематита.

Цветной гематитовый показатель R/B—1 может рассматриваться как минералогический индикатор аналогичный геохимическому индикатору — бром/хлорному отношению [3]. Этот геохимический индикатор стадий галогенеза используется разными исследователями в разных представлениях: в содержании Br в составе пород, в отношениях $\text{Br}/\text{Cl} \times 1000$, в отношениях Cl/Br . Бром/хлорный показатель строго применим только к хлоридам, а при изучении сульфатов, карбонатов и глин лучше подходит прямое определение содержания Br. Сопоставление предлагаемых показателей цветности в породах разных стадий галогенеза с хлор/бромным показателем, минерализацией и плотностью рассолов по [3] представлено в таблице. Породы карбонатной, сульфатной и галитовой стадий галогенеза являются сероцветными, с минимальными значениями индекса R/B—1. Цветной показатель имеет наибольшее значение 1,9 в тёмно-красных карналлитах. Сильвиниты характеризуются значительными вариациями этого показателя от 0,5 до 1,4, т. к. разные сильвиниты содержат в своём составе разное количество серого галита. Породы, содержащие эпсомит, не встречены в рамках выполнения данной работы, однако можно видеть, что каменная соль со значением показателя R/B—1 от 0,2 до 0,5 соответствует эпсомитовой стадии галогенеза. Остается неизученной бишофитовая стадия галогенеза, т. к. бишофиты — легкорастворимые соли и керн этих пород, как правило, не сохраняется.

Таблица — Гематитовые индикаторы различных стадий галогенеза [4]

Стадии галогенеза	Содержание солей, г/кг	Плотность рассола, г/см ³	Индекс Cl/Br	Индекс R/B—1	Индекс R/G—1
Карбонатная	75	1,03—1,04	300	0,02—0,05	0,001—0,02
Сульфатная	131,4	1,08—1,09	354	0,02—0,05	0,001—0,02
Галитовая	275,27	1,21—1,22	345	0,01—0,2	0,01—0,1
Эпсомитовая	325,76	1,27—1,28	75	0,2—0,5	0,1—0,2
Сильвинитовая	327,6	1,29	57	0,5—1,4	0,2—0,8
Карналлитовая	345,6	1,31	63	1,0—1,9	0,3—1,1
Бишофитовая	371,46	1,33	41—5	Нет данных	Нет данных

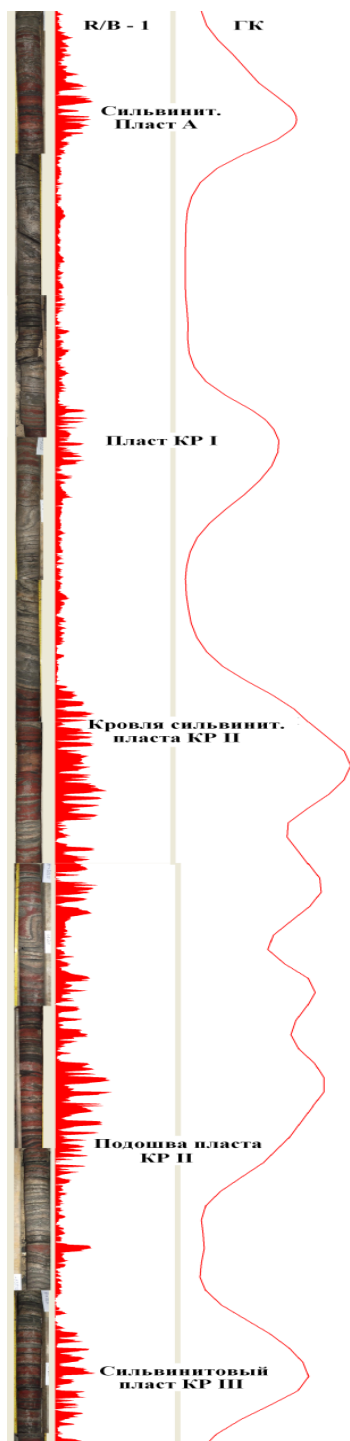


Рисунок 1 — Геологический разрез скв. Талицкая 2 и диаграмма ГК

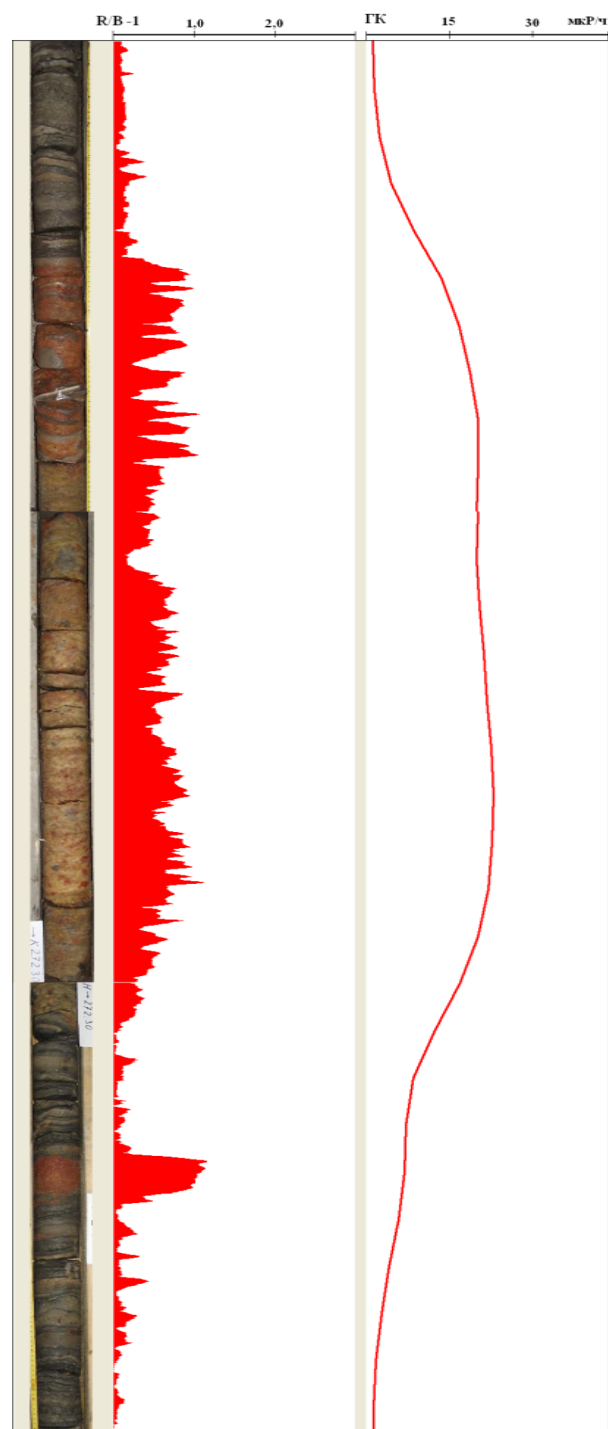


Рисунок 2 — Распределение показателя R/B—1 и диаграмма ГК в карналлитовом пласте II скв. Талицкая 2 ст

Можно видеть, что приуроченность геохимических индикаторов по Вг на разных стадиях галогенеза, в основном, совпадает с распределением гематита. Эффективность показателей по Вг начинает резко проявляться, начиная с эпсомитовой стадии галогенеза, также как и в цветных индикаторах по гематиту. Особенностью цветового анализа стадий формирования калийных и калийно-магнєвых солей является возможность представить результаты в виде диаграмм распределения показателей по глубине, аналогично другим геофизическим данным.

1. Самодуров В. П., Гречко А. М., Савченко В. В., Кутырло В. Э. Новый методический подход к выделению литофаций калиеносных галогенных формаций // Проблемы природопользования: итоги и перспективы. Минск: РУП «Минсктиппроєкт», 2012. С. 322—326.
2. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
3. Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 398 с.
4. Носарева С. П. Формирование и геохимические особенности рассолов Южного Предуралья. Пермь, 2007. 166 с.

ОПЫТ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНАХ

Введение. Инклинометрия — один из обязательных методов геофизических исследований скважин (ГИС), который постоянно используется при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых с помощью бурения. Целью инклинометрических исследований является определение пространственного положения ствола буровой скважины, которое, вследствие ряда причин, всегда отклоняется от проектного его положения. Инклинометрические измерения проводят относительно устья скважины, определяя три параметра: глубину по оси скважины, угол отклонения ствола скважины от вертикали (зенитный угол θ) и азимут α . Измерения ведут с помощью инклинометров различного типа — магнитных, электрических, фотографических и гироскопических. По данным замеров строится план (инклинграмма), который является проекцией оси скважины на горизонтальную плоскость, а также профили север—юг и запад—восток. Данные инклинометрии используются для определения истинных глубин залегания геологических объектов (глубин по вертикали), при построении карт и разрезов совместно с другими данными ГИС. Значение инклинометрии особенно возросло в настоящее время в связи с бурным развитием методов направленного бурения, которое требует точного определения положения бурового снаряда для бурения скважины в заданном направлении. В данной работе представлены созданные авторами программы обработки инклинометрических данных и обсуждаются особенности инклинометрических исследований при использовании геофизической аппаратуры разного типа.

Методы. Поиски и разведка месторождений — процесс многолетних работ многих научных и производственных организаций. В результате, первичные полевые материалы инклинометрии в скважинах накапливаются и поступают к окончательной обработке данных в разной форме. Чаще всего исходные данные получают при пошаговом измерении инклинометрических параметров с шагом квантования 10—20 м. Из-за небольшого количества данных, их вводят в программы построения инклинграмм вручную. В настоящее время инклинометры часто входят в состав комплексной геофизической аппаратуры, и тогда все измерения проводят с шагом квантования 0,1—0,2 м, а большой массив данных для компьютерной обработки результатов поступает в виде las-файлов, используемых обычно в ГИС-технологиях. Ранние данные геофизических исследований скважин были получены в своё время на аналоговой аппаратуре и хранятся в настоящее время в графическом виде как диаграммы замеров глубин по оси скважины, зенитного угла и азимута. Обработка результатов инклинометрических исследований регламентирована «Инструкцией по проведению инклинометрических исследований в скважинах» [1]. Многообразие форм исходных данных потребовало создания пакета программ по их обработке, адаптированных к импорту файлов данных, представленных в разных форматах.

Объект исследований. Аprobация программ инклинометрии выполнена на скважинах Гарлыкского месторождения калийных солей, разведка которого ведется с 1960-х гг. Исходные данные здесь представлены старыми геофизическими диаграммами, данными замеров с шагом квантования 20 м и современными las-файлами с шагом измерений 20 см. Все измерения здесь выполнены дважды, что позволяет определить влияние основных погрешностей на построение инклинграмм. Актуальность работы определяется проводимыми в настоящее время геолого-разведочными работами на Гарлыкском месторождении калийных солей.

Результаты программирования. В программной среде Delphi нами создана в двух вариантах программа обработки инклинометрических данных *Barbara 2013*: 1-й вариант — для ручного ввода данных небольших массивов, 2-й вариант — для графического построения инклинграмм исходя из las-файлов. Программа *Barbara 2013* позволяет выполнить ручной ввод данных (глубину по оси скважины, азимут и зенитный угол) непосредственно через интерфейс и сохранить эти данные в формате xls. Можно также импортировать заранее подготовленные xls-файлы.

При расчёте координат по [1] используются формулы:

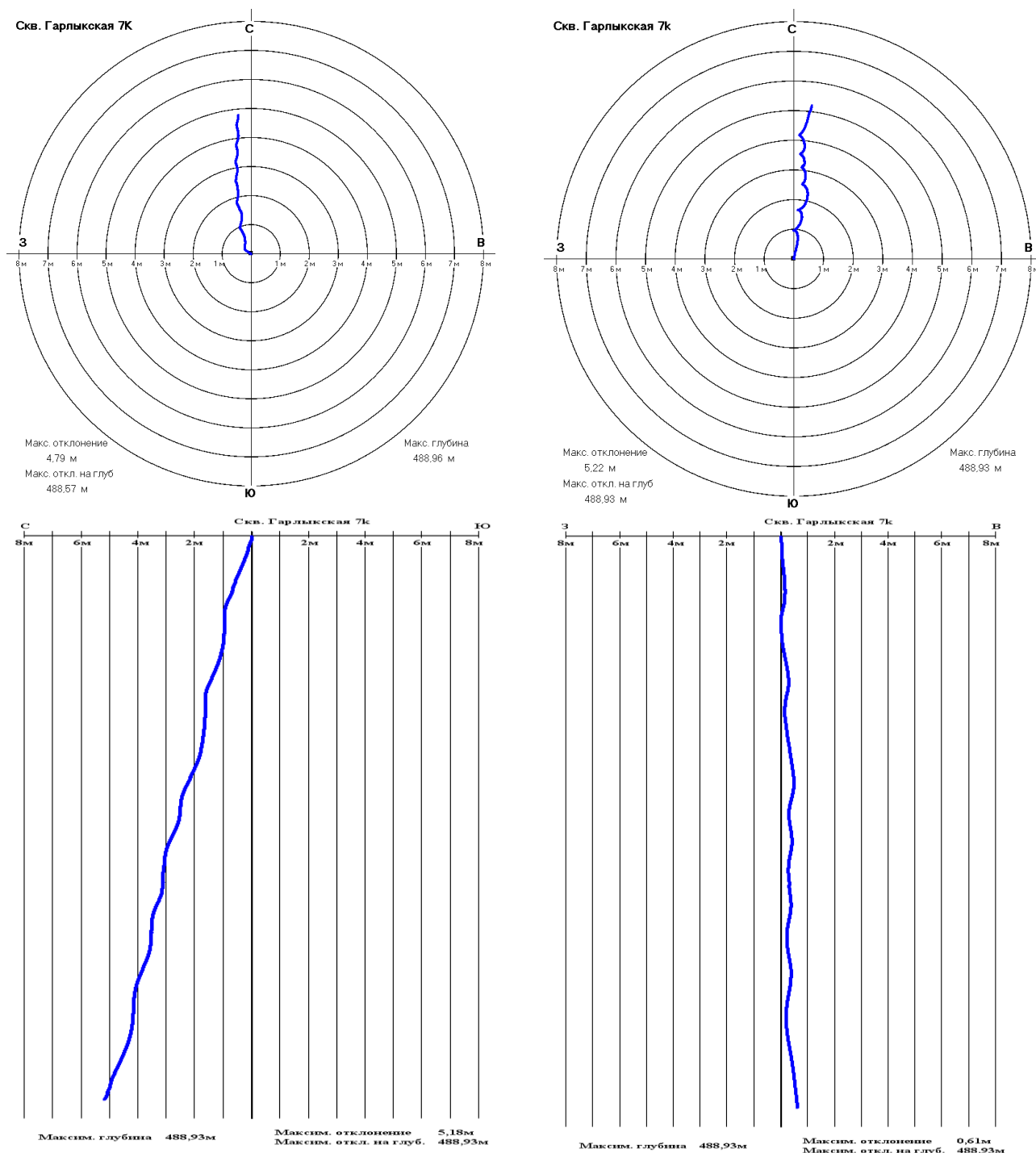
$$X_n = \sum_{i=1}^n l_i \sin \frac{\theta_{i-1} + \theta_i}{2} \cos \frac{\alpha_{i-1} + \alpha_i}{2}$$

$$Y_n = \sum_{i=1}^n l_i \sin \frac{\theta_{i-1} + \theta_i}{2} \sin \frac{\alpha_{i-1} + \alpha_i}{2}$$

$$Z_n = \sum_{i=1}^n l_i \cos \frac{\theta_{i-1} + \theta_i}{2}$$

где X_n, Y_n, Z_n — координаты определяемой точки n ; l — шаг измерений между точками $i-1$ и i ; θ_{i-1}, θ_i — зенитные углы в точках $i-1$ и i ; α_{i-1}, α_i — азимуты в точках $i-1$ и i .

В зависимости от максимального отклонения ствола скважины от вертикали, графические результаты представляются программой в трёх сечениях: 0—8 м, 0—30 м и 0—100 м. Программа даёт три графических представления: план отклонения ствола скважины от вертикали относительно устья скважины и два профиля (север—юг) и (запад—восток). На этих графических представлениях указываются также абсолютная отметка забоя скважины и глубина и значение максимального отклонения ствола скважины. Программа даёт также табличные данные инклинометрии со следующими параметрами: глубина по оси скважины (м), азимут (град.), зенитный угол (град.), отклонение в плане от вертикали (м), отклонение в профиле север — юг (м), отклонение в профиле запад — восток (м), глубина по вертикали (м). Эти данные можно экспортировать в формате xls.



Вверху слева — инклинограмма № 56, все остальные рисунки — инклинограмма № 57

Рисунок — Инклинограммы скв. Гарлыкская 7К

Устаревшие инклинограммы, представленные в виде диаграмм, нуждаются в оцифровке и переводе этих данных в las-файл. Это можно сделать предварительно, используя bmp-изображение диаграмм. Часто азимут и зенитный угол на диаграммах изображаются разным цветом, что облегчает их распознавание и перевод графических данных в las-файл.

Результаты инклинометрии. Выполнены инклинометрические исследования в скв. 54, 5К ствол 1, 5К ствол 2, 5К ствол 3, 7К ствол 1. Глубина скважин варьировала от 474,00 до 546,66 м, при этом максимальные отклонения стволов скважин от вертикали составляли 3,24—24,86 м. Некоторые исследования выполнялось с помощью двух повторных измерений (таблица). Можно видеть, что различия в определении максимального отклонения находятся в пределах 2—11 %. Такие различия отмечаются и в измерении ориентировки ствола скважин. На рисунке, вверху приведено сравнение двух планов по данным измерения 1 и 2 скв. Гарлыкская 7К. Отклонение ствола скважины происходит на север — первое измерение показало азимут 355, а второе — 5.

Обсуждение результатов. В соответствии с инструкцией [1], расчёты траектории инклинограммы проводятся путём усреднения зенитного и азимутального углов в кровле и подошве измеряемого интервала. Усреднение азимутов при отклонении ствола скважины к северу часто приводит к ложному построению инклинограммы на отдельных участках. Действительно, усредняя два азимута: 5 и 355, получаем среднее значение 180, т. е. южное направление отклонения ствола скважины. В результате, инклинограмма имеет вид «пилы» с зазубринами, как это видно на рисунке, но общее северное направление отклонения ствола скважины сохраняется. По-видимому, некоторые положения инструкции [1], касающиеся методов усреднения азимутов, нуждаются в доработке.

Таблица — Сравнение максимальных отклонений при повторных инклинометрических измерениях в скважинах Гарлыкского месторождения, м

Измерение	Гарл. 5К ствол 1	Гарл. 5К ствол 2	Гарл. 7К ствол 1
1	10,30	5,26	4,79
2	10,07	5,85	5,22

1. Инструкция по проведению инклинометрических исследований в скважинах. М.: М-во геологии СССР, 1989. 14 с.

Г. Д. Стрельцова, О. В. Мурашко, П. П. Петранис

Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ЦЕННЫЕ И ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЕНОСНЫХ ВИЗЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОГО УЧАСТКА ЛЕЛЬЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

Концепция типоморфных элементов, основанная на расчётах их средних содержаний в углях и золах, рассматривает накопление элементов в углях как результат концентрационной (прижизненное накопление растениями-углеобразователями), барьерной (сорбционный и восстановительный барьеры) и средообразующей функций органических веществ. Элементы в углях могут быть связаны как с неорганическими компонентами (терригенная примесь и сорбция на глинах), так и с органической составляющей (прижизненная концентрация, сорбция и хемосорбция); увеличение содержания элементов в золах относительно вмещающих пород происходит за счёт форм, прямо или опосредованно связанных с органической составляющей углей. Все элементы в углях полиморфны и полигенетичны, но для каждого наиболее характерны одна или две главные формы концентрации [1, 2].

Распределение редких элементов (а в их числе — ценные и токсичные) в угленосных визейских отложениях (пластах угля, внутрипластовых прослоях, а также подстилающих и перекрывающих отложениях) на Северном участке Лельчицкого месторождения бурых углей изучено с использованием масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой (в УО «Гомельский государственный университет») (95 образцов, 29 элементов) и спектрального эмиссионного анализа в отделе физико-химических исследований Государственного предприятия «БелНИГРИ» (223 образца, 29 элементов).

Концентрации элементов в образцах из близких частей разреза и даже в одних и тех же образцах, определённые разными методами, заметно различаются, обнаруживая при этом общие тенденции в вариациях по разрезу и площади. Причинами этого являются как методико-аналитические проблемы, так и высокая изменчивость в распределении элементов в разрезе и по площади угленосных отложений.

Статистическая обработка аналитических данных производилась с подразделением на выборки по положению в разрезе относительно угольных пластов. Сформированы десять выборок: основной угольный пласт; нижний и верхний угольные пласты, на которые расщепляется основной угольный пласт; породы угольного ряда из верхней части визейского разреза; подстилающие и перекрывающие отложения; породы междупластий и внутрипластовых прослоев. Замеренные концентрации и средние¹ по выборкам содержания большинства элементов-примесей в уг-

¹ Распределение концентраций элементов в выборках близко логарифмически нормальному, поэтому для каждой выборки рассчитано среднее геометрическое.

лях, их золах и вмещающих породах невысоки и варьируют около их кларковых значений. Повышенные концентрации и рассчитанные по ним средние значения в угольных пластах и вмещающих породах установлены для Be, Mo, лантаноидов, Y, U, Th, Ta, Zr и Nb. По этим данным и коэффициентам концентрации² для каждой выборки построены графики степени концентрирования элементов в угольных пластах, вмещающих породах и внутрипластовых прослоях; графики в координатах «зольность углей — коэффициент концентрации элемента в угле и золе» и «концентрация элемента — глубина»; схематичные карты изоконцентрат и треугольные диаграммы составов лёгких, средних и тяжёлых лантаноидов. По скважинам построены графики вариаций коэффициентов концентраций микроэлементов в разрезе визейских угленосных отложений.

В целом, наиболее высокие средние коэффициенты концентрации всех определявшихся элементов установлены в угольных пластах, а среди вмещающих отложений — в породах, подстилающих основной и нижний угольные пласты, а также слагающих безугольные прослои внутри этого пласта. При этом в разрезе отдельных скважин обнаруживаются отклонения от среднестатистических закономерностей в распределении элементов: нередко наиболее высокие коэффициенты концентрации характеризуют угли верхнего пласта или углистые породы из верхневизейских отложений. В числе других основных статистических закономерностей необходимо отметить следующие.

1. Для всех пород угленосной визейской толщи на Северном участке месторождения повышенные и высокие концентрации и средние содержания характерны для Ta, Nb, U, лантаноидов, Zr, Mo и Th, а для угольных пластов — также Be, Y и, в отдельных случаях, Ga и Ge. В углях Северного участка особый интерес представляют Mo, U и лантаноиды.

2. Среди пород угольного ряда, слагающих основной, нижний и верхний пласты угля и прослои углистых пород в верхней части визейского разреза, наиболее высокие концентрации установлены в породах нижнего пласта; далее по убыванию величины коэффициентов концентрации следуют основной пласт и затем верхний пласт и, наконец, углистые породы из верхней части визейских отложений. Среди вмещающих пород наиболее высокие концентрации названных выше элементов выявлены в отложениях подстилающих основной или нижний угольный пласт и внутрипластовых прослоях этих пластов.

3. Известные закономерности предпочтительного концентрирования многих элементов, подвижных в слабокислой и окислительной среде, в приконтактных зонах и за пределами зоны пластового окисления, на Северном участке не устанавливаются: реальная картина сложнее, хотя отмеченная тенденция определённо прослеживается в деталях. Так, анализ распределения элементов в зависимости от глубины показывает, что наибольшие концентрации U, Mo и лантаноидов отмечаются в интервале 130—140 м — возможно, предельной глубины распространения здесь окисленных пород.

Mo является одним из самых типоморфных для углей элементов. Выделяют два типа накопления Mo в углях: сингенетический и эпигенетический. В сингенетическом Mo тяготеет к сапропелевым углям вследствие его склонности к комплексообразованию с азотистыми соединениями. Mo, захваченный в кислой среде органическим веществом, при повышении pH в диагенезе и появлении в среде H₂S способен частично или полностью перераспределиться в сульфиды. Концентрации Mo в сотни и более г/т (как на Северном участке) чаще обнаруживаются в выветрелых и окисленных углях, что даёт основание предполагать концентрирование этого элемента в процессе гипергенеза: углистые породы могут служить восстановительным и сорбционным барьером на пути движения кислородных молибденоносных вод. В таком процессе также может происходить накопление U, Se, Ag, иногда V, Pb, Ge. Mo по токсичности относят к высокоопасным; по российским нормам ПДК Mo в воде равна 0,5 мг/дм³ [1]. Токсичность Mo и его способность к образованию летучих соединений могут представлять экологическую проблему при сжигании углей; фракционирования молибдена между продуктами сжигания углей [2] показывает несколько типов распределения молибдена между золошлаками, твёрдыми уносами и газовой фазой в зависимости от разных факторов, в т. ч. формы нахождения Mo в углях. Доля эмиссии соединений Mo в атмосферу оценивается в среднем в 40—60 %. Таким образом, экологические аспекты использования углей с высоким содержанием Mo требуют внимательного рассмотрения.

Содержание лантаноидов в угленосных отложениях на Северном участке варьирует в широких пределах: минимальные концентрации суммы лантаноидов составляют первые десятки г/т, а максимальные достигают почти 7 000 г/т, причём в их составе во всех типах пород доминируют лёгкие лантаноиды. Наиболее высокие значения характерны для угольных пластов. Распределение в зависимости от зольности показывает обогащение лантаноидами высокозольных углей и углистых пород. С учётом особенностей миграции лантаноидов в природных водах (лёгкие мигрируют, в основном, в терригенной, средние — в сорбированной форме, а тяжёлые — в растворённом состоянии) можно предположить, что по мере удаления от источника лантаноидов — кор выветривания на Украинском щите (УКЩ) — доля лёгких TR возрастала за счёт осаждения средних и тяжёлых лантаноидов в результате существенных изменений гидрохимических (и гидрогеохимических) условий среды на площади торфонакопления. Судя по имеющимся данным, можно предполагать, что наибольшие концентрации TR будут приурочены к зольным углям, тонким угольным прослоям, контактам угольных пластов и вмещающих пород и участкам непосредственно за выклиниванием зон пластового окисления. Вместе с тем ожидать более высоких, чем в южной части Лельчицкой площади, концентраций TR, нет оснований.

² Отношение содержания элемента в образце породы к его кларковому значению, в угле — к угольному и зольному кларку.

Все породы визейских угленосных отложений на Северном участке отличаются повышенным содержанием U. Наиболее высокие концентрации отмечены в угольных пластах; в углистых породах верхней части визейского разреза, вмещающих породах и внутрипластовых прослоях они немного ниже. Высокие концентрации U характерны для углей и углистых пород в широком интервале зольности, но в наибольшей степени концентрируются в малозольных углях. Известно, что U присутствует в углях как в органической, так и в минеральной формах; это означает, что повышенными концентрациями U будут характеризоваться и золоотходы, и твёрдые уносы, и дымовые газы. Трёх-четырёхкратное превышение кларкового уровня U в углях делает их потенциально опасными для здоровья людей в случае сжигания углей в бытовых целях. На крупных ТЭС нормы для углей по U немного выше, но и в этом случае шестикратные превышения кларкового содержания U в углях вызывают озабоченность относительно возможности использования последних [2].

Наибольшие концентрации U сосредоточены на западных и северо-западных крыльях верхнего и нижнего пластов, где распределение его концентраций, вероятно, контролируется эпигенетической пластово-инфильтрационной зональностью. Среди рудных концентраций U выделяют два главных типа — сингенетический и эпигенетический. Последний в угленосных отложениях имеет промышленное значение: гидрогенные концентрации U, связанные с пластово-инфильтрационным процессом, контролируются проницаемостью и составом вмещающих пород, а также содержанием U в подземных водах и сопровождаются повышенными содержаниями TR, Be, Mo, и др.), накопление которых обусловлено пространственным совпадением на выклинивании зон пластового окисления восстановительного и нейтрализационного геохимических барьеров.

Таким образом, на Лельчицкой площади в течение длительного времени существовали условия, благоприятные для накопления редкоземельных и других редких элементов. К таким условиям относятся расположение в непосредственной близости к УКЩ с широко развитыми на нём каолиновыми корами выветривания по породам с повышенным содержанием TR; разветвлённая речная сеть, дренирующая область сноса и обеспечивающая проточность торфяных болот и широкое развитие процессов пластового окисления, маркируемого появлением в разрезе карбоновых угленосных отложений красноцветных песчаников и продуктов окисления сульфидов (водных сульфатов Fe — рёмерита и ссомольнокита). Это привело к формированию в угленосных визейских отложениях и пластах угля повышенных концентраций ряда ценных и токсичных элементов, что требует детального рассмотрения при выборе способа отработки и использования углей Лельчицкого месторождения.

1. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с.
2. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 538 с.

А. В. Унукович, А. В. Краковецкий

Институт природопользования НАН Беларуси

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых представляется весьма необходимой, т. к. она является одним из направлений оценочной деятельности природных ресурсов и включает в себя оценку промышленной ценности полезных ископаемых, находящихся в недрах. Она необходима для определения экономической целесообразности поисковых и разведочных работ, наиболее эффективных и безопасных способов разработки месторождений, государственного регулирования экономических интересов в сфере пользования недрами и обеспечения рационального использования сырьевого потенциала страны.

Месторождения полезных ископаемых, в освоение которых вкладываются инвестиционные средства с целью получения дохода в будущем, могут иметь различные экономические характеристики. Цель оценки в данном случае состоит в определении экономической ценности освоения месторождений для получения доходов в будущем.

Экономическая эффективность освоения месторождения — это также наиболее вероятная оценка, позволяющая принимать экономически обоснованное решение о целесообразности разработки месторождения на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны сделки действуют разумно, располагая при этом всей необходимой информацией, а на величине инвестиционных издержек не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства.

При экономической оценке месторождений различных видов полезных ископаемых могут использоваться соответствующие методы и приёмы. В условиях Беларуси наибольший интерес представляют следующие подходы: сравнительный (рыночный); затратный (имущественный); доходный (оценочный). В представленном материале рассматривается лишь последний подход, который является достаточно разработанным и широко применяется на практике для оценки стоимости бизнеса как объекта предпринимательской деятельности. Он представляет собой совокупность методов оценки стоимости объектов бизнеса, основанных на определении ожидаемых доходов от объекта оценки. В основе данного метода лежит принцип ожидания — любой актив, используемый (приобретаемый) с целью извлечения доходов, будет стоить ровно столько, сколько принесет доходов. Основными методами в данном случае являются метод дисконтирования денежных потоков, основанный на оценке доходов в будущем для каждого из нескольких временных промежутков, и пересчёта их в стоимость путём использования ставки дисконта и теории текущей стоимости. Метод капитализации дохода применяется в том случае, когда репрезентативная ве-

личина дохода делится или умножается на коэффициент капитализации с целью пересчета доходов, получаемых от объекта оценки, в его текущую стоимость.

Преимущество доходного подхода состоит в том, что он позволяет учитывать будущие ожидания относительно затрат, цен, инвестиций и включает в себя рыночный аспект, т. е. учитывается ставка дисконта, определяемая сложившимися в данный момент рыночными условиями. При сложившейся практике он представляется как основной метод для экономически обоснованной оценки освоения месторождений полезных ископаемых. Использование доходного подхода применительно к месторождениям требует также четкого разграничения следующих понятий:

- инвестиционные средства — начальные капитальные вложения, осуществляемые на освоение месторождения (включая стоимость поисковых и разведочных работ, приведённая с учётом фактора времени);
- инвестиционные затраты — все расходы (капитальные и эксплуатационные), осуществляемые в процессе освоения месторождения;
- доходы от инвестиций — все денежные поступления от инвестиций.

Денежный поток в этом случае можно рассматривать как разность между всеми денежными поступлениями за определённый временной период разработки месторождения и денежными затратами за этот же период, или это сумма чистой прибыли и амортизации. При этом дисконтная ставка рассматривается как процентная ставка (r), используемая для расчётов приведения нынешней стоимости инвестиционных вложений и будущих денежных потоков к донному моменту. Коэффициент дисконтирования — это понижающий или повышающий коэффициент, используемый в расчётах для приведения (нынешней) стоимости инвестиционных вложений и будущих доходов и рассчитываемые как $E = (1 + r)^{-t}$.

Дисконтированный денежный поток — это стоимость денежного дохода на данный момент будущих доходов с учётом потери части стоимости денег со временем, определяемая как $P = FV(1 + r)^{-t}$ или $NPV = NCF \times E$. В равной мере это относится и к инвестиционным вложениям, в особенности к вложениям на поисковые и разведочные работы.

Чистая нынешняя (приведённая) стоимость денежного дохода или накопленный чистый дисконтированный доход — это разность между дисконтированной (нынешней) стоимостью будущих денежных потоков ($\sum NPV_t$) и первоначальными инвестициями (I_0), определяемая как: $NPV_{\text{нак}} = \sum NPV_t - I_0$.

Метод дисконтирования доходов базируется на теории текущей стоимости денег (или временной цене денег), сущность которой изложена выше. Вместе с тем при оценке стоимости природного объекта, в т. ч. месторождения полезного ископаемого или любой другой собственности, используется величина денежного потока, рассчитанная за определённый интервал времени по простому или сложному проценту. При этом денежный поток за этот промежуток времени представляется как денежные поступления от вложения капитала в освоение месторождения, в течение ряда временных периодов. Элементами денежного потока в данном случае выступают начальные капитальные вложения, различные текущие производственные затраты, амортизационные отчисления, налоги и платежи, стоимость произведенной продукции, чистый доход и др.

В этой связи следует различать чистый денежный поток, который определяется как разница между поступлениями (притоком) и расходами (оттоком) денежных средств от эксплуатации того или иного вида природного объекта (месторождения) как объекта собственности. Величина чистого денежного потока (дохода) представляется также как денежный остаток, который образуется после выполнения всех обязательств по уплате, включая обязательства по уплате налогов и других платежей в бюджет, и составляет приращение стоимости месторождения.

При расчёте денежного потока за определённый интервал времени может наблюдаться либо превышение доходов над расходами (оттоками денег), либо расходов (оттоков денег) над доходами. В этом случае денежный поток имеет положительную или отрицательную величину.

Элементы, образующие денежный поток, могут быть также либо независимыми, либо связанными между собой определёнными однонаправленными или разнонаправленными зависимостями. Также предполагается, что в рамках одного временного периода денежные поступления в начале периода могут быть авансовыми, а в конце периода — доходными. При этом чистый денежный поток не отождествляется с чистым доходом, т. к. расчёт последнего основан на принципах бухгалтерского учёта как разница между доходами и учётными затратами, а денежный поток основывается на принципах управленческого учёта и представляет собой то количество денег, которое может образовываться в результате деловых операций.

Расчёт величины денежного потока может осуществляться прямым или косвенным методом. Прямой метод основан на прогнозировании чистого денежного потока и прямого счёта всех его составляющих элементов (денежных притоков и оттоков). Этот метод является достаточно трудоёмким, т. к. требует больших затрат времени на проведение аналитической работы, сбор необходимой информации, а также привлечения различных специалистов (геологов, технологов, экономистов, экологов и др.). Косвенный метод представляется более упрощённым подходом к оценке денежных потоков, т. к. основывается на использовании в расчётах данных бухгалтерского, статистического и других видов отчётности, а также методов сравнения и аналога.

Указанные методы позволяют производить суммарную оценку с позиции будущего наращивания денежного потока. В основе такой оценки лежит прямой расчёт будущей (Future Value — FV) его стоимости. При решении такой прямой задачи рассчитывается будущая стоимость поступлений денежных средств (FV) с учётом получения процентных доходов. В этом случае реальная величина денежного потока будет больше первоначальной номинальной. При решении обратной задачи с позиции настоящего денежного потока реализуется схема дисконтирования

денежного потока, означающая возможное уменьшение первоначальной стоимости денежных поступлений с учётом изменения реальной их стоимости во времени. Факторами влияния являются банковский процент, инфляции и т. д. В этом случае реальный денежный поток будет меньше его номинальной величины.

При экономической оценке освоения месторождений полезных ископаемых используется метод определения денежного потока для всего инвестиционного капитала, включающий в себя учёт и дисконтирование денежных поступлений без учёта платежей по обслуживанию долгосрочного долга. При этом ставка дисконтирования определяется как средневзвешенная ставка затрат на привлечение собственного и заёмного капитала. В этом случае стоимость собственного капитала (затрат на разработку месторождения) определяется как приведённая стоимость денежных потоков с учётом соответствующих корректировок на объективные условия разработки.

Денежные потоки, используемые при оценке стоимости запасов полезных ископаемых, отражают чистую прибыль после вычета текущих (производственных) затрат, уплаты налогов, отчислений и социальных выплат. Кроме того, в прогнозах денежных потоков устанавливаются суммы, связанные с амортизационными отчислениями, т. к. они представляют собой денежные затраты, уменьшающие налогооблагаемую прибыль, а также предполагаемые инвестиции. При этом определяются и устанавливаются инвестиции, как в основной, так и в оборотный капитал. В общем виде значение денежного потока (NCF) определяется как сумма чистой прибыли и амортизационных отчислений за вычетом инвестиций: $NCF_t = \sum (NP_t - AM_t) - I_0$, где NCF_t — денежный поток за весь период инвестирования; NP_t — чистая прибыль t -го прогнозного года без амортизационных отчислений; AM_t — амортизационные отчисления t -го прогнозного года; I_0 — первоначальные инвестиционные средства.

Такие оценки лишь приблизительно отражают соотношение затрат и доходов. Однако в этом смысле метод дисконтирования позволяет сопоставлять затраты и доходы, произведенные в разные периоды времени, и привести их к одному сроку (началу инвестирования). Ключевыми показателями при этом являются следующие: чистая современная стоимость (Net Present Value — NPV); чистая приведённая стоимость ($API_{прив}$); индекс рентабельности инвестиций (Profitability Index — PI) — внутренняя норма прибыли (Internal Rate of Return — IRR); срок окупаемости инвестиций (Pay back Period — PP).

Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых актуальна для решения задач сбалансированного социально-экономического развития на основе рационального использования природных ресурсов. При этом особое значение приобретает устойчивое экономическое развитие, обеспечивающее сохранность во времени всего достояния страны, включая природные положительные экономические активы.

С. А. Юдаев

Белорусский государственный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И ПОДГОТОВКИ БРИНЁВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ НА ЕГО БАЗЕ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

По административному положению Бринёвское месторождение гипса и ангидрита находится на территории Петриковского р-на Гомельской обл. Республики Беларусь. Площадь предполагаемых детальных геологоразведочных работ находится на территории Государственного природоохранного учреждения — Национальный парк «Припятский».

Согласно мероприятию 26 Программы освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Беларуси на 2011—2015 и последующие годы, ведущим геологическим организациям республики была поставлена задача — детальная разведка гипса и ангидрита III и IV гипсовых горизонтов Восточного участка Бринёвского месторождения и подготовка его для разработки с целью создания на базе месторождения горного предприятия с годовой производительностью 1 млн т гипсового и гипсоангидритового камня.

В результате проведения всего комплекса геологоразведочных работ и составления ТЭО постоянных кондиций на месторождении к промышленной разработке будут подготовлены запасы гипса и ангидрита Восточного участка, подсчитанные по категориям В + С₁ в количестве не менее 135 млн т.

Исходя из проектных глубин залегания кровли задонско-елецких отложений верхнего девона, являющихся контролирующим горизонтом подошвы полезного ископаемого — 220—380 м бурение будет осуществляться в несколько этапов.

Процент выхода керна должен быть не менее: по отложениям полесского горизонта верхнего девона — 65 %, по гипсоносной толще лебедянско-оресского горизонта, содержащей пласты гипса и ангидрита, как по полезному ископаемому — 80 %.

По достижении проектных глубин и выполнении геологических задач осуществляется подготовка и проведение комплекса геофизических исследований в разведочных скважинах.

Для определения взаимосвязи между пластами, опробуемых при проведении гидрогеологических работ в процессе откачек, должны быть проведены наблюдения за изменениями уровней воды в соседних скважинах. С этой же целью и дополнительно для определения взаимосвязи изучаемых пластов с покровными водоносными толщами необходимо предусмотреть проведение режимных наблюдений за уровнями подземных вод во всех 5-ти гидрогео-

логических скважинах. Учитывая глубокое залегание водоносных пластов и безусловно напорный режим подземных вод для решения практических задач гидродинамики по взаимосвязи пластовых вод необходимо вести постоянный мониторинг гидрогеологической обстановки.

Предварительное изучение горно-геологических условий месторождений гипса и, в первую очередь, таких месторождений-аналогов как Новомосковское (Тульская обл. России) и Артемовское (Донецкая обл. Украины) позволяет сделать вывод о возможности безопасного ведения добычных работ на разведваемом Бринёвском месторождении при соблюдении недопущения непрогнозируемых прорывов подземных вод в горные выработки. Это достигается путём ведения работ с оставлением междукammerных ленточных целиков и надкамерной потолочины, обеспечивающих надёжную изоляцию вынимаемого пласта от проникновения подземных вод вмещающего горного массива и его целостности. При этом нет существенной разницы в технологии способа разработки — буро-взрывным, как на Новомосковском или комбайновым, как на Артемовском месторождениях.

Инженерно-геологические особенности массивов пород на месторождении с характеристикой их этажности, тектонической нарушенности, слоистости и трещиноватости пород и т.п. будут изучены по результатам геологической и гидрогеологической документации в процессе разведки и изучения.

Наиболее острой проблемой, с которой возможна встреча при разработке месторождения подземным способом, это изменение водно-физических и механических свойств основных литолого-петрографических разностей гипсовых и вмещающих пород. К настоящему времени известно, что эти породы относятся, в основном, к полускальным и скальным разностям, т. е. обладают временным сопротивлением одноосному сжатию до 300 кг/см^2 , в единичных случаях достигая значения до 400 кг/см^2 и опускаясь до $60\text{—}70 \text{ кг/см}^2$. В тех же пределах изменяются и показатели крепости и гипсо-вмещающих пород. Основным упущением изучения физико-механических особенностей пород месторождения было отсутствие данных по прочностным свойствам их в условиях замачивания, это необходимо исправить при детальной разведке.

Изучению физико-механических свойств должны быть подвергнуты породы возможного развития водопроводящих трещин в кровле и в почве будущих горных выработок. Наиболее тщательному изучению должны быть подвергнуты породы в пределах максимального напряжения горного массива в условиях проходки протяжённых выработок (штреков, квершлагов и др.). Особое внимание следует уделить изучению слоёв в $0,1\text{—}0,3 \text{ м}$, залегающих в кровле рабочего пласта и способных образовывать ложную кровлю. Особо детальному изучению должны подвергнуться породы непосредственной кровли (до $2,5\text{—}3,0 \text{ м}$ выше гипсов) и непосредственно почвы (до 10 м ниже гипсов). Максимальная величина изучаемого интервала в основной кровле — 20 м . Интервал свыше 20 м до 80 м изучается для получения общих характеристик пород массива. Детально изучаются и пласты собственно гипсов. Принимая за основной пласт IV гипсовый горизонт с мощностью 20 м , общая мощность инженерно-геологического изучения составит $80 + 20 + 10 = 110$.

Учитывая стадийность работ и достаточно надёжную выдержанность опробуемых пластов, получаемые результаты исследований должны дать общую характеристику инженерно-геологических особенностей пород месторождения, которые, однако, не следует принимать за расчётные. Последние будут получены только при детальных исследованиях на выделенных участках заложения околоствольных дворов и капитальных выработок.

На всех образцах необходимо провести определение водопоглощения, пористости, естественной влажности объёмной массы, плотности и крепости. На образцах, отбираемых из глинистых прослоев, в т. ч. и из аргиллитоподобных глин, определить набухание, размокание и полную влагоёмкость. На образцах из полезного ископаемого, основных, непосредственных и ложных кровле и подошве определить пределы прочности при одноосном сжатии при естественной влажности и полном водонасыщении при обязательных определениях влажности.

При производстве детальной разведки Восточного участка Бринёвского месторождения гипса и ангидрита, предусматривается произвести исследования технологических свойств гипсовых и ангидритовых пород промышленных III и IV гипсовых горизонтов. Необходимо определить промышленные (технологические) типы и сорта гипса (ангидрита) с целью получения исходных данных, достаточных для планирования оптимальной технологической схемы их переработки.

Учитывая, что разработка Восточного участка Бринёвского месторождения гипса и ангидрита предполагается подземным способом, то при производстве геологоразведочных работ требуется изоляция гипсоносных толщ от проникновения вод из верхних водоносных горизонтов. В связи с этим все разведочные скважины будут обсажены колоннами, которые будут цементироваться до устья и при ликвидации скважины полностью заливаются цементом.

Бринёвское месторождение гипса находится вне зоны многолетней мерзлоты в скальных, полускальных и связанных породах, где источником формирования шахтных водопритокков являются подземные воды, находящиеся в зоне затрудненного водообмена. Поступление воды может происходить из водоносных горизонтов, залегающих в кровле и подошве гипсовых (ангидритовых) пластов, а так же непосредственно из последних. Наличие гипсовых пластов уже само указывает на крайне ограниченный водообмен во всей толще пород от кровли верхнего гипсового пласта до подошвы нижнего. Тем не менее, наличие воды в сохранных гипсоносных толщах легко объясняется насыщенностью её сульфатом Са до пределов растворимости гипса, которая составляет в существующих природных условиях около $2,2 \text{ г/л}$.

Можно со всей определённой уверенностью утверждать, что отработка полезного ископаемого должна вестись при условии полной изоляции очистных и подготовительных выработок от пресных вод верхней толщи пород, т. е. от зоны активного водообмена. Это, в свою очередь, может быть обеспечено надёжной изоляцией выемочного пространства

устойчивыми водонепроницаемыми целиками, что возможно лишь при условии недопущения обрушения кровли выработок.

В целом природные условия разведываемого участка месторождения благоприятны для организации работы добывающего предприятия, что обусловлено надежной защитой намечаемых к выемке толщ пород вышележащими гипсовыми водоупорными пластами. В этом случае возможно крайнее ограничение естественных ресурсов подземных вод и ограничение их количества почти исключительно статическими запасами, определяемыми открытой пористостью пород. Конечно, это было бы наиболее удачным вариантом для работы предприятия и для ведения шахтного водоотлива, хотя и маловероятным. При принятии условия недопущения нарушения целика горного массива, т. е. обрушения кровли горных выработок, при разработке III и IV гипсовых горизонтов в обводнённости горных выработок будут принимать участие пласты пород следующих водоносных интервалов: между II и III гипсовыми горизонтами, между III и IV, а так же пласт пород между IV гипсовым горизонтом и глинистой псевдобрекчией.

Литологические особенности указанных пластов пород не исключают наличие в них секущих трещин, а поэтому возможна и взаимосвязь между выделяемыми водоносными интервалами (пластами). Ранее проведёнными гидрогеологическими работами установлена безусловная обводнённость пород гипсоносной толщи. Однако отсутствие строго выделяемых интервалов опробования по конкретным пластам не позволяет дать количественную характеристику ожидаемых шахтным притокам для конкретных условий отработки. Получение же сведений по выделенным выше пластам позволит с достаточной надёжностью охарактеризовать будущий шахтный водоотлив и конкретизировать дальнейшие гидрогеологические исследования на стадии сооружения шахтных стволов и, возможно, подготовительных выработок.

Степень обводнённости выделенных выше пластов и определение расчётных гидрогеологических параметров по ним будут проведены путём постановки опытных гидрогеологических работ. По ним же, в сочетании с режимными наблюдениями, будут определены и вопросы взаимосвязи выделяемых водоносных пластов.

Учитывая безусловность изучения фильтрационных особенностей выделенных пластов и максимально возможную экономию государственных средств, принимается такая методика сооружения и опробования специальных гидрогеологических скважин, которая позволила бы максимально совместить задачи изучения гидрогеологических, горно-геологических и собственно геологических особенностей разведываемого участка.

Опыт бурения скважин по гипсам и ангидритам показывает, что эти породы при длительном замачивании свежих поверхностей способны к набуханию, хотя и незначительному. Это приводит к неизбежному и необходимому изменению технологии проходки ствола скважины (частой замены бурового наконечника во избежание потери диаметра).

По результатам проведения детальной разведки Восточного участка Бринёвского месторождения будет выполнен оперативный подсчёт балансовых запасов гипса и ангидрита III и IV гипсовых горизонтов по категориям В + С₁ в пределах изученной площади и дана оценка других гипсовых горизонтов на участке.

Подсчёт запасов гипсоангидритового камня пласта III и IV гипсовых горизонтов, предварительно разведанных до категории С₂, проводится методом геологических блоков. При выделении последних, кроме степени разведанности, будет учитываться качество гипса и ангидрита, а также геолого-структурные условия залегания продуктивной толщи.

На Восточном участке Бринёвского месторождения общие ожидаемые запасы полезного ископаемого по промышленным горизонтам III и IV составят 190 182,8 тыс. т. Из которых, запасы полезного ископаемого по категории В составят 37 321,3 тыс. т, что равно приблизительно 20 % от общих, а запасы по категории С, соответственно 152 861,5 тыс. т сульфатного сырья.

Природоохранные мероприятия при сооружениях скважин включают профилактические меры по предупреждению нарушений природной среды: сбор, обезвреживание, утилизацию и захоронение отходов сооружения скважин, ликвидацию скважин, рекультивацию земель.

1. Зингерман А. Я., Зеленцов И. И. Геологическое строение Бринёвского месторождения гипса (Белорусская ССР) // Геология твёрдых полезных ископаемых. Минск, 1979. С. 157—162.
2. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых. Минск, 2002.
3. ТКП 17.04-13-2009(02120). Правила применения классификации запасов к месторождениям гипса и ангидрита. Введ. 02.01.2010.
4. Кожин В. Д. Отчёт о предварительной разведке Бринёвского месторождения гипса Петриковского района Гомельской области, проведённой в 1996—2001 годах с подсчётом запасов по состоянию на 1. 01. 2004 г. Слуцк, 2005.
5. Махнач А. А., Стрельцова Г. Д., Гулис Л. Ф., Михайлов Н. Д. Ангидриты и гипсы Бринёвского месторождения: Доклад. зап. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2003.

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

У. К. Абдуназаров, А. Г. Стельмах

Национальный университет Узбекистана

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОПОЧВ ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО РЕГИОНА

В основе классификации почв Узбекистана положена концепция о геоморфологической эволюции поверхностей рельефа вследствие новейших тектонических поднятий. При этом почвы проходят единый цикл развития от поймы к древним террасам, поэтапно теряя одни свойства и приобретая другие. Свойства современных почв также определяются климатическими и биологическими факторами. Свойства их осложняются наложением на них реликтовых признаков, а часто структура современного почвенного покрова мозаична из-за выклинивания на дневную поверхность склонов, террас и плато древних почв, которые иногда трудно отличить от современных.

До недавнего времени общая схема залегания лёссовых покровов Узбекистана связывалась с ярусностью рельефа горных областей. Предполагалось, что лёссовые толщи имеют такой же возраст, что и формирующие поверхность речных террас галечниковые или конгломератовые толщи. Эти базисные толщи лежат на цокольных поверхностях денудационных взрезов и определяют рельеф дневной поверхности. Однако лёссы от предгорных равнин до среднегорий часто залегают плащеобразно и включают в себя разновозрастные погребённые почвы четвертичного периода [3].

Выявление морфологических особенностей древних почв в лёссах Узбекистана — задача нелёгкая. При беглом осмотре шурфов они, а тем более детали их строения, не обнаруживаются. Поэтому для того чтобы облегчить расчленение лёссов по возрасту, а также выявить закономерности залегания и распространения погребённых почв, нами были систематизированы их морфологические свойства. Ниже на примере разрезов лёссово-почвенных отложений Чирчик-Ахангаранского региона приводится обобщённое описание морфологии разновозрастных почв [1].

Современная почва А. Коричневая или серая в зависимости от местоположения, тяжёлосуглинистая, комковатая, с поверхности задернована, часто карбонаты появляются с глубины 30—90 см.

Лёссовый суглинок а залегает под современной почвой *А*, но выражен не повсеместно и часто замещен погребённой почвой *В*. Суглинок *а*, вероятно, во многих местах был подвержен смыву. Это подтверждается тем, что между почвами *А* и *В* имеется чёткая линия размыва и маломощный (5—10 см) горизонтально слоистый шохообразный слой.

Цвет суглинка *а* варьирует от серовато-коричневатого во влажном состоянии до палево-серого в сухом состоянии, механический состав средний до тяжёлого. Суглинок крупнопоросистый, средней плотности, менее плотен, чем почва *а*, в нём много пор диаметром 0,2—0,3 мм (в 1 см² до 25 шт.) и беспорядочных канальцев диаметром до 3 мм. Карбонаты присутствуют в виде мучнистого псевдомицелия, при шлифовке стенок шурфа ножом появляются изолированные нитеобразные белые пятна; карбонатами инкрустированы стенки пор, беспорядочно расположенные по профилю. В щебнистых почвах на нижней стороне щебня образуются карбонатные натёки. Содержание общего гумуса около 0,3 %, СО₂ карбонатов до 8 %, ила (8—15) %.

Погребённая почва В — самая верхняя и молодая из погребённых почв. Часто она располагается непосредственно под почвой *А*, отделяясь от последней 5—10 см слоем шоха — плотной горизонтально слоистой палево-серой породой с охристыми пятнами. Погребённая почва *В* — серовато-коричневая во влажном и палево-серая в сухом состоянии, по механическому составу — это тяжёлый суглинок, орехово-порошистой структуры, плотный, при шлифовке стенки шурфа ножом вырисовывается паутинообразный рисунок: светло-серая сетка карбонатов вокруг структурных комочков. Структурные «орехи» представляют собой зоогенное образование длиной 1—3 см, диаметром до 1,5 см; они средней прочности, раздавливаются рукой. На площади 1 см² насчитывается крупных пор диаметром до 0,5 мм 17—20, мелких, диаметром до 0,2 мм, около 30, пор диаметром менее 0,2-более 50 шт. Конкреции отсутствуют. Мощность почвы *В* колеблется от 0,3 до 2 м. Содержание СО₂ карбонатов равно 19 %, общего гумуса 0,3 % ила 10—15 %. Переход в нижележащий суглинок обычно постепенный. Предварительный возраст почвы *В* — средний голоцен.

Лёссовый суглинок б представляет собой породу более лёгкого механического состава, чем вышележащий слой. Он коричневатый, светло-коричневый во влажном и палево-серый в сухом состоянии, плотный, комковато — порошистый; для этого слоя характерно присутствие конкреций «журавчиков». В суглинке много пор, преимущественно диаметром 0,5 мм (в 1 см до 30—35 шт.), а также канальцев диаметром 2—3 мм, внутренние стенки которых инкрустированы мелкозернистым кальцитом. Содержание СО₂ карбонатов 12 %, общего гумуса 0,4 %, ила 10—16 %. Переход в нижележащий слой обычно заметный. Мощность слоя *б* от 2 до 4 м. Лёссовый суглинок *б* по возрасту нами ориентировочно отнесён к низам голоцена и верхам позднего неоплейстоцена.

Погребённая почва С. От других погребённых почв отличается более ярко выраженной структурой, большой мощностью и тяжёлосуглинистым составом. Цвет от серо-коричнево до коричневого во влажном и палево-серый в сухом состоянии, плотный ореховатой структуры, «орехи» диаметром до 2 см, они плотно прижаты один к одному, с трудом раздавливаются рукой. Вокруг структурных комочков карбонатная плесень. Монолиты берутся с трудом, т. к. почва легко рассыпается по ореховатым отдельностям. Конкреции отсутствуют. Содержание CO_2 карбонатов 15 %, общего гумуса 0,4 %, ила (10—15) %. Мощность 1—2 м. В нижних слоях склонов (на древних конусах выноса) суглинок с подстиляется грубообломочным материалом, а на более высоких уровнях — почвой D. Переход в нижележащие горизонты заметный. Ориентировочный возраст почвы С и суглинка с — верхи позднего неоплейстоцена.

Погребённая почва D имеет тяжёлосуглинистый состав, от других почв отличается более тёмным, буроватым цветом. Имеет плотное сложение, комковато-ореховатую структуру — «орехи» округлые, диаметром до 2 см, вокруг них тонкая плесень светло-серых карбонатов; на гранях структурных отдельностей во влажном состоянии обычны темноватые пятна. Комки плотные, при взятии монолита весь горизонт легко распадается на «орехи». Почва ноздреватая, пор мало, конкреции отсутствуют. Содержание CO_2 карбонатов 7—8 %, общего гумуса 0,2—0,4 %, ила 13—14 %. Мощность слоя 1—2 м, переход в нижележащий слой постепенный.

Лёссовый суглинок d представляет собой средний до тяжёлого суглинок, серовато-коричневого во влажном и палево-серого цвета в сухом состоянии; средней плотности, комковато-порошистый, иногда встречаются включения полутвёрдых структурных комочков, вероятно, следы реликтового почвообразовательного процесса. По степени пористости не отличается от других лёссовых суглинистых слоёв. Карбонаты лёссового суглинка d представлены отдельными мучнистыми беловатыми пятнами и конкрециями в виде «трубочек». Содержание CO_2 карбонатов до 15 %, общего гумуса 0,3 %, ила (10—17) %. Мощность 1—3 м, местами в нижних частях склонов имеются включения щебня. Очень часто горизонт подстиляется маломощным (10—20 см) шохобразным слоем. Комплексы Cc и Dd ориентировочно отнесены к низам позднего неоплейстоцена.

Погребённая почва E от других отличается более светлым во влажном и палево-серым цветом в сухом состоянии, а также присутствием конкреций, имеющих форму крупных дендронидов. По механическому составу это тяжёлый суглинок комковато-ореховатой структуры, он плотный, слабопористый. Карбонатная «плесень» вокруг «орехов» выражена слабее, чем в других вышележащих почвах. Содержание CO_2 карбонатов (6—7) %, общего гумуса 0,3 %, ила (17—25) %. Мощность 1—3 м переход в слой суглинка e постепенный.

Лёссовый суглинок e представляет собой тяжёлый суглинок коричневого во влажном и палево-серого цвета в сухом состоянии, средней плотности, мучнист, пачкает руки, комковато-порошистый. Конкреции в виде «погремшей». Суглинок макропористый (на 1 см² приходится 20—25 пор диаметром до 0,5 мм). Содержание CO_2 карбонатов (10—12) %, общего гумуса 0,2 %, ила (9—11)%. Мощность 1—2 м.

При подстилании нерасчленёнными суглинками переход постепенный, а при переходе в почву F-заметный. Примерный возраст почвы E и суглинка e — верхи среднего неоплейстоцена.

Погребённая почва F встречается на высоких водораздельных и приводораздельных частях склонов. Тяжёлый суглинок бурого цвета, плотный, комки угловатые диаметром 1,5—2 см, на их гранях видны темноватые пятна, карбонаты не выражены. Содержание CO_2 карбонатов 6 %, общего гумуса 0,3 %, ила (15—20) %. Мощность до 1 м, переход заметный.

Лёссовый суглинок f серовато-коричневый во влажном и светло-серый в сухом состоянии, средний до тяжёлого суглинок, плотный, пор меньше, чем в вышележащих суглинистых слоях, местами встречаются продолговато-округлые конкреции. Содержание CO_2 карбонатов до 8—10 %, общего гумуса 0,1—0,2 %, ила 15—20 %. Обычно подстиляется шоховым горизонтом.

Почвы и суглинки Ff, F1f1, F2f2 и т. д. нами отнесены к среднему и нижнему неоплейстоцену. Лёссы нижнего неоплейстоцена (F1f1, F2f2 и т. д.) представляют собой чередование буро-коричневых погребённых почв, подстилаемые шохобразным горизонтом мощностью около 20—40 см и разделяющих их лёссовидных суглинков.

Мелкозёмистые отложения эоплейстоцена в пределах Чирчик-Ахангаранского региона сохранились весьма фрагментарно и их можно встретить в пределах низко- и среднегорных частей речных долин, где они имеют вид мощной моноклинально залегающей толщи красновато-коричневого цвета. Слои этой толщи образованы чередованием порошистых серовато-коричневых суглинков, комковато-ореховатых, красновато-коричневых палеопочв обозначенные нами как Gg, G1g1 и т. д., состоящих из почвенно-лёссовых комплексов и палевых карбонатных «шоховых» горизонтов, часто называемых «каменным лёссом» [2].

Как видно, погребённые почвы и суглинки обладают специфическими особенностями, при помощи которых можно разделить всю лёссовую толщу на ряд возрастных комплексов, а хорошая выраженность морфологических признаков палеопочв определяет их как единственные визуальные критерии расчленения и корреляции лёссовых отложений Чирчик-Ахангаранского региона.

1. Абдуназаров У. К. Палеогеографическое значение изучения погребённых почв лёссовых толщ Приташкентского района // География в современном мире. Теория и практика. Ташкент, 2006. С 105—107.
2. Абдуназаров У. К., Стельмах А. Г., Тойчиев Х. А. Комплексная стратиграфия лёссовых отложений в пределах орогенной области Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане: Матер. Международ. конф. Ташкент: ИС АН РУз, 2010. Т. II, № 7. С. 131—134.
3. Степанов И. Н., Абдуназаров У. К. Погребённые почвы в лёссах Средней Азии и их палеогеографическое значение. М.: Недра, 1977. 121 с.

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА ДНЕПРОВСКОЙ МОРЕНЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ

Изучение петрографического состава моренных отложений имеет большое значение для корреляции разновозрастных моренных горизонтов, реконструкций динамики развития оледенений, поисков месторождений неметаллических строительных полезных ископаемых и др.

В ходе полевых работ на территории Стрешинской водно-ледниковой равнины нами отобрано 10 проб на изучение петрографического состава днепровской морены. Места отбора проб показаны в таблице 1. Пробы отбирались в местах обнажения на поверхности морены, а также в береговых обрывах рек, карьерах и ямах.

На территории исследования выявлен в большинстве случаев один моренный горизонт днепровского возраста. Днепро́вская морена представлена супесью, реже суглинком, грубой, лёгкой, красно-бурой окраски, массивной или плитчатой текстуры, с многочисленными включениями гравийно-галечного и валунного материала, а также часто с включениями карбонатных конкреций. Нередко в морене встречаются линзы и гнезда песков. Перекрываются днепровские моренные отложения чаще всего сожскими флювиогляциальными образованиями или почвенно-растительным слоем. Т. к. моренный горизонт чаще всего не вскрыт на полную мощность, то было сложно установить подстилающие его породы. Например, у д. Цупер Жлобинского р-на днепровская морена подстилается нерасчленёнными флювиогляциальными песками березинско-днепровского возраста. У д. Стрешин того же района днепровская моренная толща подстилается озёрными глинами и суглинками александрийского возраста, а также озёрно-аллювиальными песками александрийского и раннеплейстоценового возраста.

По данным бурения у д. Лебедёвка Жлобинского р-на вскрыто 2 моренных горизонта, разделённых прослоем песка мощностью более 2 м. В этом случае отбор пробы был проведён из верхнего моренного горизонта. Наличие здесь двух моренных горизонтов и особенности состава гравийно-галечного материала указывают на более поздний, возможно сожский возраст верхнего горизонта морены [1].

В таблице 1 приведён петрографический состав днепровской морены для юго-восточной части Беларуси.

Таблица 1 — Петрографический состав гравийно-галечной фракции (более 5 мм) днепровской морены, %

Пункты отбора	Глубина отбора, м	Породы, %											
		Граниты розовые	Граниты серые	Кварц	Полевые шпаты	Сланцы, гнейсы	Песчаники, кварциты	Магматические породы	Известняки	Доломиты	Алевриты, аргиллиты	Мергели	Новообразования
Вишнин	8,0	25,1	13,5	6,8	2,4	2,4	1,2	2,8	29,5	10,4	3,9	1,6	0,4
Цупер	3,0	24,2	7,7	5,7	2	1,5	2,3	4,1	34,7	12,8	3,4	0,9	0,7
Лебедёвка	1,8	15,1	7,3	6,8	2,6	1,2	1,2	2,6	35,9	22,2	3,3	0,94	0,7
Малые Роги	3,0	24,5	9,9	8,5	2,1	1,2	2,1	1,8	33,2	12,9	2,7	1,0	0,1
Стрешин	7,8	22,4	13,2	5,6	2,6	2	2,9	1,7	23,3	10,9	7,9	3,8	0,2
Шихов	3,5	22,7	5,9	4,3	2,9	3,4	1,4	3,5	28,3	19	5,4	2,1	0,4
Василевичи	6,0	22,5	9,9	6,5	2,7	1,5	1,7	4,0	31,0	14,5	3,5	1,2	1,0
Колыбовка	1,2	22,1	10,5	5,8	1,3	1,3	1,4	1,7	30,4	18,3	6,5	0,5	0,2
Новики	2,4	18,8	11,0	6,7	2,2	1,3	2,5	2,6	32,2	17,2	4,3	0,8	0,4
Красный Берег	1,8	21,8	13,5	7,8	2,2	2,5	2	2,2	33,1	10,2	4,1	0,3	0,3
Среднее	3,8	21,9	10,2	6,4	2,3	1,8	1,9	3,0	30,2	14,8	4,5	1,3	0,5

Как видно из таблицы 2, содержание обломков в пробах составляет в среднем 460 шт. На основании этого показателя установлена закономерность: минимальное количество обломков (251 шт.) характерно для наиболее глубоководных древних морен, а наибольшее количество (669 шт.) — установлено в пробах, взятых с небольших глубин и более молодых моренных горизонтов.

При анализе петрографических данных, выявляются следующие особенности. Отношение кристаллических пород к осадочным равно в среднем 0,9, изменяясь от 0,58 до 1,18. Среднее содержание кристаллических пород составляет в среднем 47,7 %, изменяясь от 36,9 % до 54,2 %. Количество осадочных пород составляет в среднем 52,3 % и колеблется от 45,8 % до 63,1 %. Наибольший коэффициент отношения кристаллических пород к осадочным характерен для наиболее глубоководных древних моренных горизонтов. Для относительно молодых моренных горизонтов, залегающих с поверхности, характерно минимальное содержание кристаллических пород и максимальное осадочных пород. Коэффициент отношения известняков к доломитам в среднем составляет 2,2, изменяясь от 1,5 до 3,2, а соотношение карбонатных осадочных пород к некарбонатным осадочным породам составляет 10,3, изменяясь от 4,6 до 16,6. Проанализировав данные из таблиц, можно сказать, что наибольшее значение

для корреляции имеют известняки, доломиты, граниты розовые, граниты серые и кварц, а также коэффициент отношения кристаллических пород к осадочным.

Таблица 2 — Значения петрографических показателей и коэффициентов

Пункты отбора	Содержание гравийно-галечного материала, шт	Содержание кристаллических пород, %	Содержание осадочных пород, %	Отношение кристаллических пород к осадочным	Отношение известняков к доломитам	Отношение карбонатных и некарбонатных осадочных пород
Вицин	251	54,2	45,8	1,2	2,8	9,4
Цупер	438	47,5	52,5	0,9	2,7	11,7
Лебедёвка	423	36,9	63,1	0,6	1,6	14,7
Малые Роги	669	50,1	49,9	1,0	2,6	16,6
Стрешин	339	53,7	46,3	1,1	2,1	4,6
Шихов	641	44,5	55,5	1,2	1,5	8,3
Василевичи	401	48,9	51,1	0,9	2,1	10,4
Колыбовка	621	44,2	55,8	0,8	1,6	7,5
Новики	426	45,0	55	0,8	1,9	10,5
Красный Берег	362	52,0	48	1,1	3,2	9,8
Среднее	460	47,7	52,3	0,9	2,2	10,3

Сравнения петрографический состав днепровской морены нёманского (балтийского) потока западной Беларуси и днепровского потока юго-восточной Беларуси можно отметить, что в нём заметны определённые различия. Процентное содержание алевролитов и аргиллитов, кварца, гранитов розовых и серых в днепровской морене различных потоков приблизительно одинаково. Существенные различия наблюдаются в содержании песчаников, доломитов и известняков. Для днепровской морены юго-востока страны характерно повышенное содержание известняков и доломитов, но пониженное содержание песчаников. Днепровская морена на западе Беларуси характеризуется пониженным содержанием известняков и доломитов, но повышенным содержанием песчаников в отличие от морены того же возраста на юго-востоке страны. Различия в составе объясняются своеобразным геологическим строением пород ложа территорий, по которым двигался ледник [2].

Следует отметить образец, отобранный из моренных отложений у д. Лебедёвка Жлобинского р-на. Для него характерно повышенное содержание известняков и доломитов (до 35,9 %), а также небольшой коэффициент отношения кристаллических пород к осадочным, который составляет 0,5. Здесь повышено содержание осадочных (до 66,4 %) и понижено — кристаллических пород (до 33,5 %). Для петрографического состава морены у д. Лебедёвка, как и для морен сожского возраста, отобранных на западе Беларуси, повышено содержание известняков и доломитов, а также небольшой коэффициент отношения кристаллических пород к осадочным.

Эти различия указывают на возможно сожский возраст морены. М. М. Цапенко и Е. П. Мандер [1] также высказывали предположение, что моренные горизонты, которые занимают самые высокие гипсометрические уровни в рельефе у этого населённого пункта, имеют сожский возраст и объясняли это осцилляторными подвижками сожского ледника.

Проведенное изучение разрезов показало, что в строении плейстоценового покрова Стрешинской водноледниковой равнины принимают участие морены днепровской и сожской стадий припятского оледенений. Получен усредненный состав петрографического состава грубообломочных фракций днепровской морены и коэффициенты, которые могут быть использованы при геологических корреляциях.

1. Горецкий Г. И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра. М.: Наука, 1967. С. 97—102.
2. Хилькевич Е. В. Сравнительная характеристика грубообломочного материала разновозрастных морен балтийского ледникового потока // Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых. Минск: БГУ, 2011. С. 82—84.

М. А. Богдасаров, Н. Ф. Гречаник, О. А. Мазец

Брестский государственный университет

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

Четвертичные отложения повсеместно распространены в пределах Подляско-Брестской впадины, образуя сплошной покров различной мощности поверх более древних отложений, выстилающих субчетвертичную поверхность. Они формировались, в основном, в результате экспансии древних покровных оледенений, трижды проникавших на её территорию, а также в результате других экзогенных процессов. Для четвертичных отложений в пределах исследуемой территории характерны следующие черты: повсеместность распространения, неравномерность в распределении мощности, различный литологический и генетический состав отдельных слоёв и горизонтов, существенные нарушения залегания, которые вызваны проявлениями гляциотектоники. В процессе взаимодействия ледников с породами ложа, изменения палеотектонических, палеогеографических обстановок, деградации покровных

ледников, геологической деятельности постоянных, временных водотоков, эоловых, гравитационных процессов формировались различные генетические типы отложений.

С разными генетическими типами четвертичных отложений связаны и различные полезные ископаемые, которые можно подразделить на нерудные, рудные и россыпи. Наиболее широко в пределах исследуемой территории распространены нерудные полезные ископаемые. Рудные и россыпные — имеют незначительное распространение и в настоящее время не разрабатываются. В основу классификации четвертичных полезных ископаемых исследуемой территории положена общая генетическая классификация четвертичных отложений. В соответствии с ней выделены три класса четвертичных полезных ископаемых: гипергенный, биогенный, седиментогенный. Распространённость, объём скоплений, форма залегания тел полезных ископаемых перечисленных классов в пределах впадины различны.

Полезные ископаемые, относящиеся к гипергенному классу, широкого распространения в пределах рассматриваемой территории не получили. Они представлены маломощными телами линзовидной, гнёздообразной, реже пластовой формы. Это относится к маломощным залежам минеральных красок, связанных с проявлениями болотных железных руд и вивианита в торфяных залежах. Среди полезных ископаемых биогенного класса наибольший интерес представляют залежи торфа. Торфяные залежи в пределах впадины приурочены к пониженным элементам рельефа, отличаются между собой занимаемыми площадями и толщиной торфяной залежи. Крупнейшие месторождения торфа находятся в Пружанском, Кобринском р-нах. Новым полезным ископаемым биогенного класса является морёный дуб. Скопления морёного дуба приурочены к аллювиальным отложениям русловой, пойменной, старичной фаций. Крупные скопления морёного дуба сосредоточены в бассейнах рек — Зап. Буг, Мухавец, Лесная, Рита, Осиповка.

Наиболее широкое распространение имеют полезные ископаемые седиментогенного класса. В этом классе выделены полезные ископаемые ледникового, аллювиального, аэрального рядов. В свою очередь, среди полезных ископаемых ледникового ряда выделяются полезные ископаемые флювиогляциального, озёрно-ледникового и собственно ледникового типов. Крупнейшими месторождениями флювиогляциального типа в пределах впадины являются песчано-гравийные аккумуляции Миньковичского, Подбельского, Проходского, Перковичского (Гора Товарная), Вельямовичского месторождений, приуроченных к озам. Крупнейшими месторождениями песка зандрового типа являются — Гольское, Масевичское, Новорясненское, Долбневское. К флювиогляциальным, озёрно-ледниковым и озёрно-аллювиальным отложениям приурочены россыпи ископаемых смол (проявление Гатча-Осово). Полезные ископаемые озёрно-ледникового типа представлены глинами, камовыми песками. Крупнейшими месторождениями озёрно-аллювиальных глин являются Щебринское, Пауковское, камовых песков — Орепичское, Зареченское. Полезные ископаемые собственно ледникового типа представлены моренными валунными глинами, суглинками. Наиболее крупные скопления полезных ископаемых этого типа сосредоточены в Кабаковском, Збуражском, Клетнянском, Ровбицком месторождениях. К этому типу относятся скопления переотложенного мела в виде ледниковых отторженцев в Кабаковско-Малечском, Березовском месторождениях.

Четвертичные аккумуляции водного ряда также широко распространены в пределах исследуемой территории. С ними генетически связаны полезные ископаемые аллювиального, озёрного типов, в виде строительных песков, глин, сапропелей. Крупным месторождением аллювиальных песков является Мухавецкое. По разрезу продуктивной толщи в его пределах отмечается наличие ископаемых смол. Крупнейшим месторождением глин является Песковское. Залежи сапропелей локализованы в пределах современных озёр (Луковское), а также в основании торфяных залежей, образуя Великолесское, Гатча-Осовское, Rogoznyanskое месторождения. Полезные ископаемые аэрального ряда эолового типа представлены эоловыми песками, получившими широкое распространение в южной части впадины. Крупнейшими месторождениями этого типа являются — Вербовское, Новосёлковское.

Разработка месторождений четвертичных полезных ископаемых осуществляется открытым способом. Хотя площади карьерных выработок обычно невелики, но в пределах этих участков исходные ландшафты подвергаются значительной трансформации. Преобразовывается исходный рельеф территории, происходит перемещение больших объёмов пород, что способствует или, наоборот, препятствует размыву берегов, развитию оврагов, эрозии почвенного покрова ветром, водами, кроме этого изменяется литологический состав пород, разрушается или загрязняется почвенный покров, полностью или частично уничтожается растительность, животные и микробные сообщества, изменяются микроклиматические параметры нарушенной поверхности. Влияние карьерной разработки на прилегающие территории (особенно на гидрологические условия) может распространяться на значительные площади, превышаемые во много раз по размерам площадь самого карьера.

Актуальной для исследуемой территории является проблема состояния подземных вод, которые служат основным источником водоснабжения и в значительной степени определяют качество среды обитания и здоровье населения. Высокая проницаемость пород обуславливает слабую защищённость подземных вод от содержания в них хлоридов, сульфатов, нитратного и аммонийного N. Сильное загрязнение грунтовых и подземных вод происходит в районах промышленных центров, горнодобывающих предприятий. Загрязнение подземных вод наблюдается в районах размещения водозаборных скважин, в селитебной зоне населённых пунктов, в районе очистных сооружений, свалок, животноводческих ферм.

Особенностью добычи полезных ископаемых является их временный характер: при истощении запасов полезного ископаемого горные работы на месторождении прекращаются. В связи с этим разработку месторождений це-

лесообразно вести так, чтобы формируемые при этом новые ландшафты, выемки, отвалы, инженерные сооружения могли в последующем с максимальным эффектом использоваться для других народнохозяйственных целей.

В. А. Большаков

Московский государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ ОРБИТАЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ДИАГРАММЫ С ГЛОБАЛЬНО ОСРЕДНЁННОЙ ИЗОТОПНО-КИСЛОРОДНОЙ ЗАПИСЬЮ LR04 ДЛЯ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ 0—1,5 МЛН ЛЕТ НАЗАД

Основой стратиграфических корреляций и построений четвертичного периода в последние десятилетия является изотопно-кислородная (ИК) климатохроностратиграфическая шкала. Хронология зафиксированных в этой шкале ледниковых и межледниковых событий (соответственно чётных и нечётных ИК стадий) основана на: 1) наличии в глубоководных разрезах хронологических реперов, прежде всего связанных с датированными палеомагнитными инверсиями, и 2) выделении орбитальных периодичностей в ИК записях глубоководных отложений (т. н. метод «орбитальной настройки», или «подгонки» — orbital tuning). Тем не менее, имеющиеся факты не позволяют полностью доверять ИК шкале, полученной с помощью *только* орбитальной настройки. Дело в том, что до того времени, пока не были получены новые, аргон-аргоновые датировки, например, палеомагнитной инверсии Матюяма-Брюнес (М—Б), в ряде работ известных специалистов, использовавших орбитальную настройку, возраст инверсии существенно недооценивался (он был близок к возрасту 730 тыс. лет, определённому ранее К—Ar методом). Отметим, что в методе орбитальной настройки обычно используется выделение в палеоклиматических записях гармоник, связанных с вариациями наклона земной оси или с климатической прецессией, характеризуемых основными периодичностями соответственно около 41 тыс. лет и 23 и 19 тыс. лет. Поэтому, когда была получена новая дата для инверсии М—Б, 780 тыс. лет, разногласия с методом орбитальной подгонки объяснили пропуском в ИК записи одного 41-тысячелетнего или двух прецессионных циклов [4].

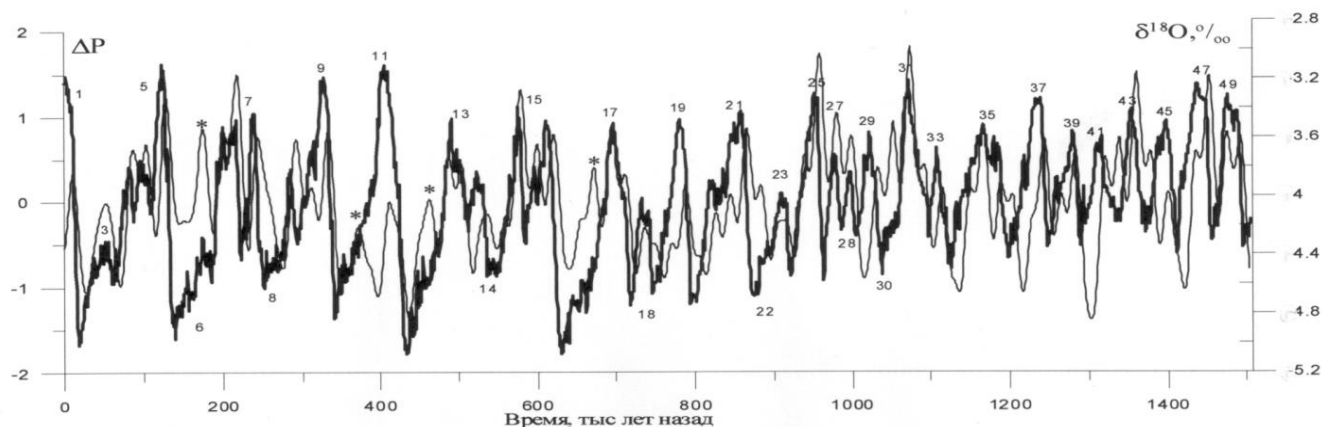
Здесь следует указать и на некую предопределённость использования метода орбитальной настройки в смысле проявления в палеоклиматических записях только орбитальных периодичностей [6]. Это следует признать недостатком, т. к. климатическая изменчивость в плейстоцене определялась не только вариациями орбитальных элементов. Поэтому были сделаны попытки установления хронологии глубоководных палеоклиматических записей на основе предположения о постоянстве скорости седиментации [9]. Тем не менее, результаты такой хронологии также можно критиковать из-за реального непостоянства, вследствие различных причин, скорости осадконакопления в плейстоцене [7].

Ранее был предложен способ хронометрирования ИК записей посредством их сопоставления с орбитально-климатической диаграммой (ОКД) [3, 4]. Способ построения ОКД, которая отражает прямое климатическое влияние вариаций всех трёх орбитальных элементов, подробно изложен в публикациях [1, 4, 7]. В соответствии с палеоклиматическими данными для последнего миллиона лет, наибольший вклад в изменения ОКД в этом временном интервале дают вариации эксцентриситета, наименьший — прецессионные вариации. ОКД представляет условную относительную вероятность (ΔP) осуществления оледенений (для отрицательных ΔP) и межледниковий (для положительных ΔP) за последний миллион лет (рисунок). На рисунке ОКД сопоставляется с одной из наиболее представительных и надёжных палеоклиматических записей — составной ИК бентосной записью LR04 [11]. LR04 была создана Лизецки и Раймо в 2004 г. и представляет собой составную, глобально осредненную по 57 глубоководным колонкам ИК запись по бентосным фораминиферам для интервала времени от современности до 5,3 млн лет назад. Отметим, что в этом интервале времени ОКД опережает во времени, как и должно быть, климатический отклик LR04.

Временная шкала LR04 установлена путём орбитальной подгонки, что, как уже упоминалось выше, не гарантирует высокой надежности этой шкалы по всему её временному диапазону. Временная шкала ОКД выгодно отличается тем, что в ней, помимо вариаций наклона земной оси и прецессии, прежде всего используются наиболее хорошо выраженные 100-тысячелетние эксцентриситетные циклы. Уже визуальное сравнение LR04 и ОКД показывает довольно неплохую степень их подобия. Вполне ожидаемы, учитывая простоту и ясность построения ОКД, и некоторые расхождения формы и временные несогласия двух кривых. Тем не менее, есть и очевидные соответствия, например, для ИК стадий 1—5, 7, 13—15, 17—25. Хорошо выражены 100-тысячелетние эксцентриситетные циклы, что позволило продолжить ОКД за пределы 1 млн лет в прошлое для изучения среднеплейстоценового перехода (СПП) [5].

Как известно [5, 8, 10], СПП — одно из наиболее значительных и изучаемых климатических явлений плейстоцена — заключается в смене доминирующей периодичности оледенений от 41-тысячелетней, обусловленной вариациями наклона земной оси, к 100-тысячелетней эксцентриситетной периодичности. Это явление связывается с понижением глобальной температуры, оно сопровождалось увеличением среднего объёма льда на планете, большим размахом колебаний уровня Мирового океана и глобального объёма льда в циклах оледенение-межледниковье. Проблема СПП чётко обозначилась ещё в самом начале 1980-х гг. [12]. Она заключается в необходимости удовле-

творительного (отсутствующего до сих пор) объяснения смены ритмики глобальных оледенений, происшедшей, несмотря на то, что орбитально обусловленные вариации инсоляции, с которыми в основном связывают глобальные колебания климата в плейстоцене, не изменяли своего характера в течение всего четвертичного периода. Помимо отсутствия общепризнанного механизма СПП, неоднозначны и характеристики самого явления: время начала СПП, его продолжительность, изменения различных параметров, рассматриваемых в качестве индикаторов глобального климата. В результате проведённых мною исследований, основанных на сопоставлении ОКД и LR04, получены следующие заключения.



Цифры у кривых — номера ИК стадий (нечётные — межледниковые стадии, чётные — ледниковые стадии). Звёздочками отмечены наиболее значительные несоответствия формы ОКД- и LR04-кривых для последнего миллиона лет

Рисунок — Сопоставление ОКД (тонкая кривая) и LR04 (утолщённая кривая)

ОКД существенно лучше, чем дискретные инсоляционные кривые, соответствует эмпирическим данным, отражающим глобальные колебания климата последних 1 250 тыс. лет. Следовательно, ОКД является разумной альтернативой использованию дискретных (для одного месяца или одних суток, под одной широтой) изменений инсоляции для палеоклиматической интерпретации эмпирических данных в этом временном интервале.

Сопоставление ОКД с LR04 приводит к заключению о возможных неточностях временной шкалы LR04. В частности, в записи ИК стадий 27—29, скорее всего, выделен один лишний прецессионный цикл.

Смена периодичности доминирующих ледниковых циклов (начало 100-тысячелетней периодичности, СПП) произошла 1 239 тысяч лет назад, на уровне максимума ИК стадии (ИКС) 37. После этого 100-тысячелетний эксцентриситетный цикл не прерывался.

Следовательно, общепринятая сейчас нумерация изотопно-кислородных стадий, начиная с ИКС 23 и до ИКС 37, построена неверно, т. к. вместо реально существующей 100-тысячелетней цикличности отражает 41-тысячелетнюю периодичность.

Работа проводится при поддержке РФФИ, проект № 11—05—00147а.

1. *Большаков В. А.* Новый способ построения диаграммы палеоклиматических изменений плейстоцена // Докл. АН РФ, 2000. Т. 374. № 5. С. 692—695.
2. *Большаков В. А.* Новая концепция астрономической теории палеоклимата: шаг вперед, после двух шагов назад // Физика Земли. 2001. № 11. С. 50—61.
3. *Большаков В. А.* Новый способ хронометрирования изотопно-кислородных записей колонок глубоководных осадков // Докл. АН РФ. 2003. Т. 388. № 1. С. 105—108.
4. *Большаков В. А.* Новая концепция орбитальной теории палеоклимата. М.: МГУ, 2003. 256 с.
5. *Большаков В. А.* Исследование характеристик «среднеплейстоценового перехода» с помощью сопоставления изотопно-кислородной записи LR04 с орбитально-климатической диаграммой // Докл. АН РФ. 2013 (в печати).
6. *Большаков В. А., Капица А. П.* Уроки развития орбитальной теории палеоклимата // Вестн. РАН. 2011. Т. 81, № 7. С. 603—612.
7. *Большаков В. А., Иванова Е. В., Прудковский А. Г.* Некоторые результаты применения нового метода хронометрирования палеоклиматических записей глубоководных колонок донных осадков // Океанология. 2005. Т. 45, № 6. С. 916—926.
8. *Clark P. U., Archer D., Pollard D. et al.* The middle Pleistocene transition: characteristics, mechanisms and implications for long-term changes in atmospheric pCO₂ // Quatern. Science Reviews. 2006. Vol. 25. P. 3150—3184.
9. *Karner D. B., Levine J., Medeiros B. P., Muller R. A.* Constructing a stacked benthic δ¹⁸O record // Paleoceanography, 2002. Vol. 17, N 3. 1030. 10.1029/2001PA000667.
10. *Lisiecki L. E.* Links between eccentricity forcing and the 100,000-year glacial cycle // Nature Geoscience. 2010. Vol. 3. P. 349—352.
11. *Lisiecki L. E., Raymo M. E.* A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic δ¹⁸O records // Paleoceanography. 2005. Vol. 20, PA 1003. 10.1029/2004PA001071.
12. *Pisias N. G., Moore T. C.* The evolution of the Pleistocene climate: a time series approach // Earth and Planetary Sci. Lett. 1981. Vol. 52, P. 450—458.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДОКСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Городокская возвышенность, расположенная на северо-востоке Беларуси, является одним из наименее изученных геоморфологических районов Белорусского Поозерья. В истории развития возвышенности выделяется три основных этапа: формирование цоколя коренных пород возвышенности, формирование моренного цоколя и этап оформления современного облика возвышенности.

Этап формирования цоколя коренных пород исследуемой территории имеет большую продолжительность и связан, главным образом, с тектоническим развитием Оршанской впадины. История её формирования достаточно сложная и до сих пор слабо установлена [2]. Заложение впадины происходило в позднем протерозое, возвышенность находилась на северо-западном склоне крупной отрицательной структуры. В нижнем палеозое территория была сушей, но со среднего девона начинается новый этап погружения впадины. Рассматриваемая территория опускается, в морских условиях идет накопление терригенно-карбонатных серий пород. При погружении поверхности фундамента в структуре Оршанской впадины закладывались системы разломов, которые рассекали территорию на отдельные блоки, горсты и грабены [7]. К концу девона в пределах возвышенности сформировалась пологая равнинная территория с невысокими абсолютными отметками высот. Поверхность её слагали преимущественно карбонатные породы — доломиты, известняки.

В течение мезозоя территория Городокской возвышенности испытывает слабое воздымание, общий уклон поверхности сменяется на южный, здесь в это время присутствуют морские бассейны. Рассматриваемая местность становится денудационной поверхностью, на поверхности закладываются речные долины, обращенные в югу. Податливые терригенные породы разрушаются быстрее, в итоге перепад высот на юго-западе и северо-востоке возвышенности постепенно возрастает. Прочные и доломиты и известняки саргай-семилукского возраста формируют локальный водораздел, который протягивается по линии Руба—Городок—Вировля—Доминиково в северо-северо-западном направлении. Этот водораздел является частью Латвийско-Белорусской возвышенности дочетвертичной поверхности [3].

В начале кайнозойской эры в пределах возвышенности начинают оформляться поверхности выравнивания. На территории возвышенности прослеживаются три таких поверхности: палеоцен — эоценовая, олигоцен миоценовая, плиоценовая [6].

Этап формирования моренного цоколя возвышенности начинается с наступания на территорию первого плейстоценового ледника и завершается с началом муравинского межледниковья. В пределах возвышенности не сохранилось аккумуляций нижнего плейстоцена. Большую контрастность рельеф возвышенности приобрел во время далеко продвинувшегося к югу березинского оледенения. Березинский ледник уничтожил все ранее сформированные плейстоценовые образования, значительно воздействовал на дочетвертичное ложе. На территории возвышенности в поверхности прочных карбонатных пород образуется ряд слабоврезанных до 10—20 м понижений, которые в последствии пломбируются донной монолитной мореной и реже мореной складчато-надвиговой текстуры.

Крупные изменения произошли на исследуемой территории в припятское время. Самый мощный ледниковый покров плейстоцена в пределах Восточно-Европейской платформы уходил далеко к югу от возвышенности во время двух своих мега-стадий: днепровской и сожской. Радиально-секторальная структура ледникового покрова во время обоих этих стадий определяла положение Городокской возвышенности в ледораздельной зоне. Здесь, в днепровскую, а затем и сожскую стадии протекала усиленная аккумуляция моренных отложений, которые сформированы напорными, конечно-моренными фациями со складчато-надвиговыми текстурами, крупными отторженцами дочетвертичных и плейстоценовых пород.

В результате к началу муравинского межледниковья Городокская возвышенность была отчётливо выделяющейся в рельефе цокольно-аккумулятивной ледораздельной макроформой с мощностью четверичной толщи до 100 м. Возвышенность имела площадь примерно в 2,5 раза уступающую нынешней. Абсолютные отметки высот достигали значений 200 м, хотя преобладали значения высот в 160—180 м.

Этап оформления современного облика возвышенности происходил во время поозёрского оледенения. Он включает три основных подэтапа: подледниковый, внутриледниковый и подэтап краевой аккумуляции.

В *подледниковый подэтап* территория возвышенности оказалась полностью перекрытой продвинувшимся на 120—160 км южнее относительно маломощным покровом поозёрского оледенения. Ему была характерна радиально-секторальная структура [5, 8]. Городокской возвышенность находилась в ледораздельной зоне между Чудским и Ладожским потоками. Подледниковый подэтап длился в пределах Городокской возвышенности во время свирьской максимальной и витебской постмаксимальной фазы оршанской стадии поозёрского оледенения. По завершению подэтапа граница активного льда проходила примерно по линии Зароново—Городок—Руба. В пределах возвышенности подэтап завершился созданием избыточно мощного формообразующего комплекса отложений, максимальных значений достигающего в ледораздельной зоне и прилегающей к ней запада части возвышенности.

Внутриледниковый подэтап начался с фазы дегляциации динамической ледораздельной зоны и завершился с преобразованием динамического ледораздела в морфологический. В начале этапа возросли амплитуды неровно-

стей ложа приводили к дифференциации скоростей и направлений движений льда. В ледораздельной зоне образовывались локальные разнонаправленные языки. На участках стыков локальных языков происходило выдавливание снизу моренного материала и начиналось активное внутриледниковое рельефообразование [1]. К этому времени были созданы крупные уплощенные холмы и массивы центральной части возвышенности, здесь в виде узкой полосы сохранялись участки мертвого льда. Трещины и проталины в нём, заложенные, как правило, над ранее созданными под- и внутриледниковыми гляциоструктурными образованиями, выполнялись водно-ледниковыми песчаными, песчано-гравийными и гравийно-галечными отложениями. Движения активного льда во время деградации были сезонно-колебательными, чередуя этапы незначительных подвижек с более продолжительными остановками. В результате таких осцилляторных подвижек сформированное и покрытое мертвым льдом ядро возвышенности прирастало цепочками холмисто-грядового рельефа. В рельефе восточного и западного склонов возвышенности прослеживается 6 цепочек такого холмисто-грядового рельефа. Цепочки имеют фестончатый в плане облик, в узловых их частях расположены локальные угловые массивы.

Подэтап краевой аккумуляции связан с наступлением ледника браславской стадии, около 15 тыс. лет назад [4]. Краевая зона браславского ледника распадалась на ряд небольших лопастей и языков. Следы ледораздельной зоны прослеживаются по межозерному перешейку озёр Невель и Заверезье и Ородово—Езерище и далее в районе д. Жуково Городокского р-на. В краевой зоне браславской стадии на территории Городокской возвышенности сооружались небольшие по мощности гляциоструктуры, преобладали складчатые и складчато-надвиговые образования. Продвижение моренонасыщенных полос льда часто протекало по плоскостям надвигов из озёрно-ледниковых отложений браславских межстадиальных озёрно-ледниковых глин и алевроитов.

На северо-западном склоне была сформирована полоса холмистого рельефа западнее котловины озера Берново, что выстраивается в цепочку, параллельную краю ледника. В районе д. Селище Городокского р-на подо льдом была сформирована крупная ложбина, осложненная впоследствии подлёдным каналом стока талых ледниковых вод. На дистальном склоне вся краевая зона надстраивалась отложениями конусов выноса и дельт. В проксимальной части краевой зоны шла аккумуляция маломощных моренных гляциоструктур, представленных как правило небольшими брахиантиклинальными складками.

На северо-восточном склоне наиболее мощные гляциоструктуры были сооружены в районе дд. Кудины—Гуколы, где они также надстроили полосе холмистого рельефа берновской осцилляции. Полоса конечно-моренного рельефа хорошо прослеживается у д. Махалово и тянется к д. Сеченка Городокского р-на. Южнее, в районе д. Солодковичи, талые воды образовали холмисто-грядовый рельеф, построенный водно-ледниковыми отложениями. Восточнее крупной ледниковой ложбины с оз. Сесито—Межа у д. Степановичи формировался грядово-холмистый конечно-моренный рельеф, надстроенный мощной водно-ледниковой толщей конусов выноса у д. Долганы Городокского р-на.

В начале голоцена произошла окончательная расконсервация озёрных котловин. Территория испытала незначительное гляциоизостатическое воздымание, произошло небольшое врезание и формирование речных долин.

Таким образом, выявленные закономерности формирования средне- и верхнеплейстоценовых толщ позволили раскрыть основные этапы формирования Городокской возвышенности. В её появлении основная роль принадлежит плейстоценовым оледенениям.

В течение длительного времени в пределах Городокской возвышенности формировалось поднятие дочетвертичной поверхности. Оно оказывало влияние на динамику среднеплейстоценовых ледниковых покровов, в результате чего в березинское и припятское оледенение образовался моренный цоколь возвышенности. Окончательное оформление Городокской возвышенности как крупной формы рельефа произошло во время поозёрского оледенения и включало три подэтапа: подледниковый, внутриледниковый и этап краевой аккумуляции.

1. *Аболтиньш О. П.* Гляциоструктура и ледниковый морфогенез. Рига: Зинатне, 1989. 284 с.
2. *Айзберг Р. Е.* Тектоника Оршанской впадины // Докл. АН БССР. 1971. Т. 15, № 9. С. 826—829.
3. *Исаченков В. А.* Проблемы морфоструктуры и древнеледниковой морфоскульптуры. Ленинград: Наука, 1988. 176 с.
4. *Матвеев А. В.* История формирования рельефа Белоруссии. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 144 с.
5. *Матвеев А. В.* Особенности динамики поозёрского ледника в северной Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1993. Т. 37, № 3. С. 89—91.
6. *Можжаев Б. Н., Можжаева В. Г.* Ступенчатость рельефа в области валдайского оледенения // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1964. № 3. С. 52—53.
7. *Нагорный М. А.* Тектоника Оршанской впадины // Літасфера. Минск, 2009. № 2 (31) С. 67—74.
8. *Чеботарёва Н. С.* Особенности деградации валдайского оледенения на востоке Белоруссии и северо-западе Смоленской области // Тез. докл. Всесоюз. межвед. совещ. по изучению краевых образований материкового оледенения. Смоленск, 1968. С. 20—24.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЦВЕТНОСТИ МОРЕН ДЛЯ РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ ЛЕДНИКОВОГО КОМПЛЕКСА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Основными маркирующими горизонтами плейстоценовых отложений ледниковой области Восточно-Европейской равнины являются разновозрастные комплексы моренных отложений. От той или иной трактовки их геологического возраста и пространственных корреляций во многом зависят стратиграфические построения и палеогеографические реконструкции. Однако значительное визуальное сходство разновозрастных морен, разнообразие условий залегания и литологических характеристик сильно осложняют выявление одновозрастных морен не только даже в пределах сравнительно небольших площадей. В этом кроется причина выделения разного количества ледниковых эпох и различного толкования их возраста. В результате имеющиеся палеогеографические схемы для центральных районов Восточно-Европейской равнины заметно отличаются между собой по таким принципиальным вопросам, как количество и возраст ледниковых эпох, пределы максимального распространения ледников в конце среднего и верхнем плейстоцене. Как следствие этого, стратиграфические схемы разных исследователей существенно расходятся, что затрудняет геологическое картирование, инженерно-геологические и другие исследования. Отмеченные трудности усугубляются ещё и тем, что в меж моренных отложениях далеко не всегда удаётся обнаружить выразительные палеонтологические материалы, которые позволили бы уверенно датировать вмещающие отложения.

В связи со сказанным возникает острая необходимость в широком привлечении аналитических методов для возрастной диагностики морен. Весьма перспективно в этом отношении их комплексное литологическое изучение, проводимое в Лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ. Особое внимание при этом было сосредоточено на цветности морен, являющейся одним из важнейших свойств, диагностических и корреляционных признаков, имеющих большое генетическое и палеогеографическое значение. Необходимо при этом заметить, что объективное определение и измерение цвета морен до сих пор представляет одну из нерешенных проблем ледникового литогенеза [1—3]. Поэтому поиск путей количественного выражения окраски морен в качестве объективного показателя имеет несомненный теоретический и практический интерес.

Попытки использовать цвет морен в качестве стратиграфического или корреляционного критерия сталкиваются с трудностями, касающимися не только недостаточной разработанности общих принципов сопоставления морен, но и выбора оптимальной методики определения цветности, а также изучения природы окраски. Чаще всего окраска морен оценивается визуально: разные цвета описываются различными исследователями одинаково, а сходные — получают различные наименования. В силу этого использование описаний, составленных несколькими исследователями, в значительной степени затруднено. Оно приводит к разночтениям в стратиграфической интерпретации, на что в литологической литературе, как в отечественной, так и в зарубежной неоднократно обращалось внимание.

Проблема причинности в связи с вещественным составом и характером геохимических процессов, впервые затронутая [4], получила развитие в работе [5]. Было показано, что на формирование цвета определённым образом влияют вещественный состав (химический, гранулометрический, минералогический), а также агрегированность и влажность породы. Выявлено также, что цветность морен как унаследованный от коренных пород признак меняется в зависимости от подстилающих пород. Действительно, в целом ряде случаев такая непосредственная связь весьма характерна. Вместе с тем известно, что на значительных площадях, покрывавшихся плейстоценовыми оледенениями, часто общий фон окраски морен приближается к бурому или буровато-коричневому цвету и, таким образом, не отражает прямой связи с подстилающими породами. На фоне действующих факторов особая роль в окрашивании отложений отводится тонкодисперсным фракциям. Отмечается, что незначительное изменение в соотношении глинистой и алевритовой составляющих осадка оказывает заметное влияние на показатели цветности.

Изменение цветовых признаков морен, их отражательной способности связывается преимущественно с оксидами Fe различной степени гидратированности, придающими им бурые, коричневые, жёлтые тона и создающими тональность окраски; с закисными соединениями Fe, сообщающими синеватые и зеленоватые тона; с органическим веществом в форме гумусо-глинистых комплексов, прокрашивающим отложения в тёмные тона; наконец, с веществами белого цвета (кремнекислота, карбонаты, сульфаты, некоторые вторичные минералы и др.), влияющими на насыщенность тона. Необходимо при этом заметить, что воздействие светлоокрашенных компонентов на окраску моренной массы во многом снижается из-за маскирующего действия соединений окисного Fe, гумуса, образующих на поверхности частиц плёнки. Процессы сорбции и десорбции оксидов Fe глинистыми минералами имеют достаточно широкое распространение в природе. Они, в значительной степени, регулируются окислительно-восстановительными условиями среды и обусловлены, в частности, присутствием или отсутствием органического вещества, способствующего переходу части трёхвалентного Fe в двухвалентное, что, в свою очередь, приводит к изменению в окраске. Немаловажную роль в хроматической характеристике морен играют количественные соотношения перечисленных выше хромофоров. Изучение особенностей ледового литогенеза выявило существенную роль в окраске морен железистых новообразований, заключённых в глинистой массе заполнителя. Они образуют

бесформенные пятна, плёнки на отдельных зёрнах, дают расплывчатые ореолы вокруг точечных зёрнышек железистых карбонатов, слоистых пластинок, а также входят в тонкую смесь с дисперсными глинистыми частицами основной ткани морены.

Методы изучения окраски природных образований развивались как в направлении качественного её определения с использованием цветовых стандартов и шкал, так и по пути получения количественных характеристик с помощью оптических приборов. Применение специально разработанной методики комплексного спектрофотометрического исследования к образцам разновозрастных морен позволило выявить особенности хроматической структуры и установить причину их характерной окраски. Объективная количественная характеристика окраски морен, их спектральной отражательной способности была получена с помощью спектрофотометра СФ-14 с интегральной сферой по воздушно-сухим образцам из фракции мельче 0,25 мм. В основе используемого спектрофотометрического метода лежит измерение интенсивности и спектрального состава излучений, отраженных от образцов морен и фиксируемых прибором в видимой области (400—750 нм) спектра. На полученных спектрограммах исследуемые образцы характеризовались серией кривых. Количественный расчёт и оценка цветности морен осуществлялись с помощью анализа общего вида спектральной кривой (свыше 600) и рассчитанных на её основе спектрофотометрических коэффициентов (цветности, яркости, отражения света, относительного поглощения света, относительной чистоты цвета, тональности и других), позволивших значительно сократить количество цифровых данных, получить объективное представление о цветовом тоне, насыщенности цвета, наметить связь между изменениями спектрофотометрических коэффициентов и палеогеографическими условиями моренообразования. Преимущества указанного метода заключаются в следующем: 1) образцы не подвергаются химической обработке и не претерпевают изменений, что особенно важно для понимания сущности процессов их образования; 2) инструментальный метод исследования спектральной отражательной способности позволяет получить точную количественную характеристику их цветности. С целью выявления влияния вещественного состава на отражательную способность ледниковых отложений проводилось определение гранулометрического состава, валового химического состава (в т. ч. валового анализа илистой фракции), органического вещества (количественных и качественных его параметров), карбонатности. Наряду с этим привлекались данные минералогического анализа, в частности минеральный состав глинистой составляющей осадка. Для решения некоторых диагностических задач были рассчитаны статистические показатели природного варьирования спектральных свойств морен и оценена степень информативности спектрофотометрических коэффициентов.

Объектом исследования возрастного и пространственного разграничения ледниковых отложений по цветности в связи с условиями литогенеза послужили разновозрастные морены ряда литологических районов Центра Восточно-Европейской равнины, различающиеся по условиям ледникового питания: в Онежском секторе — Ярославское Поволжье, занимающее мезозойскую равнину; в Ладожском секторе — Московский округ с останцовыми возвышенностями, сложенными мезозойскими породами, Можайско-Боровский округ в пределах карбонового плато. Наиболее полно комплекс ниже-, среднеплейстоценовых морен исследован в Ладожском секторе: в районах Боровско-Тарусском, Дмитровско-Московском; в Онежском секторе — Загорском, отчасти Ростовско-Ивановском районах. Верхнеплейстоценовые морены изучены в Ладожском секторе — Дмитровско-Московском, Смоленско-Белорусском и Угринском районах.

Спектрофотометрическое изучение свыше 400 образцов разновозрастных морен позволило обнаружить общие черты их цветовой характеристики при определённом различии. Оно показало, что: 1) спектральный состав и интенсивность излучений, отражаемых моренами, являются одной из стабильных и важнейших диагностических характеристик и могут применяться при их изучении, удачно дополняя визуальные наблюдения, они дают количественное представление о цвете ледниковых отложений, позволяют судить о связи вещественного состава с хроматической структурой последних, о характере и степени диагенетических преобразований морен; 2) цветность морен, базируясь на объективных количественных параметрах, может быть использована для стратиграфического расчленения разрезов, корреляции отложений, а также для выяснения особенностей литогенеза разновозрастных морен, связанных со своеобразием структуры ледниковых покровов и характером питающих провинций; 3) спектрофотометрический метод изучения цветности морен позволяет дополнить характеристику ледниковых отложений новыми показателями, способствующими более полному раскрытию их свойств, производных от своеобразия палеогеографической обстановки периода их формирования.

1. Глушанкова Н. И. Цветность морен как показатель условий литогенеза // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1984. № 1. С. 76—80.
2. Лаврушин Ю. А., Ренгартен Н. В. Основные черты ледникового типа литогенеза // Литология и полезные ископаемые. 1974. № 6. С. 43—52.
3. Рухина Е. В. Литология ледниковых отложений. Л.: Недра, 1973. 176 с.
4. Ферсман А. Е. Цвета минералов. Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 159 с.
5. Flint R. F. Glacial and Pleistocene geology. New York, 1957. 553 p.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНА В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ОКИ

На протяжении последних десятилетий основными направлениями в изучении плейстоцена на территории Восточно-Европейской равнины остаются детальные региональные исследования с применением широкого арсенала методов четвертичной геологии, палеогеографии, генетического почвоведения. В докладе кратко излагаются основные данные, полученные в итоге комплексного изучения новейших отложений в бассейне Оки — одном из ключевых регионов на Восточно-Европейской равнине, где имело место неоднократное чередование ледниковых и межледниковых обстановок со сложным сочетанием гляциодинамических процессов с процессами лёссовоаккумуляции, палеопедогенеза, криоморфогенеза, отражающих особенности природно-климатических изменений на протяжении плейстоценовой истории. Строение, вещественный состав новейших отложений и подавляющая часть палеогеографических событий плейстоцена в бассейне Верхней Оки нашли отражение в Лихвинском (Чекалинском) стратотипическом разрезе в северной части Среднерусской возвышенности, рельеф которой представляет собой типичную эрозионную равнину. Разрез расположен на северной окраине г. Чекалина и вскрывается вдоль левого берега р. Оки на протяжении свыше 1,5 км, возвышаясь над урезом на 40 м. В обнажении разреза, дополненном шурфами и скважинами, выше карбоновых известняков вскрывается 50-метровая толща лёссовых, палеопочвенных, гляциальных (моренных и водно-ледниковых), аллювиальных, озёрных и болотных образований. Стратиграфо-палеогеографическое и корреляционное значение Лихвинского разреза определяется: относительной полнотой геологической летописи, включая эпохи интенсивного педогенеза среднего и позднего плейстоцена; сочетанием в едином разрезе маркирующих палеопочвенных, криогенных и моренных горизонтов; разнообразием фациально-генетических разновидностей.

В течение длительного времени разрез был предметом изучения многих исследователей, давших свои описания и схемы расчленения. Современные представления о стратиграфии разреза и природной обстановке осадконакопления базируются в основном на палинологическом изучении линзы межледниковых озёрно-старичных отложений, признанной стратотипом первого среднеплейстоценового — лихвинского межледниковья, на палеопотамологическом анализе Пра-Оки, в гораздо меньшей степени на изучении ископаемых почв, впервые прослеженных А. И. Москвитиным в подморенных и надморенных частях разреза, но до сих пор недостаточно изученных. Проследив морфологические признаки палеопочв, названных им лихвинской, борисовской, ивановской, одинцово-микулинской «сдвоенной», он придавал межледниковый статус каждой из них и большое стратиграфо-палеогеографическое значение. Самую нижнюю из подморенных почв, сформированную на пойменных осадках, он считал субазральным образованием лихвинского межледниковья, которое сопоставлял с кромером. Развитую выше палеопочву отнес к борисовскому межледниковью, сопоставляемому с доокским интергляциалом. Самую мощную «южно-подлесную почву» А. И. Москвитин датировал ивановским межледниковьем, которое считал предшествующим днепровскому (заальскому) оледенению. При последующем осмотре обнажения он отмечал «тождество вида надморенной ресс-вюрмской почвы» в местах более полной сохранности со сдвоенными — чернозёмной и подзолистой — почвами микулинского и одинцовского межледниковий окрестностей г. Владимира на Клязьме. Эти стратиграфические представления не подтвердились данными последующего комплексного изучения новейших отложений Лихвинского разреза [3]. К настоящему времени накоплен новый материал, полученный с помощью литологического, геохимического, палеопедологического, палеонтологического и других методов сопряжённого палеогеографического анализа, дополняющий, а в ряде случаев уточняющий существующие представления об ископаемых почвах, стратиграфии и палеогеографии разреза.

Несмотря на широкую известность и опорное значение Лихвинского разреза, до сих пор не существует общепризнанной схемы его стратиграфического расчленения. Всё ещё дискуссионными остаются вопросы, касающиеся количества палеопочвенных горизонтов, выделяемых в отдельных звеньях плейстоцена, стратиграфического положения почв отдельных геохронологических этапов, фациального и возрастного взаимоотношения палеопочв, с одной стороны, и осадочных толщ — с другой. Между тем выяснение этих вопросов является необходимым условием для определения палеогеографической значимости и стратиграфического ранга почвенных горизонтов.

На основании многолетнего изучения строения разреза, условий залегания толщ с учётом перерывов осадконакопления, особенностей фациального состава и взаимопереходов отложений по простиранию в пятидесятиметровой толще новейших отложений Лихвинского разреза, отражающих более чем полумиллионную историю осадконакопления, выделяется десять разновозрастных и разногенетических комплексов отложений. В их числе не менее семи горизонтов ископаемых почв, имеющих различную мощность, степень сохранности профилей и выраженности в них генетических горизонтов, пронумерованных от I (ПП₁) до VII (ПП₇), начиная с верхней ископаемой почвы разреза, исключая современную почву. Они сопоставляются нами с брянской (ИКС 3), мезинским педокомплексом (крутицкой + микулинской, ИКС 5), роменской (ИКС 7), каменской (ПП₅ + ПП₆, ИКС 9) и инжавинской (ИКС 11) почвами региональной хроностратиграфической схемы Восточно-Европейской равнины. Горизонты ископаемых почв фиксируются в окско-днепровских слоях (комплексы III—V) и после днепровской серии осадков (комплексы

VIII—X). На протяжении окско-днепровского этапа сформировалось не менее трёх разновозрастных пачек отложений. Постель первой аллювиальной свиты (собственно нижнекривичской — комплекс III) лежит стратиграфически выше окской морены, на размытой поверхности более древних осадков, поднимаясь над современным урезом Оки на 6—8 м. Русловые пески фациально замещаются озёрно-старичной линзой (9—10 м) оптимума лихвинского межледниковья. Аллювиальные фации следующего IV комплекса представлены русловыми, старичными и пойменными отложениями. Среди последних развиты маломощные почвы. Значительная мощность всей аллювиальной пачки (10—12 м), разнообразный фациальный состав и большой возрастной диапазон позволяют считать её самостоятельным аллювиальным циклом. Она венчается инжавинской палеопочвой (ПП₇), стратиграфическая значимость которой определяется возрастным взаимоотношением её с озёрно-старичной линзой лихвина. Время образования почвы А. И. Москвитин относит к миндель-рисскому межледниковью, считая озёрные слои прислоненными к ней. Одновременность формирования инжавинской почвы и озёрно-старичных отложений оспаривается Н. Г. Судаковой [4]. На основании имеющейся ТЛ-датировки (336 ± 41 тыс. лет назад.), с учётом прослеженных взаимоотношений горизонтов, она полагает, что палеопочва формировалась позднее озёрно-старичной линзы приблизительно на 100 тыс. лет.

Наиболее молодой из серии окско-днепровских отложений комплекс V характеризуется чередованием песчано-глинистых слоёв с горизонтами сложно построенной каменной (ПП₆ + ПП₅) и роменской (ПП₄) ископаемых почв. Он представляет в целом отличную в генетическом отношении и, несомненно, молодую по возрасту толщу по сравнению с III и IV аллювиальными комплексами. Почвообразующей породой для ранней стадии развития каменной почвы служат залегающие в основании V комплекса песчаные и супесчаные породы с криогенными текстурами (мерзлотные клинья, пластические деформации, сетчатая слоистость). Благодаря непосредственному прослеживанию вдоль всего обнажения фациальных переходов каждого слоя, было уточнено стратиграфическое положение рассматриваемой почвы. Фациально замещающие палеопочву озёрные отложения перекрывают осадки с озёрно-старичной линзой. Выше нее накоплены тонкогоризонтально-слоистые озёрные глины, проработанные последующими процессами почвообразования. Палеопочва, соответствующая поздней фазе педогенеза постлихвинского межледниковья, перекрывается глинистыми озёрно-болотными осадками, в которых местами отчётливо выражена фрагментарно представленная, маломощная роменская почва гидроморфного ряда, погребённая под толщей водно-ледниковых и ледниковых отложений днепровского возраста.

Послеледниковая история осадконакопления заключена в относительно небольшой по мощности (до 17 м), но сложно построенной в фациально-генетическом отношении пачке осадочных и палеопочвенных образований, сформировавшихся в нескольких аккумулятивно-эрозионных и палеоклиматических ритмов. В надморенной части разреза прослеживаются четыре горизонта ископаемых почв, два из которых образуют педокомплекс (ПП₂). Первая последнепровская почва (ПП₃) сформировалась на аллювиальных осадках в условиях надпойменной террасы, прослеженной в южном крыле обнажения, а местами в присклоновой части долины, непосредственно на днепровской морене. Одновременно с развитием палеопочвы накапливался аллювий более молодой террасы, прослеженной к северу от кургана Дуна. Цикл завершился накоплением осадков перигляциального облика, нивелировавших поверхность до уровня повсеместно развитого мезинского педокомплекса, отвечающего различным по строению почвенного покрова эпохам интенсивного педогенеза микулинского (земского, рисс-вюрмского, сангамонского) межледниковья и интерстадиала начала валдайской ледниковой эпохи (верхневолжский, амерсфорт, бреруп). Верхним возрастным рубежом его в Лихвинском разрезе может служить ТЛ-датировка слоя в кровле педокомплекса $105\,500 \pm 13\,200$, что хорошо согласуется с имеющейся датировкой педокомплекса в 107 тлн в бассейне Десны [2] и не противоречит отнесению его ко времени микулинского межледниковья и ранневалдайского интерстадиала. Внутри валдайской лёссовой толщи, залегающей над мезинским педокомплексом, наиболее чётким стратиграфическим горизонтом является палеопочва, которая по сходству морфотипических признаков строения и положению в разрезе относится к почвам брянского интервала. Верхний предел последнего датируется по ^{14}C $22\,300 \pm 250$ тлн (разрез Фатьяновка на Оке), $24\,920 \pm 1\,800$ тлн (разрез Брянск на Десне). Выше брянской почвы на лёссовидных суглинках развивается современная дерново-подзолистая почва, венчающая разрез.

Таким образом, в строении Лихвинского стратотипического разреза различаются десять разновозрастных и разнофациальных комплексов отложений и не менее семи горизонтов ископаемых почв, характеризующих почвенные покровы эпох интенсивного педогенеза, качественно различных по характеру почвообразования, строению и типологическому составу почв, биоклиматическим условиям формирования.

1. Глушанкова Н. И. Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. Смоленск-Москва: Маджента, 2008. 348 с.
2. Морозова Т. Д. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука, 1981. 282 с.
3. Разрезы отложений ледниковых районов центра Русской равнины. М.: МГУ, 1977. 198 с.
4. Судакова Н. Г. Стратиграфия Лихвинского (Чекалинского) опорного разреза // Хронология плейстоцена и климатическая стратиграфия. Ленинград, 1973. С. 138—147.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРЕГОВЫХ ВАЛОВ ВОДОХРАНИЛИЩА ОРХОВО

Водохранилище Орхово находится в южной части Брестского р-на между дд. Томашевка и Орхово. Площадь — 0,56 км². Длина 1,4 км, ширина 0,7 км, максимальная глубина 3,8 м. Объём воды 1,5 млн м³. Водохранилище наливного типа, расположено в притеррасной части речной долины р. Зап. Буг. Вода по мере необходимости нагнетается насосной станцией из канала, который соединяет водохранилище с р. Зап. Буг. Водохранилище создано в 1988 г. для двустороннего регулирования влажности почв мелиорированных сельскохозяйственных угодий, развития рыбного хозяйства и рекреационных целей.

Основным фактором, определяющим возникновение в придонном слое береговой зоны скоростей движения воды, достаточных для разрушения пород ложа и перемещения наносов, является волнение. При подходе волн под определённым углом к береговой линии происходит вдольбереговое перемещение наносов. Оно играет главную роль в создании различных аккумулятивных форм рельефа береговой зоны. Наиболее выраженными аккумулятивными формами являются песчаные береговые валы, расположенные в южной части береговой зоны водохранилища. Здесь чётко выражены два высотных уровня береговых валов, сформировавшихся в условиях колебания уровня уреза воды в водохранилище. Береговой песчаный вал верхнего уровня частично преобразован действием ветра, а также разрушен копытными животными. Мелкие динамичные валообразные формы, маркирующие различные вариации величины заплеска волн, подчеркивают нижний край первого уровня берегового вала. Морфологическая выраженность этого вала более чёткая. Ниже уреза воды располагается комплекс форм микрорельефа на песчаном дне в виде подводных знаков ряби.

Минералогический состав отложений береговых валов водохранилища включает содержание в прибрежно-береговых наносах различных минералов. Материал песчаных, псаммитовых, алевритовых и пелитовых размерностей состоят из мономинеральных зёрен минералов. В целом в их составе присутствуют лёгкие минералы, среди которых преобладает кварц и полевые шпаты. В процентном отношении это составляет более 80 %. В составе псаммитовой фракции доминируют кварц (65 %) и полевые шпаты (24 %). Содержание слюды незначительное (1 %). Обломки кварца округлой, угловатой и неправильной формы. Наряду с такими формами в большом количестве присутствуют идиоморфные кристаллы кварца размером 1,7—0,9 мм. Присутствие такого кварца в составе псаммитовой фракции объясняется наличием разноразмерных обломков, разной степени выветрелости мелкозернистого кварцевого песчаника в отложениях ложа водохранилища. В составе песчаника выделены идиоморфные кристаллические разности кварца. В составе псаммитовой фракции песка содержится до 10 % тяжёлых минералов с удельным весом более 2,7 г/см³. Среди них выделены роговая обманка, гранат, магнетит, эпидот, пироксены, рутил, циркон, турмалин, глаукоцит, пирит.

Роговая обманка в виде угловатых, окатанных, реже угловато-окатанных, удлинённых пластинчатых зёрен с едва уловимой штриховкой на удлинённых поверхностях. Окраска зёрен равномерная чёрная, реже чёрно-зеленоватая. Некоторые зёрна имеют зональную окраску. Гранаты представлены альмандином и андрадитом. Альмандин красного, коричнево-красного, малинового цвета, андрадит — зеленовато-жёлтого, реже коричневого и бурого цвета. Зёрна граната изометричные, остроугольные, неправильно угловатые, некоторые с раковистым изломом на поверхности грани. Часто среди граната отмечаются изометричные кристаллические формы ромбододекаэдров. Поверхность таких зёрен гладкая, матовая. На некоторых зёрнах отмечаются корочки из лимонита. Магнетит наблюдается в виде неправильных, различной степени окатанности зёрен с типичным металлическим блеском. Окраска минерала чёрная с синеватой побелостью. Магнетит отлично извлекается из шлиха с помощью магнита. Обломки эпидота желтовато-зелёного, типично фисташково-зелёного цвета с матовой поверхностью. Форма обломков пластинчатая, угловатая, реже — призматическая. Пироксены представлены авгитом и гиперстеном. Авгит среди других обломков отличается резкой шагреновой поверхностью зёрен и растворяется в горячей соляной кислоте. Окраска минерала чёрно-зелёная и чёрная. Обломки гиперстена окатанные и полуокатанные, реже удлинённые призматической формы. Цвет коричнево-зелёный. Рутил среди тяжёлых минералов псаммитовой, алевритовой и пелитовой фракций является доминирующим минералом. Такая же тенденция наблюдается и в эоловых отложениях, широко распространённых в окрестности водохранилища. Окраска минерала красновато-бурая, зеленоватая, реже — синевато-фиолетовая и чёрная. Обломки псаммитовой фракции в виде удлинённых, тетрагональных призматического габитуса, встречаются зёрна с сохранившейся первоначальной формой кристаллов. Встречаются двойники сростания и коленчатые формы обломков. В алевритовой и пелитовой фракции зёрна рутила хорошо окатанные, реже наблюдаются угловато-окатанные и таблитчатые обломки. Циркон по распространённости среди тяжёлых минералов занимает второе место, особенно много его в алевритовой и пелитовой фракции. В псаммитовой фракции доминируют короткостолбчатые и длиннопризматические формы. В алевритовой и пелитовой фракции доминируют хорошо окатанные шаровидные и боченковидные формы зерен. Турмалин из песчаных отложений береговых валов характеризуется чёрной окраской и характерным сечением обломков кристаллов в форме сферического треугольника, а также наличием одновременно штриховки на гранях. По совокупности этих признаков он

достоверно различается с другими минералами, обладающими чёрной окраской. Глауконит встречается в виде шаровидных, лепешковидных и комковидных зерен бледно-зелёной окраски. Этот минерал присутствует как в тяжёлой, так и в лёгкой фракции. Следует отметить, что в отложениях первого берегового вала преобладает глауконит лёгкой фракции. В отложениях берегового вала высокого уровня количество глауконита резко сокращается. Это, скорее всего, объясняется иссушением материала отложений и воздействием на него ветра. Под воздействием ветра глауконит лёгкой фракции выдувается и переносится за пределы берегового вала. Пирит в материале отложений береговых валов присутствует в незначительных количествах. Он встречается в виде зернистых, реже конкреционных агрегатов тёмно бурого, реже золотистого цвета. В материале отложений верхнего берегового вала отмечены псевдоморфозные выделения пирита на обломках раковин моллюсков.

В алевроитовой фракции доминирующим среди лёгких минералов является кварц (75 %), а количество полевых шпатов по сравнению с псаммитовой размерностью несколько уменьшается до 19 %, а количество слюд увеличивается до 4 %. Содержание тяжёлых минералов в крупном алевроите составляет более 6 %. Состав минералов и их соотношения между собой в основном совпадают с составом и соотношениями минералов псаммитовой размерности.

Во фракции пелитовой размерности сохраняется такая же закономерность в составе и соотношении минералов.

Минералогический состав береговых валов южного берега водохранилища Орхово — полимиктовый и включает лёгкие и тяжёлые минералы. Среди лёгких минералов во всех размерных фракциях доминирующими являются кварц и полевые шпаты, а среди тяжёлых минералов преобладает рутил и циркон.

Н. Ф. Гречаник¹, А. В. Матвеев², М. А. Богдасаров¹

¹ Брестский государственный университет

² Институт природопользования НАН Беларуси

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

Среди общих особенностей облика территории Подляско-Брестской впадины следует выделить следующие:

— преобладание в орографии региона субширотной зональности (ступенчатости), что предопределено главным образом характером динамики ледниковых покровов и тектоническими особенностями территории;

— деятельность талых ледниковых вод и постоянных водотоков обусловила проявление в строении земной поверхности некоторых элементов субмеридиональной ориентировки;

— основные черты рельефа сформировались после отступления припятского ледника (в южной и центральной части территории в днепровское время, в северной — в сожское);

— доминирующие пространства в рельефе занимают флювиогляциальные, озёрно-аллювиальные, моренные поверхности и краевые ледниковые (конечно-моренные) образования;

— разнообразие генетических типов рельефа, тяготеющих к определённым интервалам высот, создаёт определённую ярусность в земной поверхности: наивысшие отметки связаны с конечно-моренными образованиями, ниже располагаются моренные и флювиогляциальные, ещё ниже озёрно-аллювиальные поверхности; минимальные абсолютные высоты тяготеют к речным долинам.

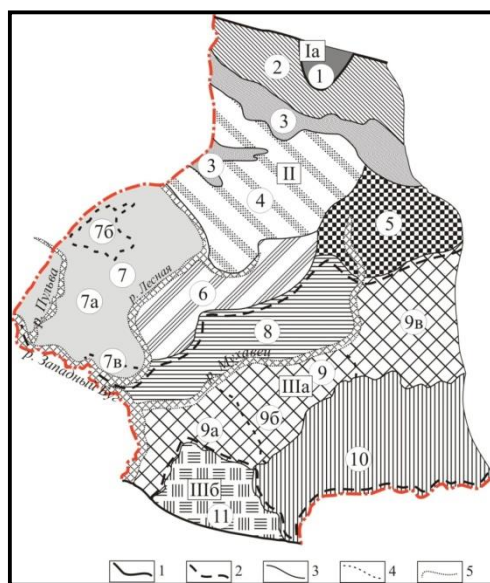
Многообразие форм земной поверхности и их сочетаний послужило предпосылкой для разработки генетической классификации рельефа. Высшей единицей предлагаемой классификации является класс, объединяющий совокупность форм, выделенных по основному источнику энергии рельефообразующих процессов. Всего в пределах исследуемой территории различаются три класса — эндогенный, экзогенный и техногенный. В свою очередь, каждый класс состоит из нескольких групп и типов рельефа. Группы выделены по ведущему генетическому агенту. В соответствии с этим различаются следующие таксоны — тектоногенная, гляциальная, флювиальная, флювиально-гравитационная, эоловая, биогенная, пирогенная и техногенная. В создании типов рельефа основное участие принимал определённый геоморфологический процесс. По этому критерию выделены типы активизированных разломных зон, новейших локальных структур, собственно гляциальный, флювиогляциальный, ледниково-озёрный, временных и постоянных водотоков, озёрный, озёрно-аллювиальный, обвально-осыпной, оползневой, солифлюкционный, делювиальный, карстово-суффозионный, эоловый песчаный и торфяной, фитогенный и зоогенный, пирогенный, горно- и агропромышленный, селитебный, транспортного, гидротехнического и военного строительства.

Типы подразделяются на подтипы. Последние различаются по направленности древних и современных рельефообразующих процессов, а также степени переработки, расчленения рельефа. Подтипы состоят из форм и элементов рельефа. Формы рельефа — неровности земной поверхности, имеющие характерные внешние объёмные очертания, отличающиеся своими параметрами, способом формирования и геологическим строением. При детальном исследовании низшей таксонометрической единицей классификации могут являться элементы форм рельефа — составные части отдельных форм, образованные сочетанием нескольких геометрических элементов (поверхностей, линий и точек), ограничивающих её в пространстве.

Выделенные геоморфологические таксоны образуют характерные сочетания в разных частях изученной территории, что позволило провести её геоморфологическое районирование, при выполнении которого учитывались сле-

дующие принципы: генетическая и историческая обусловленность основных геоморфологических таксонов; сочетание различных факторов в их формировании; неодинаковый характер границ; влияние современных географических условий; интенсивность современной морфодинамики; полнота делимости территории. Предлагаемое на этих принципах геоморфологическое районирование является многоступенчатым. Это означает, что данная территория на первом этапе делится на крупные территориальные единицы, а затем на всё более мелкие. При этом участки различного таксонометрического уровня относятся друг к другу как часть к определённому целому. Их индивидуальность выражается в неповторимости территории, и подчеркиваются присвоением каждой выделенной единице собственного названия по местным географическим объектам. В основу названия положены наименования географических объектов — рек, населённых пунктов разного ранга. Наряду с этим выделенным единицам даны краткие геоморфологические определения, по которым можно получить общее представление об их своеобразии и генетических соотношениях друг с другом.

Крупнейшей единицей районирования является геоморфологическая область, которой соответствуют наиболее крупные комплексы форм равнинного рельефа. Области по своеобразию тектонического строения, выраженному в современном рельефе, подразделяются на подобласти. В соответствии с предлагаемой схемой территория Подляско-Брестской впадины расположена в пределах трёх геоморфологических областей и трёх подобластей.



Границы: 1 — геоморфологических областей, 2 — геоморфологических подобластей, 3 — геоморфологических районов, 4 — геоморфологических подрайонов, 5 — долин наиболее крупных рек. I — Область Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд; Ia — Западно-Белорусская подобласть; район: 1 — Порозовская конечно-моренная возвышенность. II — Область равнин и низин Предполесья; районы: 2 — Добровольско-Новодворская водно-ледниковая равнина; 3 — Верхненаревско-Ясельдинская озёрно-аллювиальная равнина; 4 — Вискуляно-Шерешевская водно-ледниковая равнина с конечно-моренными образованиями; 5 — Пружанская водно-ледниково-моренная равнина с конечно-моренными образованиями; 6 — Каменецкая водно-ледниковая равнина с конечно-моренными образованиями; 7 — Высоковская моренно-водно-ледниковая равнина с конечно-моренными образованиями и участками озёрно-аллювиальной равнины; подрайоны: 7a — Высоковская моренно-водно-ледниковая равнина с конечно-моренными образованиями; 7б — Омеленецкая озёрно-аллювиальная равнина; 7в — Скоковская моренно-водно-ледниковая равнина. III — Область Полесской низменности; IIIa — Подобласть Брестского Полесья; районы: 8 — Право-Мухавецкая водно-ледниково-моренная равнина; 9 — Лево-Мухавецкая водно-ледниковая низина с участками водно-ледниковой равнины; подрайоны: 9a — Радваничская водно-ледниковая низина; 9б — Озятско-Суховичицкая водно-ледниковая низина с участками озёрно-аллювиальной низины; 9в — Антопольская водно-ледниковая равнина; 10 — Мокранско-Хабовичская озёрно-аллювиальная низина с участками водно-ледниковой равнины; IIIб — Подобласть Волынского Полесья; район: 11 — Малоритская водно-ледниковая равнина с конечно-моренными образованиями

Рисунок — Геоморфологическое районирование территории Подляско-Брестской впадины

Критериями выделения районов являются генезис и морфологические особенности поверхности, генезис и состав залегающих с поверхности четвертичных отложений, морфоструктурные особенности, характер современных геоморфологических процессов. Геоморфологический район представляет собой орографически целостные территории с преобладанием определённых сочетаний форм рельефа, отображающих структурно-тектонические и палеогеографические условия и проявления современных рельефообразующих процессов. В этом отношении выделенные геоморфологические районы оказались внутренне неоднородными, что позволило провести более дробное их

деление на подрайоны. При выделении этих таксонов авторы исходили из того, что они являются морфологически обособленными, исторически сложившимися, устойчивыми в своём развитии участками, с однородным сочетанием форм рельефа, созданных соответствующими для данных природных условий экзогенными рельефообразующими процессами. На территории впадины выделено 11 геоморфологических районов и 6 геоморфологических подрайонов (рисунок).

Проведённое геоморфологическое районирование отражает ступенчатость (ярусность) рельефа региона и вместе с тем является историко-генетическим. Высокие ярусы, включающие краевые ледниковые образования, моренные и флювиогляциальные равнины, сформированы в результате геологической деятельности припятского ледника в днепровское и сожское время. Более низкий ярус рельефа образуют озёрно-аллювиальные низины, которые окончательно оформились в позднем плейстоцене и начале голоцена. Самые низкие отметки земной поверхности приурочены к речным долинам, преимущественно голоценового возраста, прослеживающиеся на десятки, реже сотни километров, являясь интразональными формами рельефа.

Формирование современного рельефа земной поверхности территории Подляско-Брестской впадины происходило под влиянием покровных оледенений (прежде всего припятского ледника), а также совокупного воздействия новейших тектонических движений и комплекса экзогенных факторов — деятельности постоянных и временных водотоков, эоловых, биогенных процессов, а также хозяйственной деятельности человека. В гомельское и брестское предледниковое время исследуемая территория имела вид пологоволнистой денудационной равнины. Постепенно площадь древней денудационной равнины сокращалась, пропорционально этому увеличивались площади ледникового и водно-ледникового рельефа. Ледниковые покровы на территории впадины способствовали также генетическому разнообразию рельефа.

На изученной территории активно проявляются современные рельефообразующие процессы. По основным источникам энергии они подразделяются на три класса — эндогенные, экзогенные и техногенные. Последние происходят под воздействием хозяйственной деятельности человека, в результате которой природные формы рельефа сильно трансформируются, а некоторые полностью исчезают. Среди экзогенных процессов доминирующей является деятельность дождевых, талых и постоянных текучих вод, включающая плоскостной смыв, склоновую аккумуляцию, линейную эрозию и аккумуляцию временных и постоянных водотоков. Меньшее влияние на современную динамику рельефа оказывают проявления эолового, биогенного, суффозионно-карстового, абразионного, гравитационного факторов.

А. В. Дубман

Мозырская нефтеразведочная экспедиция глубокого бурения РУП «Белгеология»

ЛЕССОВИДНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ г. МИНСКА И ИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среди различных генетических типов четвертичных отложений именно лёссовидные отложения пользуются широким распространением. Изучению и характеристике лёссовых пород посвящено много работ. Существует множество гипотез и теорий для объяснения их образований, распространения, состава, физико-химических свойств.

Своим происхождением основная масса лёссовидных отложений обязана эоловому приносу пылеватого материала из области последнего оледенения и отложению его в перигляциальной зоне.

Лёссовидные породы, отложившиеся в депрессиях и озёрных котловинах долёссового рельефа (Минский р-н), показывают изменение содержания в них глинистых и пылеватых фракций с глубиной. Было отмечено, что до глубины 3—4 м наблюдалось повышенное содержание в них частиц 0,05—0,005 мм (до 70—86 %) при незначительном количестве частиц <0,005 мм (до 6—8 %). Ниже 4 м содержание частиц <0,005 мм увеличивается до 14—16 % и более (таблица 1).

Основными пороодообразующими минералами белорусских лёссовидных пород являются кварц и полевые шпаты, суммарное содержание которых достигает 80—95 % алевритовых фракций. Преобладающим минералом является кварц (70—85 %). Полевые шпаты, представленные в основном К—Na — разновидностями, находятся в подчинённом количестве.

Лёссовидные отложения на территории г. Минска приурочены к водораздельным пространствам и склонам конечно-моренных гряд, флювиогляциальных холмов и валов, ложбин и речных долин. Залегают на морене или песках, характеризуются сравнительно выдержанным составом по всему профилю лёссовой толщи. Эти образования покрывают более 30 % территории города.

Инженерно-геологическая характеристика (физико-механические, прочностные свойства) лёссовидных отложений приведена по материалам УП «Геосервис» об инженерно-геологических изысканиях на участке продления первой линии Минского метрополитена от ст. Институт Культуры до ст. Петровщина, расположенного в юго-западной части г. Минска по пр. Дзержинского от ул. Голубева до ул. Алибегова. Протяжённость 1,25 км.

Таблица 1 — Обобщённые значения физических характеристик и параметров зондирования грунтов ИГЭ-1—4

ИГЭ, грунт	Статистики	Лабораторные исследования								Зондирование	
		W, %	ρ , г/см ³	e	Sr	W _L , %	W _p , %	I _p , %	I _L	Pd, МПа	V, см/с
ИГЭ-1 Супесь твёрдая	n	14	10	10	10	16	16	16	14	7,9	11,0
	min	14,2	1,93	0,59	0,7	23,9	16,7	6,4	—0,51	1,9	1,8
	max	17,5	2,00	0,62	0,8	24,9	18,1	7,4	—0,04	8,5	9,0
	$\bar{x}$	16,0	1,96	0,60	0,7	24,4	17,7	6,7	—0,26	4,3	4,6
	σ	1,218	0,021	0,012		0,335	0,388	0,266			
	v	0,08	0,01	0,02		0,01	0,02	0,04			
ИГЭ-1а Супесь твёрдая (Sr < 0,7)	n	45	45	45	45	45	45	45	45	9,9	6,0
	min	4,9	1,55	0,66	0,2	22,6	16,2	3,9	—,03	2,0	1,6
	max	14,4	1,84	0,82	0,6	25,0	20,6	7,1	—0,37	10,0	4,0
	$\bar{x}$	7,3	1,69	0,73	0,3	23,9	17,9	6,0	—1,68	5,0	2,3
	σ		0,081	0,040		0,629	0,930	0,916			
	v		0,05	0,06		0,03	0,05	0,15			
ИГЭ-2 Супесь пластичная	n	38	30	30	30	41	41	41	38	33,1	32,1
	min	16,5	1,90	0,51	0,7	23,5	16,2	5,8	0,00	0,7	1,2
	max	21,0	2,10	0,70	1,0	26,2	19,3	7,5	0,45	9,0	11,0
	$\bar{x}$	18,8	2,01	0,60	0,9	24,7	17,9	6,8	0,14	3,5	4,9
	σ	1,151	0,062	0,052		0,794	0,931	0,489			
	v	0,06	0,03	0,09		0,03	0,05	0,07			
ИГЭ-3 Суглинок полутвёрдый	n	34	21	21	21	39	39	39	34	5,0	71,7
	min	14,2	1,93	0,55	0,7	24,4	15,9	7,2	—0,47	1,2	1,1
	max	22,0	2,06	0,65	0,9	30,4	20,0	12,3	0,24	11,0	15,0
	$\bar{x}$	18,3	2,00	0,60	0,8	27,1	17,6	9,5	0,06	5,9	6,6
	σ	1,874	0,037	0,030		1,789	1,331	1,203			
	v	0,10	0,02	0,05		0,07	0,08	0,13			
ИГЭ-4 Суглинок тугопластичный	n	141	104	104	104	143	143	143	141	43,8	106,2
	min	16,5	1,90	0,50	0,8	20,0	13,0	5,6	0,12	0,6	1,1
	max	25,7	2,13	0,76	1,0	30,4	19,2	14,0	0,91	14,0	15,0
	$\bar{x}$	20,9	2,02	0,62	0,9	26,3	16,9	9,5	0,44	5,4	4,6
	σ	1,652	0,053	0,057		2,117	1,171				
	v	0,08	0,03	0,09		0,08	0,07				

Таблица 2 — Обобщённые значения прочностных характеристик грунтов ИГЭ-1—4

ИГЭ, грунт	Условия испытания	Статистики	Сопротивление срезу τ 10 ⁵ Па при P, МПа					c, кПа	tg ϕ	ϕ , град.
			0,05	0,1	0,15	0,2	0,3			
ИГЭ-1а. Супесь твёрдая (Sr < 0,7)	Консолиди- рованный при полном водонасыщении	n	6	6	4					
		min	0,42	0,57	0,68					
		max	0,62	0,80	1,00					
		x	0,49	0,68	0,90			28	0,414	22
		σ	0,065	0,075				6,2	0,061	
		v	0,13	0,11				0,22	0,15	
ИГЭ-2. Супесь пластичная	Неконсолиди- рованный при природной влажности	n		7		7	7			
		min		0,67		1,12	1,72			
		max		1,15		1,50	2,07			
		x		0,88		1,29	1,87	36	0,494	26
		σ		0,185		0,120	0,115	8,4	0,039	
		v		0,21		0,09	0,06	0,24	0,08	
ИГЭ-3. Суглинок полутвёрдый	Консолиди- рованный при природной влажности	n		2		2	2			
		min		0,82		1,05				
		max		0,85		1,42				
		x		0,83		1,24	1,75	35	0,46	25
		σ								
		v								
ИГЭ-4. Суглинок тугопластичный	Консолиди- рованный при природной влажности	n		15		9	15			
		min		0,70		1,05	1,58			
		max		0,92		1,45	1,92			
		x		0,83		1,30	1,76	36	0,469	25
		σ		0,064		0,120	0,109	3,8	0,018	
		v		0,08		0,09	0,06	0,11	0,04	
	Неконсолиди- рованный при природной влажности	n		10		10	9			
		min		0,40		0,50	0,62			
		max		0,85		1,00	1,25			
		x		0,66		0,80	0,96	50	0,151	9
		σ		0,164		0,163	0,174	8,0	0,038	
		v		0,25		0,20	0,18	0,16	0,25	

Отложения представлены супесями и суглинками жёлто-бурыми, бурыми, серовато-жёлтыми с тонкими (1—3 мм) прослойками пылеватого песка. Распространены повсеместно. Залегают в верхней части разреза под насыпными грунтами до глубин 4,0—10,4 м (абс. отм. подошвы 208,45—226,42 м). Мощность изменяется от 1,5 м до 9,2 м. Наименования ИГЭ (инженерно-геологических элементов) в лессовидных отложениях приняты по нормативным значениям числа пластичности (I_p) и показателя текучести (I_L). В соответствии с этим выделены: ИГЭ-1 — супесь твёрдая; ИГЭ-1а — супесь твёрдая ($S_r < 0,7$); ИГЭ-2 — супесь пластичная; ИГЭ-3 — суглинок полутвёрдый; ИГЭ-4 — суглинок тугопластичный.

Обобщённые значения физических характеристик и параметров зондирования грунтов ИГЭ-1—4 приведены в таблице 1.

Примечание: W — природная влажность, %; ρ — плотность грунта (при пенетрационном каротаже — по ГГК), г/см³; e — коэффициент пористости, доли единицы; S_r — степень влажности, доли единицы; W_L — граница текучести, %; W_p — граница раскатывания, %; I_p — число пластичности, %; I_L — показатель текучести, доли единицы; P_d — условное динамическое сопротивление грунта; V — скорость ударно-вибрационного зондирования, см/с; n — число определений характеристики, для зондирования — количество метров; min — минимальное значение характеристики; max — максимальное значение характеристики; $\bar{x}$ — среднее значение характеристики; σ — среднее квадратическое отклонение; v — коэффициент вариации;

В качестве нормативных значений плотности грунтов ИГЭ-1—4 приняты средние по лабораторным данным. Прочностные характеристики ИГЭ-1—4 определялись лабораторными испытаниями на срез (неконсолидированный и консолидированный при природной влажности). Нормативные и расчётные значения прочностных характеристик приведены по результатам лабораторных испытаний на срез. Для грунтов ИГЭ-3 и ИГЭ-4 нормативные характеристики по результатам неконсолидированного среза приняты общими (таблица 2).

Примечание: c — удельное сцепление, кПа; φ — угол внутреннего трения, град; $tg \varphi$ — тангенс угла внутреннего трения, доли единицы.

По результатам компрессионных испытаний грунты характеризуются повышенной сжимаемостью и непрсачдочностью. Модуль деформации при природной влажности для ИГЭ-1 составил 17 Мпа; ИГЭ-1а—18 Мпа; ИГЭ-2—11 Мпа; ИГЭ-3—9 Мпа; ИГЭ-4—7,5 Мпа.

Приведённые материалы свидетельствуют о том, что эти грунты способны к тиксотропному разупрочнению при динамическом воздействии (переходу в текучепластичное и текучее состояние) с ухудшением прочностных и деформационных свойств, лёгкому размоканию, размываемости, пучинистости при промерзании. Супеси ИГЭ-1а со степенью влажности $S_r < 0,7$ при водонасыщении быстро размокают и значительно снижают прочностные и деформационные свойства, следовательно, их не рекомендуется использовать в качестве несущего слоя для фундаментов сооружений и зданий.

В. П. Зерницкая¹, Н. А. Махнач²

¹ Институт природопользования НАН Беларуси

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ И РАННЕГО ГОЛОЦЕНА БЕЛАРУСИ

В течение последнего десятилетия в европейской части области материковых плейстоценовых оледенений выполняется ряд палеоботанических работ, посвящённых реконструкции природных обстановок постгляциального времени на основании корреляции с событиями, установленными по данным изучения керна скважин Гренландского ледника (GRIP, GISP2 и др.)

Кривые $\delta^{18}O$, полученные в результате изучения озёрных и источниковых карбонатных осадков пяти белорусских залежей [1, 2] регистрируют события видимые в изотопно-кислородных профилях скважин GRIP и GISP2: потепление беллинга-аллерёда (BØ—AL), похолодание позднего дриаса (DR-3), потепление в начале голоцена (PB) и похолодание на рубеже бореального и атлантического периодов (BO/AT). Параллельные исследования отложений спорово-пыльцевым методом, позволили выделить характерные пыльцевые признаки этих и некоторых других событий.

Холодным условиям раннего дриаса (DR-1) и распространению тундрово-степных ландшафтов соответствует палинологическая зона *Artemisia—Betula* (кустарниковые виды) — *Salix*. В отложениях теплых фаз BØ и AL преобладает пыльца *Pinus* и *Betula*, при чём в осадках AL превалирует *Pinus* над травами и *Betula*. С этими этапами связано распространение открытых березово-сосновых и сосново-березовых ландшафтов. Проникновение *Picea* в северные регионы страны фиксируется в конце аллерёдского интерстадиала, что сопоставляется с похолоданием климата около 13,0 тыс. кал. л. н. (GI—1b), зарегистрированном в керне Гренландского ледника. Похолодание климата в течение позднего дриаса в пыльцевых спектрах фиксируется значительными пиками пыльцы ели (20—40 %) и трав (NAP до 20 %) — палинологическая зона *Picea—Artemisia*. Эта зона идентифицирует отложения верхнего

дриаса в разрезах, локализованных на севере, востоке и в центре страны. В пределах Полесья (т. н. «безъеловый коридор») похолодание DR-3 в отложениях устанавливается увеличением содержания пыльцы трав, березы и ивы (зона *Betula—Salix—NAP*). Растительный покров характеризовался мозаичным сочетанием тундровых и лесотундровых ландшафтов.

Быстрое повышение температуры на границе DR-3/голоцен регистрируется кривыми $\delta^{18}\text{O}$ в отложениях озёр Оконо, Теклиц, Сергеевское и др. В отложениях РВ увеличивается концентрация пыльцы древесных пород, падает содержание пыльцы *Picea*, кустарниковых форм березы и трав. Растительность раннего голоцена характеризуется быстрым распространением березовых и сосново-березовых лесов с участием *Ulmus*, *Alnus* в южных районах страны. В течение бореального этапа в лесном покрове увеличилась роль орешника, липы и дуба. Холодное событие около 8 200 кал. л. н., установленное в изотопных кривых, в пыльцевых спектрах отражено кратковременным падением долей пыльцы широколиственных пород и новым подъёмом концентрации пыльцы *Picea* в разрезах из центральных и северных частей Беларуси. В южных районах в осадках этого времени нередко отмечается увеличение содержания пыльцы *Betula*.

1. Makhnach N., Zernitskaya V., Kolosov I., Simakova G. Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glacial-Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. N 209. P. 73—101.
2. Махнач Н. А., Зерницкая В. П. Климатические изменения в позднеледниковье — голоцене Беларуси (по данным изотопно-геохимического исследования аутигенного озёрного кальцита) // *Вестн. Брестского ун-та. Сер. 5. Химия. Биология. Науки о Земле*. 2010. № 2. С. 81—94.

В. Б. Козлов¹, А. С. Кремень², С. М. Шик³, А. Н. Страздин⁴, Е. Т. Борисенков¹, Л. А. Дементьева⁵

¹ Смоленский гуманитарный университет

² Смоленский государственный университет

³ Региональная межведомственная стратиграфическая комиссия

⁴ Баклановская основная школа

⁵ Смоленская вечерняя школа № 1

ОБ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ И ВОЗРАСТЕ ОТЛОЖЕНИЙ В УРОЧИЩЕ «ЧЁРТОВ РОВ» (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)

Разрез четвертичных отложений в урочище «Чёртов Ров» был открыт во время проведения плановых комплексных работ по подготовке территории национального парка «Смоленское Поозерье» в 1991 г. Овраг находится в 8 км от д. Аносинки в сторону д. Подосинки, недалеко от д. Агеевщина. Здесь в приустьевой части оврага под мореной валдайского оледенения была вскрыта толща алевроитов с растительным детритом.

После открытия разреза началось его комплексное изучение: кроме геоморфологических обследований была проведена зачистка обнажений, бурение щуповых (более 10) и колонковых (к настоящему времени — 3) скважин с отбором образцов на различные виды анализов — палеоботанические, радиоуглеродный и др. Анализом образцов занимались учёные различных НИИ Москвы и Минска. Первая публикация появилась в 1995 г. [1], затем последовали ещё ряд публикаций [1—8]. Наиболее полно на тот момент материал по разрезу «Чёртов Ров» приведён в статье сборника, посвящённого 15-летию национального парка [6].

Таблица — Описание колонковой скважины разреза «Чёртов Ров», национальный парк «Смоленское Поозерье» (2006 г.)

№	Индекс	Описание пород	Интервал, м	Мощность, м
1	glIIIvd	Суглинок красно-бурый, плотный, пластичный, маловалунный	0,00—5,00	5,00
2	glIIIvd	Суглинок серовато-бурый, плотный, пластичный, маловалунный	5,00—5,50	0,50
3	glIIIvd	Суглинок бурый, очень плотный, маловалунный, с редкими гравийными зёрнами карбонатных пород	5,50—7,50	2,00
4	glIIIvd	Суглинок шоколадного цвета, плотный, пластичный, маловалунный, контакт с нижележащим слоем резкий	7,50—8,00	0,50
5	lgIIIvd	Песок жёлтый, с прослойками рыжевато-красного, среднезернистый, с прослоем супеси	8,00—8,10	0,10
6	lgIIIvd	Алеврит серовато-жёлтый с прослоями сероватого	8,10—8,30	0,20
7	lgIIIvd	Переслаивание супеси и суглинка коричнево-жёлтого	8,30—8,50	0,20
8	lgIIIvd	Песок жёлтый, обводнённый (кern не поднят)	8,50—9,00	0,50
9	lgIIIvd	Алеврит серовато-жёлтый	9,00—9,30	0,30
10	IIIvd	Алеврит желтовато-серый, ниже сероватый, с растительным детритом	9,30—13,00	3,70
11	IIIvd	Супесь серая с прослоями песка серого, среднезернистого, влажного	13,00—13,30	0,30
12	IIIvd	Песок серый, среднезернистый, влажный	13,30—13,90	0,60
13	IIIvd	Суглинок тёмно-серый, плотный, в верхней части слоя без видимых включений, ниже различимы включения органики, на глубине 15,0 м постепенно переходит в алеврит серый	13,90—15,90	2,00
14	IIIvd	Супесь буровато-коричневая, плотная	15,90—16,10	0,20
15	IIImik	Гиттия тёмно-коричневая, плотная с раковистым изломом, переслаивается с суглинком и торфом чёрным, песчанистым, плотным	16,10—17,10	1,00

В 2001 г. было расчищено обнажение в левом борту оврага, недалеко от дороги на Подосинки. Здесь, под восьмиметровым слоем красно-бурого суглинка валунного — мореной валдайского оледенения — была вскрыта толща серых гумусированных алевроитов. Отбор и палеокарпологическое изучение растительного детрита из них проводил Ф. Ю. Величкевич. Его выводы относительно залегания отложений *in situ* не вызывали возражений. Сомнения внёс С. М. Сулержицкий, проводивший радиоуглеродный анализ тех же растительных остатков из алевроитов. Ожидалось, что их возраст и, соответственно, возраст толщи должен быть в пределах 17—18 тыс. лет. Радиоуглеродная датировка показала более молодой возраст — $13\,800 \pm 60$ лет (ГИН-1688).

Поэтому, когда в 2002 г. разрез демонстрировали участникам полевой экскурсии III Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, многие учёные заявили, что здесь имеет место прислонение алевроитов к бортам оврага. Т. е., по их мнению, вначале был выработан овраг, а позднее в нём образовался холодный озёрный водоём, где и накопился алевроит.

Для выяснения условий залегания алевроитов — прислонение или их подморенное положение — в 2006 г. проведено колонковое бурение в непосредственной близости от обнажения — всего в 10 м от бровки оврага (таблица).

Из описания скважины ясно, что и в ней под восьмиметровой толщей морены лежат те же алевроиты. Более того, если сравнить результаты бурения этой скважины и двух колонковых скважин 1997—1998 гг. в приустьевой части левого борта оврага (расстояние между ними около 300 м), то видно, что кровля алевроитов хорошо выдержана и имеет слабый наклон в сторону р. Ельши, к которой привязан овраг.

Таким образом, подморенное залегание алевроитов, ниже которых лежат слои с органикой микулинского возраста, (кстати, это четвёртый разрез на северо-западе Смоленщины с подморенными микулинскими отложениями — с. Микулино, д. д. Рясна, Н. Боярщина) теперь не вызывает сомнений. Но вопрос о несоответствии палеоботанического и радиоуглеродного возрастов алевроитов остаётся открытым.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 05-05-96706 и администрации Смоленской обл.

1. Величкевич Ф. Ю., Назаров В. И., Козлов В. Б., Страздин А. Н. Разрез валдайских интерстадиальных отложений урочища «Чёртов Ров» (Национальный парк «Смоленское Поозерье») // Природные ресурсы и экологические проблемы Смоленской области и смежных регионов. Смоленск, 1995. С. 51.
2. Величкевич Ф. Ю., Козлов В. Б., Страздин А. Н. Уникальные геологические объекты национального парка «Смоленское Поозерье» (на примере урочища «Чёртов Ров») // Проблемы разработки региональной модели устойчивого развития. Смоленск, 1997. С. 208—212.
3. Величкевич Ф. Ю., Козлов В. Б., Поздеев В. Б., Страздин А. Н. Об использовании разреза верхнечетвертичных отложений урочища «Чёртов Ров» для образовательных и просветительских целей // Ресурсосбережение и экологическая безопасность. Смоленск, 1998. С. 119—121.
4. Величкевич Ф. Ю., Козлов В. Б., Поздеев В. Б., Страздин А. Н. Новые данные о древней флоре Национального парка «Смоленское Поозерье» (разрез «Чёртов Ров») // Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке. СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. С. 16.
5. Величкевич Ф. Ю., Козлов В. Б., Поздеев В. Б., Страздин А. Н. Десять лет изучения геологического разреза «Чёртов Ров» (Национальный парк «Смоленское Поозерье») // Особо охраняемые территории в XXI веке: цели и задачи. Смоленск, 2002. С. 25—30.
6. Величкевич Ф. Ю., Козлов В. Б., Савченко И. Е., Страздин А. Н. Новые данные о древней флоре Национального парка «Смоленское Поозерье» (разрез «Чёртов Ров») // Историко-культурное наследие и природное разнообразие: опыт деятельности охраняемых территорий. Смоленск, 2007. С. 47—54.
7. Козлов В. Б., Кремень А. С., Лаврушин Ю. А., Шик С. М. Путеводитель экскурсий // III Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Смоленск, 2002. С. 24.
8. Козлов В. Б., Кремень А. С., Шик С. М. и др. Новые данные об условиях залегания межморенных обложений в урочище «Чёртов ров» (Национальный парк «Смоленское Поозерье») // Экспедиционные исследования: состояние и перспективы. I Международ. науч. чтения памяти Н. М. Пржевальского. Матер. конф. Смоленск, 2008. С. 100—101.

С. А. Лаухин

Российский государственный геологоразведочный университет, Институт криосферы Земли СО РАН

ПАЛЕОКЛИМАТЫ АНАЛОГОВ МИС-3 НА СЕВЕРЕ СИБИРИ

Считается, что в морской изотопно-кислородной шкале чётные стадии (МИС) соответствуют оледенениям, нечётные — межледниковьям. Однако не все нечётные стадии можно бесспорно отнести к межледниковьям. Одной из таких дискуссионных стадий является МИС-3. Она особенно интересна тем, что наиболее близка к современности — датируется [2] 57—24 тыс. лет назад (тлн). В Сибири споры о ранге возрастного аналога МИС-3, каргинского времени, продолжаются уже более 60-и лет. Одни считают его межстадиалом [4], другие — межледниковьем [13], у третьих появилась тенденция разорвать эту, и без того одну из самых коротких стадий, на серию «отдельно взятых» межледниковий: малохетское межледниковье 38—33 тлн [3] или межстадиалов: липовско-новосёловский межстадиал (33)30—22(?) тлн [17]. Поэтому представляют интерес данные, полученные о палеоклиматах каргинского времени, в последние 10—12 лет. Обсуждение начнём с Западной Сибири.

В 1954 г в Сибири была получена первая ^{14}C -дата. В 1960-е гг. их были сотни. Большая часть их уже тогда признавались невалидными [5, 7]. Потом, вплоть до наших дней, проведено много ревизий этих дат, но до сих пор стратиграфия каргинского горизонта Западной Сибири основана на ^{14}C -датах, полученных в большой степени в 1960—1970-х гг. Как и тогда [7], каргинское время делится на три потепления, разделённые двумя похолоданиями. Наибольшим похолоданием было второе, а наименьшим потеплением — было третье. Только теперь изменились их

названия и, в меньшей степени, ^{14}C -даты — потепления: шурышкарское (50—44 тлн), золотомыское (41—35 тлн), верхнелобановское (29—24 тлн); а похолодания: кырьясское (43—42 тлн) и лохподгорское 34—30 тлн [4]. Каждое из пяти палеоклиматических событий соответствует подгоризонту каргинского горизонта. После очередной ревизии [8] все стратотипы подгоризонтов, кроме верхнего, оказались аналогами МИС-5 и 4. Однако, и после этой ревизии в каргинское время можно выделить три потепления и два похолодания, подтверждённые ^{14}C -датами XXI века [1]. В разрезе Кырьяс (Обь, $\sim 61^\circ\text{с.ш.}$) выделено [10], при этом заметных перерывов в разрезе не выявлено, три потепления, когда смещение растительных зон к югу достигало 600—300 км и два похолодания, когда смещение зон к югу было 800 км. В разрезе Липовка (Тобол, $\sim 58^\circ\text{с.ш.}$) смещение растительных зон во время второго похолодания (~ 33 тлн) достигало 900—1000 км [2], что соответствует данным по Кырьасу. Существенно отличаются материалы, полученные севернее Кырьаса. В разрезе Золотой Мыс (Обь, $\sim 65^\circ\text{с.ш.}$) также выявлено три потепления [9], когда растительность была близка к современной. Ещё на 2—3° севернее каргинский горизонт сложен отложениями морской ингрессии, в которых «комплексы фораминифер характеризуют условия межледниковья [4]. При этом на юге Гыданского п-ва известны арктобореальные и бореальные, а на Таймыре — также бореально-лузитанские и лузитанские виды. На Таймыре, $\sim 74^\circ 30'$ с. ш., 27 тлн температура и сумма осадков превышали современные [15]. В предгорьях хр. Чекановского, у мыса Мамонтовый Клык и др., слои, соответствующие последнему потеплению каргинского времени также имеют следы климата близкого современному [20]. Разрез Быковского п-ва (арктическая тундра) в дельте Лены изучались многими исследователями. Получено 90 ^{14}C дат. Для 48—42,5 тлн известны палиноспектры кустарниковой тундры, 48—45 тлн насекомые были характерны для лета теплее современного, 42,5—33 тлн климат был благоприятнее современного [19]. В низовьях Яны ~ 27 тлн летом температура была на 1—2 °C выше современной, а осадков на 10—50 мм больше. Зимы также были теплее современных [12].

Восточнее Яны начинается обширная едома. До последнего времени считалось, что едома образовалась в послеледниковое, в крайнем случае — во второй половине среднего — позднем плейстоцене. Недавно выяснилось [6], что формирование её началось, возможно, ещё в раннем плестцене; какие, в свете новых данных, слои относятся к каргинскому времени ещё предстоит выяснять. Поэтому реконструировать палеоклиматы этого времени там пока преждевременно, хотя на севере Чукотки во время МИС-3 известны этапы климата более мягкого, чем современный [10]. Только на крайнем западе Сибирской Арктики климат последнего каргинского потепления был более суровым, чем современный. На ЮЗ Ямала ($\sim 69^\circ 43'$ с. ш.) второе похолодание характеризуют палиноспектры осоково-злаковой аридной тундры; 28—27,5 тлн в осоковой тундре стало больше *Betula nana* и *Salix*, а 27,5—25 тлн распространилась «тундроподобная» степь [16]. В настоящее время там развита кустарниковая тундра. Фораминиферы в морских слоях каргинской ингрессии на ЮЗ Ямала тоже более холодолюбивее, чем на Гыдане и, тем более, чем на Таймыре [11]. Впрочем, и В. Н. Сакс [14] тоже отмечал, что «на Новой Земле нет признаков потепления в фауне каргинских террас», хотя каргинское время он считал межледниковым. На севере Азии мало разрезов, вскрывающих весь каргинский горизонт. Чаще бывают разрезы, в которых обнажаются верхние слои этого горизонта, соответствующие последнему, наиболее слабому потеплению. Но и в них обычно имеются следы климата близкого современному или более мягкого. Только на крайнем северо-западе в каргинское время не всегда удаётся выявить следы климата близкого современному. В более южных районах Западной Сибири следы климата близкого современному или теплее известны на юго-западе. На Средне-Сибирском плоскогорье, а особенно в южном гоном поясе климат каргинского времени более мозаичен, имеются рефугиумы климата как более сурового, так, часто, и более мягкого по сравнению с современным.

Работа поддержана грантом № 9 интеграционного проекта СО РАН—ДВО РАН.

1. Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Лаухин С. А. и др. Применение усовершенствованных вариантов ^{14}C и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ методов для обоснования хронологии позднеледниковых отложений Западной Сибири // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Москва: ГЕОС, 2007. С. 18—20
2. Арсланов Х. А., Лаухин С. А., Максимов Ф. Е. и др. Радиоуглеродная хронология и ландшафты липовско-новоселовского межстадиала Западной Сибири (по данным изучения разреза у с. Липовка) // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Новосибирск: СО РАН, 2009. С. 44—47
3. Величко А. А. Средневалдайский, зырянско-сарганский мегаинтерстадиал и климатический ранг его оптимума // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Новосибирск: СО РАН, 2009. С. 107—109
4. Волкова В. С., Архипов С. А., Бабушкин А. Е. и др. Кайнозой Западной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2003. 247 с.
5. Зубаков В. А. Приобская Сибирь // Геохронология СССР. Л.: Недра, 1974. Т. III. С. 187—209.
6. Каплина Т. Н. Древние аласные комплексы северной Якутии // Криосфера Земли. 2011. № 2. С. 3—13; № 3. С. 20—30.
7. Кинд Н. В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. Москва: Наука, 1974. 255 с.
8. Кузнецов В. Ю. Радиохронология четвертичных отложений. СПб.: СПбГУ, 2008. 312 с
9. Лаухин С. А., Арсланов Х. А., Шилова Г. Н. и др. Палеоклиматы и хронология среднеюрмского мегаинтерстадиала на Западно-Сибирской равнине // Докл. АН РФ, 2006. № 4(411). С. 540—544
10. Лаухин С. А., Фирсов А. М. Стратиграфия и палеогеография позднего плейстоцена Среднего Приобья по результатам изучения разреза Кырьяс (Западная Сибирь) // Бюл. МОИП, 2008. № 2 (83) С. 40—50
11. Левчук Л. К. Биостратиграфия верхнего плейстоцена севера Сибири по фораминиферам. Новосибирск: Наука, 1984. 128 с.
12. Питулько В. В., Павлова Е. Ю., Кузьмина С. А. и др. Природно-климатические изменения на Яно-Индигогорской низменности в конце каргинского времени и условия обитания людей верхнего палеолита на севере Восточной Сибири // Докл. АН РФ. 2007. № 1 (417). С. 103—108.
13. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. 127 с.
14. Сакс В. Н. Четвертичный период в Советской Арктике. М.-Л.: Изд-во Главсевморпути, 1948. 133 с.

15. Andreev A. A., Tarasov P. E., Sigert C. et al. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate on the northern Taymyr Peninsula, Arctic Russia // *Boreas*. 2003. Vol. 32. P. 484—505
16. Andreev A. A., Forman S. L., Ingólfsson Ó. et al. Middle Weichselian environments on western Yamal Peninsula, Kara Sea based on pollen records // *Quaternary Res.* 2006. Vol. 65. P. 275—281
17. Bassinot F. E., Laberie L. D., Vincent E. et al. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1994. Vol. 126. P. 91—108
18. Laukhin S. A. «Warm» stages in the West Siberian Late Pleistocene // *Quaternary Intern.* 2011. Vol. 241. P. 51—67.
19. Schirrmeister L., Sigert C., Kuznetsova T. et al. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia // *Quaternary Intern.* 2002. Vol. 89. P. 97—118
20. Schirrmeister L., Grosse G., Kunitsky V. et al. Periglacial landscape evolution and environmental changes of Arctic lowland areas for the last 60 000 years (western Laptev Sea coast, Cape Mamontov Klyk) // *Polar Research*. 2008. Vol. 27. P. 249—272

С. А. Лаухин

Российский государственный геологоразведочный университет

ПАЛЕОРАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕНИ МИС-5 В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. Н. Сакс (1953) разделил верхний плейстоцен Сибири на 4 горизонта (тогда — яруса): казанцевский, зырянский, каргинский, сартанский; 1 и 3-й межледниковые, трансгрессивные, а 2 и 4-й ледниковые. К концу 1990-х гг. эти горизонты были окончательно сопоставлены со стадиями кислородно-изотопной шкалы (МИС) океанов [1, 4, 11,] и сформировались 2 мнения относительно возрастного объёма казанцевского горизонта: он охватывает МИС-5e [3] или МИС-5 целиком [11]. Обсудим палеорастительность от начала МИС-5 до 71 тыс. лет назад (тлн). Начало МИС-5 принято считать от 127 тлн [11]. Однако $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -даты донных осадков Байкала, торфяников низовой Оби и Ангара позволяют предполагать, что палеоклиматические события в центре континента проявились раньше, чем в океанах [15]. За последние 50—60 лет казанцевский горизонт был детально изучен многими палеоботаниками, особенно палинологами: М. П. Гричук, В. С. Волкова, М. Р. Вотях, Е. Е. Гуртовая, Т. П. Левина, М. Б. Садикова, А. И. Пермьяков, Г. Н. Шилова, П. А. Никитин, С. К. Кривоногов, Ф. Ю. Величневич и мн. др. [1—17]. Однако, до XXI в. для успешного использования этих материалов было недостаточно данных по хроностратиграфии казанцевского горизонта. Только в XXI веке, после проведения сопряжённого $^{230}\text{Th}/\text{U}$ и ^{14}C -датирования, появилась возможность выяснить последовательность развития растительности и палеоклиматических событий. Для интервала МИС-5с-е последовательность палеоклиматических событий в Западной Сибири детализирована сопоставлением её с палеоклиматическими событиями, выявленными в ледовом керне Гренландии [13]. Палеорастительность реконструирована по нескольким опорным разрезам, обеспеченным современными изотопными датами и достаточными палеоботаническими данными.

Палеорастительность начала позднего плейстоцена изучена в разрезах Шурышкар $\sim 66^\circ$ с. ш. в низовьях Оби [2, 3, 14]. Около 133—137 тлн там произрастала южная тайга с пихтой, дубом, вязом, липой. Позже широколиственные выпадают, и в Шурышкарах сменяется 7 фаз растительности: лесотундра — северотаёжное редколесье — юг северной тайги — тёмнохвойные леса южной (?) тайги — редкостойные тёмнохвойные леса — тундра — лесотундра. Южная тайга фиксирует 2 оптимума, нижний — соответствует палеоклиматическому событию 5e5 в ледовом керне Гренландии. Разрез Золотой Мыс (северная тайга $\sim 65^\circ$ с. ш.) на Оби показал смену растительности: лесотундра — северная тайга — заболоченные редколесья [2]. Богатая макрофлора Золотого Мыса содержит 70 % общих форм с флорой Горной Субботы и только 60 % — с флорой Шурышкар, хотя Золотой Мыс находится всего на 1° от Шурышкар и на 6° от Горной Субботы; в последней (Иртыш — $59^\circ 30'$ с. ш.) южная тайга без широколиственных сменяется южной тайгой с примесью вяза, дуба, лещины; затем — средней и, наконец, северной тайгой. По данным ПМ и ТЛ верх торфяника формировался ~ 130 тлн [3, 6]. Вероятно, здесь отразилось похолодание в пределах палеоклиматического события 5e5 и верхний оптимум Шурышкар, а затем — палеоклиматическое событие 5e4. Тогда палеоклиматические события Золотого Мыса отвечают палеоклиматическим событиям 5e4-5e3 и 5e2 ледового керна Гренландии. В разрезе Чембакчино (Иртыш — 60° с. ш.) торфяник датирован ~ 110 —114 тлн. Сначала там произрастали сосновые леса с елью, пихтой и берёзовые леса с примесью вяза, клёна, липы, лещины. В начале торфонакопления распространялись заболоченные редколесья, затем — еловые леса с пихтой, а по долинам рек берёзовые леса с дубом, вязом и лещиной; выше (~ 110 —114 тлн) увеличивается роль кедра и уменьшается — ели, единична пыльца дуба и лещины. Затем распространяются берёзовые леса с обилием кустарниковых берёз; после чего — кедрово-елово-пихтовые леса близкие современной средней тайге. Верх торфяника и вышележащие глины отлагались в условиях перехода к болотным редколесьям [14]. Выделяется 2 оптимума: ниже торфяника и во время накопления средней части торфяника. Видимо, оба оптимума относятся к палеоклиматическому событию 5e1 ледового керна Гренландии, а глины выше торфяника — уже к началу подстадии МИС-5d. Подстадия МИС-5e в казанцевское время была самой продолжительной. За это время растительные зоны неоднократно смещались к северу, а затем к югу на сотни километров. Чётко выделяется 2 оптимума в начале и в конце МИС-5e (соответствуют МИС-5e5 и МИС-5e1), оба оптимума парные, разделённые большими смещениями растительных зон к югу. Менее ярко выражен оптимум соответствующий палеоклиматическому событию 5e3. В главный оптимум (5e5) на западе Западной Сибири южная тайга смещалась к северу более чем на 700 км — дальше был берег казанцевской транс-

грессии. Южнее 60°с. ш. растительные зоны смещались на север не более чем на 400 км. На востоке Западной Сибири следы растительности, соответствующей МИС-5е известны, но нет пока изотопных данных, которые позволили бы отнести их к конкретным палеоклиматическим событиям в пределах МИС-5е.

В разрезе Кирьяс (Обь — 61°с. ш.) торфяник с датой ~104—105 тлн соответствует МИС-5с. Суглинки, подстилающие торфяник, отлагались в перигляциальных ландшафтах [10] подстадии МИС-5d. В конце накопления суглинков распространилась лесотундра: редколесья и зеленомошные болота; в начале торфообразования — елово-лиственничная северная тайга. Затем возрастает роль березы, в т. ч. кустарниковой, преобладали редколесья. В конце торфонакопления распространились березовые редколесья и сфагновые болота. В оптимум МИС-5с в Кирьясе смещение растительных зон к югу могло превышать 450 км. Хорошо датированный этап МИС-5а известен в низовьях Енисея, на востоке Западной Сибири в разрезе Ладыгин Яр [7], где в морских слоях, датированных ~71—90 тлн по ИК—ОСЛ, ЭПР и U—Th зафиксировано наибольшее (для казанцевских отложений) количество теплолюбивой *Arctica islandica*, а в одновозрастных им пресноводных слоях на р. Малая Хета (~69°30'с. ш.) пресноводные моллюски отражают летние температуры не менее +17 °С [7], соответствующие современным летним температурам в верховьях р. Кеть в 250—300 км южнее северной границы южной тайги. Вряд ли это позволяет предполагать продвижение в то время южной тайги на 1 000 км севернее современного положения; тем более, что В. С. Волкова и др. [4] реконструировали в низовьях Енисея смещение северной тайги в оптимум казанцевского времени только на 300—350 км к северу. Малое количество изотопных дат пока не позволило выделить в массиве палеоботанических данных те разрезы (и палиноспектры), которые характеризуют подстадию МИС-5b.

Несмотря на то, что реконструкции сделаны по нескольким разрезам, они получились довольно детальными. Однако надо помнить, что разрезы расположены далеко друг от друга и вскрывают континентальные отложения. Это гарантирует перерывы в палеоботанических записях. Кроме того, точность абсолютных дат невысока. Всё это делает необходимыми дальнейшие уточнения и детализации приведённых реконструкций.

Работа поддержана грантом № 9 интеграционного проекта СО РАН—ДВО РАН

1. *Архипов С. А.* Хронология геологических событий позднего плейстоцена Западной Сибири // *Геология и геофизика*, 1997. № 12 (38). С. 1863—1884.
2. *Архипов С. А., Вотах М. Р., Гольберт А. В. и др.* Последнее оледенение в Нижнем Приобье. Новосибирск: Наука, 1977. 214 с.
3. *Архипов С. А., Волкова В. С.* Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири. Новосибирск: ИГИГ СО РАН, 1994. 106 с.
4. *Волкова В. С., Архипов С. А., Бабушкин А. Е. и др.* Кайнозой Западной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2003. 247 с.
5. *Волкова В. С., Гуртовая Е. Е., Левчук Л. К.* Палинология морских отложений казанцевского горизонта в низовьях Енисея // *Микрофито-фоссилии и стратиграфия мезозоя и кайнозоя Сибири*. Новосибирск: Наука, 1988. С. 36—42.
6. *Гуртовая Е. Е., Кривоногов С. К.* Фитологическая характеристика континентальных отложений казанцевского горизонта // *Микрофито-фоссилии и стратиграфия мезозоя и кайнозоя Сибири*. Новосибирск: Наука, 1988. С. 69—91.
7. *Гусев Е. А., Крылов А. В., Воронков А. Ю., Никитин М. Ю.* Позднекайнозойские моллюски Енисейского севера // *Современные наукоёмкие технологии*. 2012. № 2. С. 11—15.
8. *Гусев Е. А., Молодьков А. Н.* Строение отложений заключительного этапа казанцевской трансгрессии (МИС-5) на севере Западной Сибири // *Докл. АН*. 2012. № 6 (443). С. 707—710.
9. История развития растительности внеледниковой зоны Западно-Сибирской низменности в позднелиниоценовое и четвертичное время / Под ред. В. Н. Сакса. М.: Наука, 1970. 362 с.
10. *Левина Т. П.* Палинологическая характеристика отложений позднечетвертичной ледниковой эпохи в долине Средней Оби // *Стратиграфия и палинология мезозоя и кайнозоя Сибири*. Новосибирск: Наука, 1979. С. 74—98.
11. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: ВСЕГЕИ. 2008. Вып. 38. 127 с.
12. *Сакс В. Н.* Четвертичный период в Советской Арктике // *Тр. НИИГА*, 1953. Т. 77. 627 с.
13. *Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B. et al.* Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice core record // *Nature*. 1993. Vol. 364. P. 218—220.
14. *Laukhin S. A.* «Warm» stages in the West Siberian Late Pleistocene // *Quaternary Intern.* 2011. Vol. 241. P. 51—67.
15. *Laukhin S. A.* Paleoclimatic events in Western Siberia boreal zone during MIS-5 // *Izvestiya Earth Sci. Sect. RANS*. 2012. N 21. P. 95—103.
16. *Laukhin S. A., Gaigalas A.* On the palaeoclimatic structure of MIS-5 analogs in the midland part of Siberia (palaeobotanical and U/Th-dating data) // *Geologija (Vilnius)*. 2008. N 3 (50). P. 176—187.
17. *Velichkevich F., Sanko A., Laukhin S. et al.* Paleobotanical and paleomalacological characteristics of Middle Siberia Kazantsovian Interglacial according to Bedoba section data // *Geologija (Vilnius)*. 2004. N 46. P. 17—26.

Г. И. Литвинюк¹, А. Н. Мотузко², Т. В. Якубовская¹

¹ Белорусский государственный педагогический университет

² Белорусский государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ КОРЧЁВСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ БЕЛАРУСИ

Отложения корчёвского межледниковья наиболее полно изучены в пределах конечно-моренных массивов Белорусской гряды — на Новогрудской и Минской возвышенностях. Стратотипический разрез корчёвского межледниковья находится в большом карьере бывшего кирпичного завода «Малыши» на берегу Сервечского водохранилища между деревнями Корчёво и Ализаровщина на севере Барановичского р-на Брестской обл. Межморенные отложения обнаружил геолог Михаил Евгеньевич Зусь, исследуя Новогрудскую возвышенность, и в 1975 г. обратил на них внимание академика Г. И. Горецкого и геолога-четвертичника Л. Н. Вознячука. Собранные в этом и следу-

ющем годах палеонтологические и геологические материалы послужили основой для вывода о межледниковом характере и возрасте данных отложений.

Корчѣвское межледниковье, как новое для всей Восточно-Европейской равнины, выделил Л. Н. Вознячук [1, 2]. Вывод о новом межледниковье базировался на трёх палеонтологических «китах». В первую очередь, на составе ископаемой фауны грызунов, собранной и изученной А. Н. Мотузко и П. Ф. Калиновским, самой древней плейстоценовой фауне региона с преобладанием остатков *Mimomys intermedius* (Newton) и полёвок рода *Microtus*, с участием бобра-трогонтерия *Trogotherium cuvieri* Fisher и др. Вторым «китом» были спорово-пыльцевые диаграммы, составленные авторитетнейшими палинологами Н. А. Махнач и О. П. Кондратене. Виртуозный анализ этих диаграмм [2] сделал их классическими палеоботаническими и палеоклиматическими документами плейстоцена Беларуси. В корчѣвском горизонте на диаграммах было выделено 5 палинозон: K1 + 2 (берёзы и сосны), K3 (дуба и вяза), K4 (ольхи, смешанного дубового леса, граба и лещины), K5 (сосны и берёзы). Третьим «китом» стали экзоты ископаемой семенной флоры, по определениям Ф. Ю. Величевича и Т. В. Якубовской, среди которых были новые для плейстоцена виды *Scirpus kreczetoviczii* Wieliczk., *Caulinia antiqua* T. V. Jakub., *Stratiotes goretzkyi* Wieliczk. и большое количество плиоценовых реликтов.

Но главным фактором, позволившим выделить новый стратон, было участие в исследованиях Леонида Николаевича Вознячука, одного из наиболее образованных белорусских геологов-четвертичников того времени, способного проанализировать все палеонтологические материалы, связать их с геологией и увидеть их новизну на фоне имеющихся во всей Европе аналогичных материалов, в первую очередь, по Кроммеру.

Не утихающие до сих пор споры о возрасте и статусе отложений в карьерах и скважинах у д. Корчѣво питаются в значительной степени гляциотектоническими деформациями типовой залежи озѣрно-болотных пород (высказывалось мнение о их отторженцевой природе), а также толкованием спорово-пыльцевых диаграмм вне связи с данными других методов, т. к. диаграммы корчѣвского межледниковья имеют много общего с диаграммами изученного позже могилѣвского межледниковья.

В юго-восточной части Новогрудской возвышенности конечно-моренный рельеф с абсолютными отметками 160—220 м имеет грядово-холмистое строение. Гряды в плане образуют дугу с «провисанием» к югу, которая протянулась со стороны оз. Свитязь по направлению к д. Корчѣво и далее на восток-северо-восток. Такой рисунок грядового рельефа, как показали работы Г. И. Горещкого и Э. А. Левкова, связан с гляциодислокациями. Зона гляционарушений у д. Корчѣво приурочена к борту Сервечской ледниковой ложбины и примыкает к юго-западному крылу Бобовнянского выступа кристаллического фундамента. На участках с нарушенным залеганием и дислоцированностью отложений весьма непросто воссоздать естественную стратификацию горизонтов. Поэтому в 1984 г. Западной геолого-гидрогеологической партией БГРЭ здесь было проведено специальное бурение по программе опорного бурения, предложенной Институтом геохимии и геофизики АН БССР. В результате удалось уточнить соотношение подстилающих отложений с выступающими в карьере моренными и озѣрными аккумуляциями. На геологическом профиле поперѣк долины р. Сервечь, составленном М. Е. Зусѣм [3, рис. 3] ещё до опорного бурения, отражено, что озѣрные отложения корчѣвского межледниковья простираются на правом берегу р. Сервечи на 3 км к востоку от карьеров. На детализированном профиле с учётом опорного бурения [4, рис. 16] также видно распространение межледниковой залежи и на левом берегу реки. В итоге, отложения корчѣвского межледниковья прослежены на протяжении не менее 3 км как вдоль, так и поперѣк долины р. Сервечь в древней Сервечской ледниковой ложбине. Такой большой по площади «отторженец», залегание которого в удалѣнных от карьеров скважинах не нарушено, маловероятен.

Главные достижения исследований голостратотипа корчѣвского межледниковья за прошедшие 15 лет сводятся к следующему.

Палеофаунистический метод. Местонахождение фауны у д. Корчѣво — единственное на территории Беларуси, где изучен автохтонный комплекс древнейших плейстоценовых млекопитающих по тысячам остатков зубов грызунов и других останков. В структуре фауны на смену роду *Prolagurus* появляется род *Lagurus*, который совместно с *Microtus* (St.) и *Stenocranium hintoni* (Kretzoi) составил особую фаунистическую зону в плейстоцене Европы — **V. *Lagurus transiens* — *Stenocranium hintoni*** [5]. Доминируют в корчѣвской фауне корнезубые полёвки *Mimomys intermedius* (Newton). На территории Польши к этой зоне отнесена фауна из местонахождения Залесьяки 1 А/8. Обнаружение бобра-трогонтерия и рыжей лесной полёвки в межледниковых отложениях, а леммингов и других обитателей тундры и степей в образованиях ледниковых эпох (поздненаревской и раннесельдинской), наряду с данными палеоботанических исследований, впервые послужили Л. Н. Вознячуку основой для выявления сложной и многообразной климатической ритмики начала гляциоплейстоцена на территории Беларуси. В самом же корчѣвском межледниковье А. Н. Мотузко по фауне выделяет три фазы — раннюю, оптимальную (в отложениях этого отрезка межледниковья были обнаружены обломки зубных пластин слона рода *Archidiskodon*) и позднемежледниковую. Своеобразие и богатство корчѣвской фауны, обособленной по составу внутри тираспольской, столь выразительно, что А. Н. Мотузко предложил выделить её в особый, **корчѣвский фаунистический комплекс** с руководящими видами — корнезубой полёвкой *Mimomys intermedius* (Newton) в сочетании с *Stenocranium hintoni* (Kretzoi).

Палинология. Изучение флоры Корчѣва, выполненное по новым сериям образцов К. Мамаковой и Т. Б. Рыловой [7], позволило им развить точку зрения о принадлежности корчѣвского оптимума к могилѣвскому межледниковью. В озѣрных отложениях мощностью 1,6 м из одной расчистки на расстоянии не более 1 м друг от друга Г. И. Литвинюком, Ф. Ю. Величевичем, Т. Б. Рыловой и К. Мамаковой в 1989 г. были отобраны две серии

образцов для палинологических исследований (Корчëво I и Корчëво II по 32 пробы каждая) и для палеокарпологического анализа (по 8 образцов). Результаты анализов, выполненных в Кракове Казимирой Мамаковой «по польской методике» и в Минске Т. Б. Рыловой «по белорусской методике» оказались в основных чертах одинаковыми. На детальных палинограммах были выделены локальные пыльцевые зоны: L PAZ Kr-1 — *Artemisia-Poaceae-Salix* и L PAZ Kr-2 — *Betula-Pinus-NAP*, отнесëнные к позднеледниковью, L PAZ Kr-3 — *Ulmus-Quercus-Carpinus-Alnus*, L PAZ Kr-4 — *Quercus-Pinus* и L PAZ Kr-5 — *Ulmus-Quercus-Tilia-Carpinus* отражающие климатический оптимум межледниковья, а также зоны L PAZ Kr-2 bis — *Betula-Pinus-NAP*, L PAZ Kr-4 bis — *Quercus-Pinus* и L PAZ Kr-5 bis — *Ulmus-Quercus-Tilia-Carpinus*, повторяющие соответствующие зоны в нижележащем интервале отложений, что служит показателем гляциотектонических нарушений. Локальные палинозоны в отложениях оптимума профилей Корчëво I и Корчëво II имеют некоторые отличия от соответствующих зон, выделенных прежде в разрезе. На предыдущих диаграммах чëтко вырисовывается единственная в оптимуме и одновременная кульминация пыльцы *Quercetum mixtum*, *Carpinus* и *Coryllus*, а на профилях Корчëво I и Корчëво II кривые этой пыльцы двухвершинные, разделены отсутствующей на первых диаграммах зоной L PAZ Kr-4 — *Quercus-Pinus* и кульминация кривой пыльцы *Carpinus* предшествует кульминации *Quercetum mixtum*. По пыльце, спорам, плодам и семенам в изученных профилях выявлено 215 таксонов ископаемых растений, большинство из них определены до вида. По палеокарпологическим данным, полученным в этих профилях, подтвердились прежние находки. Состав представителей т. н. «бразениевского комплекса» в этой семенной флоре беден, что характерно для корчëвского межледниковья, но выявлены типичные для оптимума *Caulinia antiqua* T. V. Jakub., *Stratiotes goretskyi* Wielicz, *Aldrovanda zussii* T. V. Jakub. Важные данные по возрастной приуроченности вымерших видов семенной флоры Корчëво приведены авторами в таблице 2, где плиоцен-плейстоценовые виды преобладают над ранне-среднеплейстоценовыми. Такие особенности новых палинограмм Корчëво I и Корчëво II, как кульминация пыльцы *Carpinus* перед кульминацией *Quercetum mixtum* вместе с доминированием *Quercus*, большим количеством пыльцы *Alnus* при малом *Coryllus*, по заключению авторов этого тщательного исследования, характеризуют могилëвское межледниковье. Они делают вывод, что сукцессии растительности по пыльце в Корчëво коррелируют таковым второго (младшего) межледниковья Фердинандова, а также второго (младшего) межледниковья Августово в Польше. Несомненно, такой вывод на основе новых палинологических данных по диаграммам Корчëво I и Корчëво II представляется достаточно обоснованным. Однако явление рекурсии — повторение сходных комплексов ископаемых организмов на разных стратиграфических уровнях — в данном случае требует глубокого анализа. Вопросы остаются и в связи с отсутствием видовых определений микрофоссилий из могилëвского межледниковья, существенных различий в видовом составе экзотов семенной флоры типовых разрезов, в различии и возрасте фауны мелких млекопитающих этих стратонов в пределах Восточно-Европейской равнины.

Палеокарпологический метод. Авторы настоящего сообщения провели ревизию собранных ими в 1975—1989 гг. коллекций ископаемых плодов, семян, мегаспор, тегменов, остатков шишек, хвои и других определенных фрагментов растений из серий обогащенных образцов (промывалось от 2 до 10 ведер породы в образце) в 6 расчистках стенок карьера и в нескольких больших обобщенных образцах. По этим остаткам во всех толщах разреза местонахождения Корчëво определено 202 таксона споровых и цветковых растений. Семенная флора изучена во всех толщах — позднеаревской (новогрудской и ализаровской у Л. Н. Вознячука), собственно корчëвском межледниковом горизонте и в раннесельдинской (сервечской толще у Л. Н. Вознячука). Для нас наиболее важна строго выверенная характеристика **семенной флоры корчëвского горизонта в типовом месторождении** для распознавания межледниковых отложений этого возраста в других местах. Главным признаком для определения возраста флоры служит доля экзотических видов. Во флоре корчëвского горизонта нами учтено 134 таксона высших растений, из них 26 относятся к вымершим экзотам и 11 к чуждым или региональным экзотам — это группа руководящих видов во флоре межледниковья. Местных видов, донинее присутствующих во флоре Беларуси, насчитывается 60. Всего в этих т. н. географически определимых группах 97 видов: экзоты составляют 38,1 % (вымершие 26,8 %, чуждые 11,3 %), а местные — 61,9 %. Эти показатели являются основополагающими при характеристике корчëвской межледниковой флоры. Вторым важным признаком для определения возраста ископаемой флоры служит видовой состав экзотов. Среди вымерших экзотов многие являются по количеству остатков самыми массовыми — это *Scirpus kreczetoviczii* и *Ranunculus sceleratoides* (более 1000 эндоспермов); *Potamogeton palaeofiliformis*, *Stratiotes goretskyi*, *Lycopus pliogenicus* (100—200 остатков); *Azolla interglacialis*, *Potamogeton vaginatoides*, *P. panormitanoides*, *Caulinia antiqua*, *Alisma plantago-minima*, *Alisma plantago-pliocenica* (10—50 остатков). Единичными экземплярами (от 1 до 9) представлены остальные вымершие экзоты: *Pilularia* cf. *borysthena*, *Potamogeton* cf. *compressoides*, *P. cf. parvulus*, *P. pusilloides*, *P. dvinensis*, *P. cf. coloratoides*, *Scirpus atroviroides*, *Carex paucifloroides*, *Carpinus* cf. *betuloides*, *Euryale*, *Brasenia*, *Nymphaea* sp. exot., *Myrica* sp., *Aldrovanda zussii*, *Elatine hydropiperoides*. Региональные экзоты также определены по немногочисленным остаткам: *Selaginella helvetica*, *Larix* sp., *Sparganium hyperboreum*, *Potamogeton vaginatus*, *Dulichium arundinaceum*, *Cyperus glomeratus*, *Alnus barbata*, *Urtica platyphylla*, *Rumex marschallianus*, *Bunias cochlearioides*, *Ludwigia palustris*. Результаты палеокарпологических исследований показывают принципиальное различие в составе руководящих видов ископаемой флоры корчëвского и могилëвского межледниковий. Состав экзотов корчëвского межледниковья имеет выразительные признаки унаследованности от неогеновой и раннеплейстоценовой (эоплейстоценовой) флоры, что не характерно для могилëвского межледниковья, и служит показателем более древнего возраста корчëвского интервала плейстоцена [6]. Высокий процент экзотично-

сти и видовой состав экзотов корчѣвской межледниковой флоры — объективные доказательства её наибольшей древности в ряду семенных флор гляциоплейстоцена Беларуси.

Геологическое строение и условия залегания. Отложения корчѣвского межледниковья в голостратотипе представляют собой гляциотектоническое сооружение пликативного типа, а не отторженец. В ряде скважин и сохранивших естественную стратификацию участках на стенках карьера прослежено, что межледниковая толща залегает на отложениях наревского оледенения, а перекрыта перигляциальными озёрными и лимногляциальными аккумуляциями ясельдинского оледенения. Обширная и мощная залежь озёрно-болотных пород наревско-ясельдинского времени образовалась в древней Сервечской ледниковой ложбине и вместе с подстилающими и перекрывающими отложениями была выдавлена из ложбины и взброшена к дневной поверхности при формировании конечно-моренного рельефа.

В заключение отметим, что описанное стратиграфическое положение корчѣвского межледниковья подтверждается при изучении других местонахождений его семенной флоры — в скважинах у д. Романюки Новогрудского р-на, у д. Снов Кореличского р-на, у п. Мачулищи под Минском, а также по палеокарпологическим и палинологическим данным у д. Верхнее Березино Докшицкого р-на.

1. *Вознячук Л. Н., Махнач Н. А., Мотузко А. Н. и др.* Нижнеплейстоценовые отложения д. Корчѣво на Новогрудской возвышенности в Белоруссии и их стратиграфическое и палеогеографическое значение // Докл. АН БССР. 1977. Т. 21, № 11. С. 1025—1028.
2. *Вознячук Л. М., Махнач Н. А., Зусь М. Я., Кондратене О. П.* Некоторые вынікі даследаванняў ніжняга плейстацену Беларусі // Даследаванні антрапагену Беларусі. Мінск: Навука і тэхніка, 1978. С. 69—105.
3. *Зусь М. Е.* Геологическая ситуация района корчѣвских гляциодислокаций // Проблемные вопр. геологии антропогена и неогена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1980. С. 28—36.
4. *Зусь М. Е.* Новогрудская возвышенность. Минск: Наука и техника, 1991. 126 с.
5. *Надаховский А., Мотузко А. Н., Иванов Д. Л.* Стратиграфия четвертичных отложений Беларуси, Польши и соседних территорий на основании изучения мелких млекопитающих // Стратиграфия и палеонтология геологических формаций Беларуси. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2003. С. 217—224.
6. *Якубоўская Т. В.* К вопросу о возрасте корчѣвского межледниковья // Літасфера. 2006. № 2(25). С. 155—158.
7. *Matkowska K., Rylova T. B.* The interglacial from Korchevo in Belarus in the light of new palaeobotanical studies // Acta Palaeobotanica. 2007./ Vol. 47, N 2. P. 425—453.

**Н. В. Макарова¹, В. М. Макеев², А. В. Матвеев³, Т. В. Суханова¹, А. Ф. Санько⁴,
А. Л. Дорожко², И. В. Коробова², В. П. Зерницкая³**

¹ Московский государственный университет

² Институт геоэкологии РАН

³ Институт природопользования НАН Беларуси

⁴ Белорусский государственный университет

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВИРСКО-ОШМЯНСКОЙ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Структурно-геоморфологические исследования Свирско-Ошмянской территории направлены на решение ряда задач: *выявление в рельефе новейших структурных форм, определение их возраста, амплитуд, этапов развития, соотношения со структурами фундамента и чехла.* Для решения этих задач проанализирован поверхностный и погребённый рельеф и слагающие их четвертичные и более древние отложения.

Основные комплексы отложений и рельефа. Данные наземных исследований, бурения и геофизики позволяют выделить два этажа рельефа — поверхностный и погребённый, формировавшиеся в различные этапы, выработанные на различных по генезису и возрасту отложениях или сложенные ими.

Поверхностный рельеф в основном аккумулятивный и эрозионно-аккумулятивный, сформировался во время развития двух покровных оледенений — сожского конца среднего плейстоцена и поозёрского позднеплейстоценового. Кроме того, это более молодые формы и отложения аллювиального, пролювиального, озёрного, болотного, эолового генезиса. Все они достаточно подробно описаны во многих статьях, монографиях, отчётах и обобщающих работах [2, 3]. Сожская морена отложена ледником минского ледникового потока, его Ошмянской лопастью. Она представлена краевой и основной фациями (типами). Краевая морена слагает стадильную Ошмянскую и Мелекшинскую, Гозовскую и др. гряды, отражающие процесс неравномерного таяния и последовательного отступления ледника к северу. К субширотной Ошмянской гряде примыкают гряды, вытянутые меридионально или имеющие дуговую или полудуговую форму, подчеркивающие внутреннее фестончатое строение лопасти ледникового покрова, занимавшего Вилейскую низину. Основная морена развита между грядами. В составе сожской морены, наряду с валунными сутлинками, присутствуют прослои и линзы песчано-гравийного и мелкогалечного материала, свидетельствующие о значительном перемыве её тальными водами. Последние, а также более молодые временные потоки и плоскостная денудация сгладили первичный рельеф морены. Вследствие этого моренные равнины в какой-то степени являются «вторичными» денудационными, и в целом в них выделяется несколько гипсометрических уровней, последовательно снижающихся с юга на север: 270—300, 200—220, 150—180, 140 м. Поозёрская морена, оставленная ледником нарочано-вилейской лопасти чудского ледникового потока, слагает Константиновскую и Свирскую

гряды. Вдоль южного дистального склона последней проводится граница максимального позднеплейстоценового оледенения. Мощность морен достигает 60—80 м на Константиновской гряде и 30 м на Свирской.

Флювиогляциальные равнины сожского и поозёрского оледенений, сложенные рыхлыми галечно-гравийно-песчаными отложениями, в рельефе имеют ступенчатое строение: относительно древние высокие ступени с остаточными моренными холмами имеют абс. отметки 170—180 у сожской и 150—170 м у поозёрской, а более молодые низкие плоские, часто заболоченные — соответственно 150—165 и 130—145 м. Образование ступенчатых равнин связано, возможно, с подъёмом территории в конце оледенений — тектоническим или гляциоизостатическим.

Долина р. Вилия в исследованном районе по морфологии разделяется на восточный, центральный и западный участки, отличающиеся ориентировкой. В их пределах чередуются отрезки северо-западного, северо-восточного, меридионального и реже широтного простираний, прямолинейность которых предполагает приуроченность их к линеаментам. При пересечении моренных гряд строение долины подобно antecedentному типу: она сужена, высота поймы и террас увеличена. На центральном широтном участке современная долина Вилии смещена от её более древней погребённой долины к югу на 7 км. Долинный зандр поозёрского оледенения местами сливается с поверхностью II террасы.

Погребённые отложения и рельеф включают дочетвертичный и четвертичный. *Дочетвертичный* рельеф — денудационный, представлен фрагментами мезозойской (донеогеновой) поверхности выравнивания — пенеппена — и ступенями рельефа, образованными в новейшее время при неравномерном поднятии территории и врезании долин, которые в настоящее время погребены. Донеогеновая поверхность в исследованном районе имеет абс. отметки 50—70 м, она слабо расчленена и полого наклонена к югу и западу. По данным геофизики, поверхность нарушена разломами с амплитудой перемещения около 20 м. Она перекрыта фрагментарно сохранившимися средневерхнемиоценовыми отложениями бринёвского и антопольского надгоризонтов [4] общей мощностью около 20 м. Тонкий состав отложений свидетельствует о накоплении их в озёрных бассейнах в условиях незначительных прогибаний. Слабые по амплитуде поднятия начались в плиоцене, когда на некоторых участках были частично или полностью размыты отложения антопольской свиты. Наибольшие абс. отметки кровли миоценовых отложений достигают 80—90 м, т. е. это амплитуда поднятия, произошедшего после накопления антопольской свиты. Возраст этой поверхности, предположительно может быть от плиоценового до эоплейстоценового, поскольку она перекрыта доберезинским флювиогляциалом, а местами березинской мореной. Если условно принять её возраст как поздний плиоцен-эоплейстоцен, то скорость поднятия с этого времени составит 0,02 мм/год.

Рост поднятий продолжался и в четвертичное время в связи с общим поднятием Белорусской антеклизы. Вследствие этого образовалось несколько региональных ступеней, с общей глубиной врезов в 35—40 м, перекрытых разновозрастными четвертичными моренами и флювиогляциальными отложениями, а местами врезанных в них. Ступени фиксируют процесс неравномерного поднятия территории, появление, формирование и дальнейшее развитие основных новейших, преимущественно четвертичных структур на территории исследуемого района. Выделены Центральное поднятие — *Островецкое*, в юго-восточной части обособилось *Васютинское* поднятие, а в северной части — *Константиновское*. Их разделяют прогибы: на севере широтный *Озёрный*, на юге — *Ратагольский*, на западе — субмеридиональный *Мелекешинский*. Амплитуды поднятий и прогибов составляют 30—40 м.

Четвертичный погребённый рельеф и отложения включают ледниковые покровы березинского и днепровского оледенений и подстилающие и разделяющие их доберезинские, березинско-днепровские и днепровско-сожские водно-ледниковые отложения. При этом флювиогляциальные отложения перекрывают морены по неровной границе или заполняют эрозионные врезы в их кровле глубиной до 20—40 м. Характерны уменьшение мощности флювиогляциальных отложений на склонах и сводах поднятий до 3—5 м и увеличение их мощности в прогибах и во врезках до 20—30 м. В распределении мощности морен чаще наблюдается обратная картина. На сводах поднятий она больше (30—40 м и более), поскольку они служили препятствием для продвигающегося к югу льда (морены сгруппированы). На склонах поднятий мощность морен, как правило, меньше.

Днепровско-сожские флювиогляциальные отложения вскрываются карьерами, где можно видеть нарушенность отложений гляциодислокациями [3]. Последние представлены складками, разрывами, трещинами разных размеров и кинематики. При этом дислокации одной пачки слоёв не находят продолжения в выше- или нижележащих слоях, что, по нашему мнению, не позволяет считать их тектоническими.

Соотношение погребённого и поверхностного рельефа различное. Новейшие Константиновское и Островецкое поднятия наследуют поднятия дочетвертичной поверхности, в т. ч. девонской, и частично фундамента. Поверхностный рельеф в их пределах также повышен. Озёрский прогиб наследует понижение в девонской поверхности, Ратагольский прогиб приурочен к склону девонской поверхности. Сведения о залегании дочетвертичной поверхности и мощности покрова в пределах Ошмянской гряды противоречивы.

Поскольку за четвертичное время глубина вреза составила 35—40 м, то примерная скорость поднятия составляет 0,04—0,05 мм/год. С раннего плейстоцена район подвергся, по крайней мере, четырём покровным оледенениям (березинское, днепровское, сожское и поозёрское). Определение амплитуд и скоростей тектонических движений за отдельные этапы четвертичного времени вызывает большие трудности, поскольку нужно учитывать глубины врезов, образованных тальными водами в конце оледенений, а также глубины речных врезов, образованных в позднеплейстоцен-голоценовое время. Последние можно определить, используя высоту террас р. Вилия. Мы приняли возраст II террасы р. Вилии как первая половина позднего плейстоцена (как практически везде на Русской равнине). Река Вилия на севере на широтном отрезке на участке Нидяны-Быстрица прорезает моренную гряду, образуя относи-

тельно узкую долину. Она врезана в поверхность сожской морены не менее чем на 30 м (абс. отметки сожской морены на этом отрезке 150—160 м, а отметки поверхности террасы около 130 м). Учитывая, что мощность аллювия террасы, по данным геологической съёмки, равна 14 м, то общая глубина вреза за первую половину позднего плейстоцена продолжительностью около 70 тыс. лет [1] составит около 45 м. Отсюда скорость врезания Вилии за это время равна 0,6 мм/год, за вторую половину позднего плейстоцена она равна 0,3 мм/год, а в течение голоцена Вилия врезается со скоростью около 0,6 мм/год. Из-за сложности периодически повторявшихся гляциоизостатических движений во время оледенений и межледниковий, определить амплитуду и глубину поэтапных врезов за более ранние этапы четвертичного периода пока не представляется возможным.

1. Борисов Б. А. Общая стратиграфическая шкала квартера, опорные разрезы неоплейстоцена Европейской части России // Матер. VI Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Новосибирск, 2009. С. 84—88.
2. Геология Беларуси / Под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева и др. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. 815 с.
3. Левков Э. А. Гляциотектоника. Минск, 1980. 280 с.
4. Якубовская Т. В., Ажгиревич Л. Ф., Аношко Я. И. и др. Стратиграфическая схема неогеновых отложений Беларуси // Літасфера. 2005. № 1 (22). С. 135—145.

А. Н. Мотузко

Белорусский государственный университет

ИСКОПАЕМАЯ ФАУНА МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ГОРИЗОНТА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Припятский горизонт представлен на территории Беларуси моренными и водно-ледниковыми отложениями днепровской и сожской стадий припятского оледенения. Ледниковый покров днепровской стадии полностью покрывал всю территорию Беларуси. Отступление ледника сопровождалось формированием мощных толщ водно-ледниковых (флювиогляциальных) песчаных отложений. Повторная активизация оледенения в сожское время проявилась в северных и центральных районах республики отложениями новых горизонтов моренных отложений, а в южных районах — были выражены зандровые равнины и начали формироваться долины рек. Такая палеогеографическая ситуация снижала численность животных, обитавших на просторах республики в период припятского оледенения. Кроме этого условия захоронения в моренных отложениях были невозможными, а водно-ледниковые потоки не способствовали концентрации ископаемых остатков в отложениях. Немаловажную роль сыграл и тот факт, что поиску местонахождений ископаемой фауны млекопитающих в отложениях времени припятского оледенения не уделялось должного внимания. Однако редкие находки фауны млекопитающих, отмеченного времени, упоминаются в литературе [1, 2, 4].

Ископаемые млекопитающие времени деградации днепровской стадии припятского оледенения впервые были обнаружены в местонахождении Микашевичи. В геолого-структурном отношении территория местонахождения расположена в восточной части Микашевичского горста, который является структурной единицей Микашевичско-Житковичского выступа кристаллического фундамента. Сложен горст в основном гранито-гнейсами архейского возраста, которые вскрываются в карьерных выработках РУУП «Гранит». Перекрываются кристаллические породы фундамента морскими отложениями палеогена. Это преимущественно глауконитовые пески и алевроиты киевской свиты. С разрывом слои палеогена перекрыты осадками полтавской серии неогена, которые, в свою очередь, вверх по разрезу замещаются сложными литологическими сериями четвертичного периода. В зависимости от высоты поверхности кристаллического фундамента мощность палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений колеблется от 3 м до 100 м. На границе неогеновых и четвертичных отложений в местах высоких отметок кристаллического фундамента наблюдается горизонт размыва, представленный грубообломочным материалом. С этим горизонтом были связаны находки останков крупных млекопитающих. О существовании этих находок было известно с 1982 г., но они не привлекали внимания специалистов из-за своей фрагментарности и выборочности до тех пор, пока эти материалы не заинтересовали учителей средних школ города. Они вместе с учениками, которые занимались в кружках по географии и экологии, начали собирать останки ископаемых животных, как краеведческий материал. Научное изучение этих коллекций преподавателями и студентами Белгосуниверситета в 2007 г. дало возможность выявить видовой состав фауны млекопитающих, которые находились в четвертичных отложениях гранитного карьера г. Микашевичи. Были определены останки следующих животных: хазарский степной слон — *Mammuthus chosaricus* Dubrovo, шерстистый носорог — *Coelodonta antiquitatis* Blumenbach, длинноногий бизон — *Bison priscus* Bojanus, дикая лошадь — *Equus caballus latipes* V.Gromova, северный олень — *Rangifer tarandus* L., большой пещерный медведь — *Ursus (Spelearcos) spelaeus* Rosenmuller et Heinroth., мелкий волк — *Canis lupus* L. Фауна млекопитающих такого видового состава впервые найдена на территории Беларуси. Она позволяет заполнить своеобразное «белое пятно» в древней истории фауны плейстоцена западных регионов Восточно-Европейской равнины. Возраст фауны и отложений, в которых она была обнаружена, отвечает времени деградации на территории республики ледника днепровской стадии полесского оледенения (таблица). Хазарские степные слоны, остатки которых доминируют в местонахождении, были предками мамонтов и самыми крупными представителями в линии

степных слонов. На втором месте по количеству находок стоят останки длиннорогих бизонов, у которых размах рогов у самцов достигал 1,37 м. Очень крупных размеров достигал также пещерный медведь. Вообще вся фауна характеризуется присутствием крупных животных, которые обитали на тундрово-степных просторах за пределами края ледника [5].

В 2010 г. в Жлобинском р-не в карьере по добыче формовочных песков «Четверня» было обнаружено новое местонахождение ископаемых млекопитающих времени сожской стадии полесского оледенения среднего плейстоцена [3]. В результате бурения с целью оценки промышленных запасов формовочных песков была изучена геологическая ситуация в пределах участка долины Днепра, где разрабатывается карьер «Четверня». Как было установлено, отложения палеогена широко распространены в пределах долины Днепра. Они подстилают геологический разрез в пределах изучаемого местонахождения и относятся к киевской свите. Кровля палеогеновых отложений размыта породами неогена, которые имеют прерывистое залегание. Четвертичные отложения с размывом перекрывают отложения неогена. Местами размывами неогеновые отложения полностью уничтожены и осадки квартала перекрывают палеогеновые слои. Общая мощность четвертичных отложений равна от 16 до 30 и более метров.

Костные остатки были собраны из водно-ледниковых отложений и представляют собой комплекс крупных млекопитающих времени сожской стадии припятского оледенения. В составе фауны определены следующие виды: *Mammuthus primigenius* (Blum.) раннего типа — 12 определимых остатков; *Bison priscus* Bojanus — 9; *Coelodonta antiquitatis* Blum. — 5; *Equus caballus* Linnaeus — 1; *Megaloceros giganteus* Blumenbach — 2; *Cervus elaphus* L. — 2; *Rangifer tarandus* Linnaeus — 5. Доминантными видами в фауне были мамонты и бизоны. Субдоминантное положение занимали шерстистые носороги и северные олени. Редкими видами были гигантские и благородные олени, а также лошади. Отмеченная структура фауны тесно была связана с характером природной среды, в которой обитали животные. Исходя из экологии ископаемых животных, следует, что сожский ледник отступил на север территории Беларуси, а на территории Жлобинского Приднепровья господствовали холодные типы ландшафтов — тундростепи, тундролесостепи, лесостепи. Однако ландшафты открытых пространств постепенно заселялись лесной растительностью, особенно по долинам рек. Обитателями тундростепных ландшафтов были северные олени. Тундролесостепные ландшафты населяли мамонты, шерстистые носороги, и северные олени. В холодных лесостепях жили бизоны, гигантские олени, а также и мамонты и шерстистые носороги в меньшем количестве. Наконец, приречные леса стали местом жительства благородных оленей. Редкое количество в фауне лошадей, вероятно, было связано с мягкими, болотистыми и влажными грунтами, которые препятствовали быстрому передвижению животных, вследствие чего, они могли стать легкой добычей хищников.

Местонахождения позднесожской фауны млекопитающих на территории Беларуси имеют сходные геолого-геоморфологические характеристики. Все они залегают на морене сожского ледника и связаны с отложениями, которые сформировались после отступления ледника с территории Беларуси. На водоразделах они перекрыты мало-мощными слоями водно-ледниковых супесей или лессовидных суглинков. В долинах рек слои с фауной сменяются отложениями муравинского межледниковья [2]. Видовой состав фауны во всех местонахождениях принципиально не отличается между собой. Сводный список фауны имеет следующий вид (в скобках указано количество определимых остатков): *Sorex araneus* L. — 1, *Sorex cf. tundrensis* Merriam — 2, *Ochotona cf. pusilla* Pall. — 1, *Lemmus sibiricus* Kerr. — 133, *Dicrostonyx simplicior* Fejfar — 105, *Arvicola chosaricus* Alexandrova — 3, *Microtus sp.* — 89, *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pall. — 158, *Microtus (Pallasiinus) oeconomus* Pall. — 1, *Mammuthus sp.* — 8, *Mammuthus primigenius* Blumenbach раннего типа — 1, *Bison sp.* — 2. Руководящими видами в фауне являются — *Dicrostonyx simplicior* Fejfar, *Arvicola chosaricus* Alexandrova, *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pall., *Mammuthus primigenius* Blumenbach раннего типа. Отмеченные виды имеют характерные особенности в строении коренных зубов, что отличает их, как от более древних видов, так и от молодых по времени видов. Это может быть использовано для обоснования в дальнейшем относительного возраста отложений, в которых будут найдены остатки отмеченных видов (таблица).

Исходя из приведённого списка ископаемой фауны, в конце сожского оледенения на территории Беларуси были развиты ландшафты тундры, где доминировали лемминги и узкочерепные полевки. На улучшение условий среды указывает присутствие в составе фауны водяных полевок, землероек, полевок-экономок, мамонтов и бизонов, остатки которых составляют лишь 3,6 % от всех определимых остатков млекопитающих. И только 0,2 % остатков приходится на долю степных элементов фауны — пищух, которые были обитателями реликтовых тундростепей, господствовавших на территории Беларуси в период максимальной стадии оледенения. Этот факт также свидетельствует о том, что фауна характеризует период деградации сожского оледенения.

Таким образом, остатки ископаемой фауны млекопитающих позволяют достаточно уверенно определять относительный возраст отложений времени припятского оледенения. Уже в настоящее время виды животных хазарского фаунистического комплекса — хазарский степной слон (*Mammuthus chosaricus* Dubrovo) и длиннорогий бизон (*Bison priscus priscus* Bojanus) могут указывать на формирование геологических отложений в период заключительной стадии днепровского ледника, а остатки *Mammuthus primigenius* (Blum.) раннего типа, *Bison priscus* Bojanus и *Coelodonta antiquitatis* Blum. — на присутствие в разрезах отложений сожской стадии припятского оледенения (таблица)

Таблица — Стратиграфическое положение фауны млекопитающих из отложений припятского горизонта

Стратиграфическая шкала				Фазы развития оледенения	Ископаемая фауна млекопитающих	
Отдел	Подотдел	Горизонт	Подгоризонт		Видовой состав	Эволюция мамонтов
Плейстоцен	Средний	Припятский	Сожский	Позднеледниковье	<i>Lemmus sibiricus</i> Kerr., <i>Dicrostonyx simplicior</i> Fejfar, <i>Arvicola chosaricus</i> Alexandrova, <i>Microtus (Stenocranius) gregalis</i> Pall. <i>Mammuthus primigenius</i> Blumenbach раннего типа и др.	<i>Mammuthus primigenius</i> ранний тип
				Развитие ледника	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blum.) раннего типа, <i>Bison priscus</i> Bojanus, <i>Coelodonta antiquitatis</i> Blum, <i>Equus caballus</i> L., <i>Megaloceros giganteus</i> Blumenbach, <i>Cervus elaphus</i> L., <i>Rangifer tarandus</i> L.	
		Днепровский		Фаза деградации ледника	<i>Mammuthus chosaricus</i> Dubrovo, <i>Coelodonta antiquitatis</i> Blumenbach, <i>Bison priscus priscus</i> Bojanus, <i>Equus caballus latipes</i> V. Gromova, <i>Rangifer tarandus</i> L. <i>Ursus (Spelearctos) spelaeus</i> Rosenmuller et Heinroth., <i>Canis lupus</i> L.	<i>Mammuthus chosaricus</i> Dubrovo
				Развитие ледника		

1. Калиновский П. Ф. Териофауна позднего антропогена и голоцена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1983. 154 с.
2. Мотузко А. Н. Фауна млекопитающих позднесоожского времени на территории Беларуси // Проблемы середньоплейстоценового інтергляціалу: Матер. XIV укр.-пол. сем. (Луцьк, 12—16 вересня 2007 р.). Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. С. 163—182.
3. Мотузко А. Н., Балаиов К. Ю. Геологическое строение местонахождения ископаемых млекопитающих «Четверня» в Жлобинском районе // Инновации в геологии и освоении недр. Минск: БГУ, 2012. С. 26—28.
4. Мотузко А. Н., Ганеева И. В. Находка мамонта раннего типа (*Mammuthus primigenius* (Blum.)) в Шкловском районе // Магілёўскія меры-дыян. Магілёў, 2007. Т. 7. Вып. 1—2 (8—9). С. 107—111.
5. Мотузко А. Н., Ковшик Л. П., Грицкевич Г. М. и др. Палеонтологические материалы во внеклассной работе в школах г. Микашевичи // Краеведение в учебно-воспитательном процессе школ и вузов: Матер. II Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию со дня рожд. проф. М. В. Омелянчука. Брест, 29—30 апр. 2009 г. Брест: Альтернатива, 2009. С. 59—60.

А. Н. Мотузко, В. В. Махнач, И. А. Логачёв, В. Л. Смолякова, Е. Н. Демешкевич

Белорусский государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БГУ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ «ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ»

Учебный курс «Палеогеография» призван сформировать у студентов прочные знания о проблемах пространственно-временного анализа современных геосистем. Основой для учебного курса является устоявшееся в науке положение, что без знаний прошлого развития геосистем, нельзя объяснить их современное состояние, а без последнего — невозможно предугадать будущее развитие геосистем и их структур. Для географической науки палеогеографическое направление является сквозным и охватывает все структурные составляющие географии. Студенты знакомятся и изучают принципы и методы палеогеографических исследований. На практических занятиях и во время самостоятельной работы студентами прорабатываются приёмы палеогеографических реконструкций, особенности палеогеографического анализа геосистем разного типа и происхождения. Особое внимание уделяется рассмотрению состояния природы в определённые исторические срезы.

Решение отмеченных задач палеогеографического анализа, кроме лекций осуществляется во время практических занятий и при самостоятельной работе студентов с палеогеографическими материалами. При проведении практических занятий необходимо руководствоваться золотым правилом, смысл которого изложен в известной китайской поговорке — «Скажи мне — и я забуду... Покажи мне — и я запомню... Позволь мне сделать — и это станет моим навсегда». Именно этот приём заложен в основу использования оригинальных материалов музея землеведения на практических занятиях по палеогеографии.

Тематика практических занятий разделена на две части. В первой части работ студенты отрабатывают приёмы анализа палеогеографических материалов для реконструкции отдельных геокомпонентов. В структуру занятий вошла следующая тематика.

1. *Реконструкция рельефа по геологическим материалам.* С помощью скважин, описания которых хранятся в музее, студенты индивидуально вычерчивают изогипсы поверхностей различных геологических горизонтов. Полученная картина абсолютных высот дополняется литологическими материалами, а цветом выделяются элементы палеорельефа.

2. *Палеогеографический анализ современных ландшафтных карт.* На картах современных ландшафтов анализируется и претворяется в жизнь известное философское изречение — «на каждой территории или в каждом явлении имеются остатки от прошлых эпох развития, основа настоящего состояния и зачаточные элементы будущего развития». Методом цветового фона выделяются эндемичные и прогрессивные структурные единицы ландшафтов, а основная масса доминантных элементов современных ландшафтов разбивается на группы по мере усложнения их

структуры. Полученная территориальная дифференциация показателей даёт возможность определять направление развития ландшафтов территории в пространстве и во времени.

3. *Составление палеоклиматических карт.* Эта практическая работа требует комплексного анализа большого фактического материала, т.к. элементы климата восстанавливаются по косвенным данным. Для выполнения работы привлекаются геологические, палеоботанические и палеозоологические материалы музея. По этим материалам восстанавливается температура воздуха и количество осадков.

4. *Разработка палеофлористических и палеофаунистических схем.* По материалам спорово-пыльцевого анализа, а также по оригинальным музейным материалам по ископаемым млекопитающим, кораллам и моллюскам восстанавливается структура растительного покрова и фауны на суше и в водных бассейнах.

5. *Основные принципы палеобиогеографического районирования.* Для анализа берётся 3 или 4 выполненных студентами палеофлористических и палеофаунистических схем. При их сравнении проявляются территориальные различия в структуре и видовом составе фауны и флоры. Выявленные различия оцениваются с точки зрения зональности и провинциальности.

6. *Разработка легенды и приёмы составления палеогеографических карт.* Рассматриваются общие комплексные и специальные тематические палеогеографические карты. В первом случае изучаются все палеогеографические материалы и приёмы размещения и учёта их на карте. Во втором случае анализируется материал по природным компонентам или по элементам компонентов.

7. *Сопряжённый анализ и методы составления комплексных палеогеографических профилей.* По материалам скважин строится профиль на определённое геологическое время. На профиль наносятся имеющиеся в музее материалы по ископаемой фауне, материалы спорово-пыльцевого анализа, карпологические данные, геохимические материалы и другие источники палеогеографической информации. Дополняя друг друга, комплекс методов позволяет полно реконструировать палеогеографическую ситуацию. В этом случае корректируются выводы различных методов, т. к. методы имеют в силу разных причин свои разрешающие способности.

Вторая часть практических работ посвящена территориальным палеогеографическим проблемам. Одной из важных палеогеографических проблем является проблема размещения материков и океанов на земном шаре. В качестве примера рассматривается вопрос размещения материков и океанов в докембрии. В это время формировались ядра будущих материков, и начинался дрейф палеоматериков в пространстве. Студенты изучают геологические образцы пород докембрия из музея земледования. Следующая группа занятий посвящена формированию зональных особенностей природы в разные геологические периоды. В морях и океанах зональность аквальных комплексов проявлялась не очень чётко, поэтому основное внимание на практических занятиях уделялось зональности природных комплексов на поверхности суши. В раннем палеозое — в кембрии, ордовике и силуре — на поверхности суши формировались абиотические природные комплексы в результате взаимодействия литогенной основы, климата и гидросферы. Результатом такого взаимодействия явились продукты выветривания — коры выветривания, которые носили зональные черты. Студенты на картах фиксируют границы зон и изучают образцы кор выветривания по материалам музея и литературным источникам. В позднем палеозое — в девоне, карбоне и перми — на поверхности суши появляется высшая споровая растительность и различные животные организмы, которые начинают формировать биотические природные комплексы в виде природных зон. Структура зональности в верхнем палеозое изменялась во времени. Музейные экспозиции содержат фактический материал по животному и растительному миру соответствующих периодов, с которым студенты знакомятся на очередном практическом занятии.

Смена палеозойской эры на мезозойскую сопровождалась коренной перестройкой природы земли, как на суше, так и в океанах. Герцинская складчатость способствовала резкому увеличению площади суши, что привело к развитию огромного материка Пангеи, и формированию резко континентального климата. В результате этого на Земле наблюдается вымирание многих растительных и животных организмов. На суше споровые растения уступают место семенным растениям. В мезозое в растительном мире господствовали голосеменные растения, а в животном — рептилии. В триасовом, юрском и меловом периодах зональность природы становится более сложной. На практическом занятии студенты используют материалы экспозиции музея земледования для характеристики биомы ландшафтов, разных периодов мезозоя. На контурные карты наносятся границы природных зон, и отмечаются особенности структуры зональности и её эволюционные изменения.

В конце мелового периода произошла новая перестройка природы на земном шаре. Вымирают рептилии, а им на смену появились млекопитающие, которые быстро начали осваивать освободившиеся экологические ниши. В растительном мире господство постепенно переходит к покрытосеменным цветковым растениям. Альпийская складчатость модифицировала орографический план материков, в результате чего изменились климатические процессы, и усложнилась структура природной зональности. Ярким примером этому является природная зональность в неогеновом периоде. На контурную карту студенты наносят структуру зональности природы в неогене, а с помощью материалов экспозиции музея изучают животный и растительный мир этого периода.

Плейстоценовая история природы земли связана с развитием материковых оледенений. Оледенения способствовали формированию новых ландшафтных зон — тундровой, тундрово-степной, степной, полупустынной и пустынной. Чередование оледенений и межледниковий изменяло структуру зональности природы. Студенты изучают материалы музея земледования, выставленные в экспозициях, наносят на контурные карты границы природных зон в периоды оледенений и в периоды межледниковий. Особое практическое занятие отводится на изучение развития оледенений на территории Беларуси и влиянию их на формирование современной зональности природы республи-

ки. Ледники распространялись здесь либо на всю территорию, либо на её значительную часть. Таким образом, зональная природа неоднократно восстанавливалась. Студентами изучаются и анализируются оригинальные экспонаты музея земледелия — моренные отложения, ископаемые остатки фауны млекопитающих, раковины моллюсков, спорово-пыльцевые диаграммы межледниковых отложений.

Кроме отмеченных практических работ, которые выполняются в аудитории, или в музее земледелия, студенты получают индивидуальные задания для самостоятельной работы. Для этого им кроме темы даётся примерный план работы, список графических материалов и указываются литературные источники в помощь выполнения темы. Вместе с тем студенты в обязательном порядке должны использовать оригинальные материалы музея. По просьбе студентов сотрудники подбирают им материалы из фондов музея. В качестве примера ниже даётся одна из предлагаемых студентам тем для самостоятельной работы.

«Животный мир суши и океанов прошлых времён». Примерный план работы: 1. Эволюция животных на суше и в океанах; 2. Особенности развития животного мира океанов; 3. Разнообразие животного мира суши; 4. Зональность животного мира в океанах; 5. Зональность животного мира на суше. Графический материал — схема зоогеографического районирования животного мира суши и океанов. Выполняя подобную работу, студент может выбрать любой геологический интервал времени на своё усмотрение.

1. Вронский В. А., Войткевич Г. В. Основы палеогеографии. Ростов-на Дону, 1977. 570 с.
2. Лефлат О. Н. Палеогеография. Природные геосферы: образование и развитие. М.: МГУ, 2004. 128 с.
3. Мотузко А. Н. Основы палеогеографии: Учебное пособие. Минск: БГУ, 2003. 121 с.

И. Ю. Николаев¹, Д. Л. Иванов²

¹ Белорусский государственный политехнический университет

² Белорусский государственный университет

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ЯРУСНОСТЬ И ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПЕРМСКО-КАРБОНОВЫХ СООБЩЕСТВ ТЕТРАПОД ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

В основу работы положены материалы по ископаемым тетраподам позднего палеозоя из коллекций палеонтологических музеев и музеев естественной истории стран Западной Европы, данные фондовых, литературных и интернет-источников по древним сеймуриаморфам территории региона. Изучалась палеонтологическая летопись палеозойских тетрапод Западной Европы на протяжении с башкирского по кунгурский ярус, охватывая период около 40 млн лет. Именно в позднем карбоне начинается постепенное освоение суши древними сеймуриаморфами и появляются первые тетраподы способные перемещаться по суше. В течение этого отрезка времени происходила последовательная смена фаун тетрапод Западной Европы на территории нынешних Германии, Чехии, Франции, Испании, Италии (Сардиния), Польши и Румынии [3]. Ряд фаун известен также из Великобритании, но в силу их большей близости к североамериканским комплексам в данной работе они не рассматриваются.

Всего для рассматриваемого периода по состоянию на 2011 г. известно 15 отрядов, 37 семейств, 72 рода и 107 видов тетрапод (таблица 1).

В позднем карбоне — ранней перми территория современной Европы входила совместно с Северной Америкой в единый массив суши — Пангеи-2, образовавшейся за счёт объединения мегаконтинентов Гондваны и Лавруссии и, согласно зоогеографическому районированию Н. Н. Каландадзе и А. С. Раутиана, относилась к Катазийской фаунистической области. Фауна тетрапод Западной Европы имела много общего с фаунами Северной Америки (пеликозавры, эриоподы, микрозавры) и Катазии [2], характеризовавшейся широким разнообразием сеймуриаморф и архегозавроидов, но, учитывая огромные размеры этого позднелепозойского материка, тетраподы территории Европы, несомненно, должны были иметь свои специфические таксономические особенности.

Изучение структуры сообществ первых позднелепозойских сеймуриаморф позднего карбона — ранней перми показало, что в это время происходит смена первичной водных сообществ тетраногих и рыб сперва смешанными водно-наземными, а потом и преимущественно наземными семействами водоразделов. Примером первой может служить формация Ныраны (Московский ярус, Чехия), где преобладают водные лепоспандилы, другой — Нидэрхаслиш (Сакмарский ярус, Саксония), в котором отмечаются как обитатели водоёмов (пресных и солёных), так и водоразделов, третьей — Тамбах (Артынско — Кунгурский ярус, Саксония), где уже наблюдается преобладание амниот, порвавших тесные связи с водной средой.

Исследование структуры позднелепозойских палеосообществ рептилий, амфибий и синапсид, уточнение и систематизации их стратиграфической ярусности (таблица 2), позволили выявить индивидуальные черты европейских сеймуриаморф. Западноевропейские комплексы тетрапод, имея большое количество эндемичных таксонов высокого ранга (отрядов и семейств), существенно отличались от Американских и Катазиатских сообществ, что даёт основание выделить территорию рассматриваемого региона в отдельную подобласть, простиравшуюся от территории нынешней Испании до Чехии и юга Польши.

Таблица 1 — Таксономический состав и экологическая специализация ископаемых тетрапод*

Класс Amphibia	Территория (регион)	Экологический тип
Подкласс Lepospondyli		
<i>Omp. Aistopoda</i> L. Mosc. — L. Sakm.		
Сем. Ophiderpetonidae L. Mosc. — L. Sakm.	Cz	[HbEvMpr]
Сем. Oestocephalidae L. Mosc. — L. Gzh.	Cz	[AbEvMpr]
Сем. Phlegettontiidae L. Mosc. — E. Gzh.	Cz, Fr	[AbEvMpr]
<i>Omp. Nectridea</i> L. Mosc. — M. Art.		
Сем. Urocordylidae L. Mosc. — E. Kas.	Cz	[HbHpMph]
Сем. Scincosauridae L. Mosc. — L. Ass.	Cz, Fr	[HbHpMph]
<i>Omp. Microsauria</i> L. Mosc. — L. Sakm.		
Сем. Tuditanidae L. Mosc. — L. Gzh.	Cz	[AbHpNph]
Сем. Hapsidopareiontidae L. Mosc. — M. Sakm.	Cz, Sax	[AbHpNph]
Сем. Gymnarthidae L. Mosc. — E. Kas.	Cz	[AbHpNph]
Сем. Microbrachidae L. Mosc. — E. Kas.	Cz	[HbHpNph]
Сем. Hylopleosomidae L. Mosc. — E. Kas.	Cz	[HbHpNph]
Сем. Branchystelechidae M. — L. Sakm.	Sax, Sr	[AbHpNph]
Подкласс Temnospondyli		
<i>Omp. Rhachitomi</i> L. Mosc. — L. Gzh.,		
Сем. Cochleosauridae L. Mosc. — E. Kas.,	Cz	[HbEvIphP]
Сем. Dendrerpetonidae E. — L. Gzh.,	Cz	[Ab/TbEvPr]
<i>Omp. Eryopoidea</i> L. Mosc. — E. Kung.		
Сем. Eryopidae E. Ass. — L. Sakm.	Cz, Fr, Sax, Th.	[HbEvIphP]
Сем. Amphibamidae E. Mosc. — E. Kas.,	Cz	[HbHpNph]
Сем. Branchiosauridae L. Mosc. — E. Sakm.	Cz, Fr, Sax, Sr, Thur, It	[HbHpNph]
Сем. Micromelerpetonidae L. Mosc. — L. Sakm.,	Cz, Fr, Sax, Sr, Th	[HbHpNph]
Сем. Trematopidae L. Sakm. — E. Kung.,	Th	[AbHpMpr]
Сем. Zatrachydidae M. — L. Sakm.	Sax	[HbHLSph]
<i>Omp. Dvinosauria</i> E. — L. Gzh.		
Сем. Trimerorhachidae E. — L. Gzh.	Cz	[HbEvIphP]
<i>Omp. Stereospondylomorpha</i> E. Ass. — L. Sakm.		
Сем. Actinodontidae E. Ass. — L. Sakm.	Cz, Fr, Sr, Th, Ba	[HbEvIphP]
Сем. Intasuchidae E. Ass. — L. Sakm.	Cz, Fr, Sr	[HbEvIphA]
Сем. Archegosauridae M. Ass. — L. Sakm.	Cz, Sr	[HbEvIphA]
Подкласс Reptiliomorpha		
<i>Omp. Loxommoidea</i> L. Bash. — E. Kas.		
Сем. Baphetidae L. Bash. — E. Kas.	Cz	[HbEvIchA]
<i>Omp. Anthracosauria</i> E. Bash. — L. Mosc.		
Сем. Gephyrostegidae E. Bash. — L. Mosc.	Cz, Sr	[AbHpMpr]
<i>Omp. Seymouriamorpha</i> M. Sakm. — E. Kung.		
Сем. Seymouriidae E. Art. — E. Kung.	Th	[AbEvMpr]
Сем. Discosauriscidae M. Sakm. — E. Art.	Cz, Fr	[HbHpNph]
Класс Reptilia		
<i>Omp. Bolosauroida</i> E. Art. — E. Kung.		
Сем. Bolosauridae E. Art. — E. Kung.	Th	[TbPh]
<i>Omp. Diadectomorpha</i> M. Sakm. — E. Kung.		
Сем. Diadectidae E. Art. — E. Kung.	Th	[TbPh]
Сем. Stephanospondylidae M. Sakm. — E. Art.,	Sax	[TbPh]
<i>Omp. Captorhinomorpha</i> L. Mosc. — E. Kung.		
Сем. Hylonomidae L. Mosc. — E. Kas.	Cz	[TbNph]
Сем. Captorhinidae E. Art. — E. Kung.	Th	[TbPh]
<i>Omp. Araeoscelida</i> M. Sakm. — M. Art.		
Сем. Araeoscelidae — M. Sakm. — E. Art.	Fr, Sax	[TbMpr]
Класс Synapsida		
<i>Omp. Pelycosauria</i> L. Mosc. — E. Kung.		
Сем. Ophiacodontidae L. Mosc. — E. Ass.	Cz, Fr	[HbEvPr]
Сем. Edaphosauridae E. Gzh. — L. Sakm.	Cz, Sax	[AbEvPh]
Сем. Sphenacodontidae E. Gzh. — E. Kung.	Cz, Fr, Sax, Th, Sr, Pl	[AbEvPr]
Сем. Caseidae E. Kung.	Fr	[AbEvPh]

* — Условные обозначения регионов: Cz — Чехия, Fr — Франция, It — Италия, Ro — Румыния, Pl — Польша, Sax — Саксония, Sr — Саар, Th — Тюрингия, Ba — Бавария. Классификация экологических типов дана по М. Ф. Ивахненко [1]. По среде обитания: [Hb] — гидробионты (совместно с гидрофилами); [Ab] — амфибионты; [Tb] — террабионты. По толерантности к солевому режиму водоёмов: [Hr] галлофобы (лиссамфибии); [Hl] — галлофилы (лиссамфибии с солевыводящими органами); [Eu] — эврибионты. По облигатным объектам питания: [Iph] — хищники-ихтиофаги (для водных групп; активные [A] или подстерегающие [P]); [Pr] — нерыбоядные крупные хищники; [Mpr] — мелкие хищники, питавшиеся амфибиотическими или наземными беспозвоночными и мелкими позвоночными; [Nph] — нанофаги, питавшиеся беспанцирными или мягкопанцирными водными организмами; [Sph] склерофаги с питанием твёрдопанцирными беспозвоночными; [A1] — альгофаги водные растительноядные; [Ph] — наземные фитофаги; [Sa] — сапрофаги, питавшиеся в большей степени перегнившей мортмассой растений.

Таблица 2 — Стратиграфическая приуроченность и таксономическое разнообразие тетраподных фаун местонахождений Западной Европы*

Система	Отдел	Ярус	Страна (регион)								
			Испания	Польша	Румыния	Саар	Саксония	Сардиния	Тюрингия	Франция	Чехия
Пермская Р	Цисуральный Р ₁	Кунгурский Р ₁ k							6-6-7-7 (5-6-7-7)	1-1-1-1 (1-1-1-1)	
		Артинский Р ₁ ar			1-1-1-1 (1-1-1-1)		1-1-1-1 (0-1-1-1)		2-2-2-2 (1-1-1-1)	2-2-2-2 (1-1-1-1)	1-1-3-4 (0-0-2-3)
		Сакмарский Р ₁ s				3-5-6-7 (0-0-1-5)	5-9-10-11 (0-1-5-8)		3-5-5-5 (0-0-1-3)	6-7-8-8 (0-1-3-4)	5-6-9-12 (1-1-4-10)
		Ассельский Р ₁ a		1-1-1-1 (0-0-0-1)		2-3-3-4 (0-1-2-4)	3-3-4-5 (1-1-1-3)	1-1-2-3 (0-0-0-1)	1-3-4-6 (0-0-1-3)	3-4-5-5 (0-1-2-3)	3-4-4-5 (0-3-3-5)
Каменноугольная С	Пенсильванский С ₂	Гжельский С ₂ g	1-1-1-1 (1-1-1-1)			1-1-1-1 (0-0-1-1)			2-2-2-2 (0-0-0-1)	3-4-5-5 (1-3-4-4)	6-7-7-8 (2-6-6-7)
		Касимовский С ₂ k								1-1-1-1 (0-1-1-1)	3-3-3-3 (2-3-3-3)
		Московский С ₂ m								1-1-1-1 (0-0-1-1)	11-22-27-27 (10-21-27-27)
		Башкирский С ₂ b					1-1-1-1 (1-1-1-1)				1-1-1-1 (1-1-1-1)

* — Указано количество известных отрядов, семейств, родов и видов; в скобках — число эндемичных таксонов для данной фауны.

1. Ивахненко М. Ф. Тетраподы Восточно-Европейского плаката позднепалеозойского территориально-природного комплекса. Пермь, 2001. С. 148—150.
2. Каландадзе Н. Н., Раутиан А. С. Межконтинентальные связи наземных тетрапод и решение проблемы шотландской фауны Элгин // Тр. 23-й сессии ВПО. Л., 1981. С. 124—133.
3. Lucas S. G., Cassinis G., Schneider J. W. Non-Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology // Geol. Soc. Spec. Publ. 2006. N 265. P. 201—215.

Т. Б. Рылова¹, А. Ф. Санько², Е. В. Гурская³

¹ Институт природопользования НАН Беларуси

² Белорусский государственный университет

³ Белорусский государственный педагогический университет

О ВОЗРАСТЕ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗРЕЗЕ ПЕТРОВЩИНА, г. МИНСК

Методом спорово-пыльцевого анализа изучены древнеозёрные отложения, вскрытые в котловане при строительстве станции метро «Петровщина» в г. Минске. Выполненный ранее малакофаунистический анализ карбонатной части этих отложений позволил установить муравинский возраст изученной толщи [2]. В данной работе приводятся результаты новых исследований, выявившие некоторые интересные особенности геологического строения разреза (рисунок 1) и развития растительности на территории Минска в начале позднего плейстоцена.

Особенностями геологического строения разреза Петровщина, детально вскрытого УП «Геосервис» серий скважин при строительстве метро между станциями Петровщина и Михалово, являются: 1) сильно расчленённая кровля припятской морены, 2) смена аллювиальных отложений озёрными при переходе среднего плейстоцена в поздний, 3) участие аллювия в строении верхней части органогенной толщи, 4) двухчленное строение покровных отложений (внизу лессовидный суглинок, сверху — лёсс).

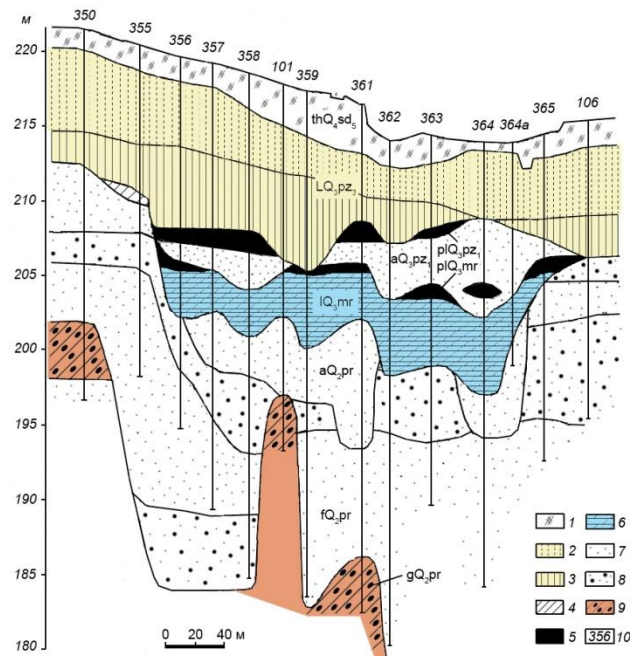
Наблюдаемые снизу вверх по разрезу изменения таксономического состава палинофлоры и количественного содержания компонентов спорово-пыльцевых спектров позволили выделить в органогенной толще 6 локальных пыльцевых зон, свидетельствующих о формировании их на протяжении климатического оптимума муравинского межледниковья (L PAZ P-1—L PAZ P-5) и одного из интерстадиалов поозёрского времени (L PAZ P-6) (рисунок 2).

L PAZ P-1 выделяется по существенному максимуму (42 %) пыльцевых зёрен *Quercus*. Пыльца *Corylus* содержится в количестве 36 %, *Ulmus* — 3,5 %, *Tilia* — 3,5 %, *Betula* sect. *Albae* — 7,5 %, *Alnus* — 5 %. Содержание пыльцы *Pinus* не превышает 2 %. Пыльцевые зёрна травянистых растений представлены единично. Данная зона отвечает верхней части региональной пыльцевой зоны (R PAZ) mт 3 *Quercus-Pinus-Corylus* муравинского межледниковья плейстоцена Беларуси [1] и отражает фазу развития широколиственных, преимущественно дубовых лесов с подлеском из орешника.

L PAZ P-2 выделяется по максимальному участию пыльцы *Corylus* (45 %), сокращению содержания *Quercus* до 8 %, возрастанию роли *Tilia* (до 23 %) и появлению *Carpinus* (3 %). Пыльца *Ulmus* присутствует в количестве 4,5 %, *Betula* — 2 %, *Alnus* — 8 %. Пыльца травянистых растений и споры немногочисленны. Зона отвечает R PAZ mт 4 *Corylus-Quercus-Tilia*, которая соответствует самому теплему времени климатического оптимума, когда на терри-

тории исследований произрастали широколиственные дубово-вязовые леса с участием липы и хорошо развитым подлеском из орешника.

L PAZ P-3 характеризуется максимумом пыльцы *Tilia* (28 %) и сокращением до минимума числа пыльцевых зёрен *Quercus*. Отмечено некоторое возрастание количества *Carpinus* — 8,5 %. Пыльцы *Ulmus* — 3 %, *Fraxinus* — 0,3 %. Содержание пыльцы *Pinus* незначительно — 10 %, *Alnus* — 18,5. Пыльца травянистых растений отсутствует. Рассмотренная локальная зона соответствует R PAZ mr 5 *Tilia-Corylus-Carpinus* и отражает фазу развития широколиственных лесов, в которых главной лесобразующей породой была липа, меньшую роль играли дуб, вяз, ясень, появился граб, широкое распространение имела лещина.



1 — техногенные отложения, 2 — лёсс, 3 — лессовидный суглинок, 4 — делювиальный суглинок, 5 — органо-генные отложения (торф и гиттия), 6 — озёрный мергель с раковинами моллюсков, 7 — песок, 8 — песок и гравий, 9 — морена, 10 — номера скважин

Рисунок 1 — Геологический разрез между станциями метро «Петровщина» и «Михалово»

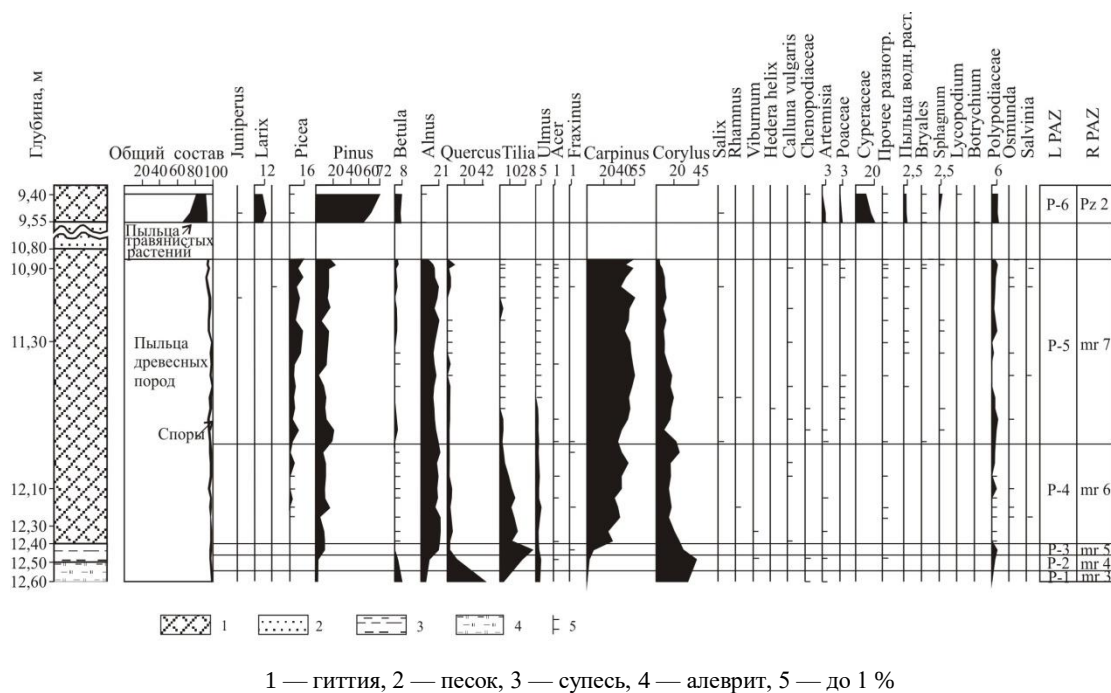


Рисунок 2 — Спорово-пыльцевая диаграмма древнеозёрных отложений, вскрытых в разрезе Петровщина

L PAZ P-4 отличается существенным возрастанием содержания пыльцы *Carpinus* (48 %) и высоким количеством *Tilia* (до 20 %). Другие термофильные породы представлены *Quercus* — до 4,5 %, *Ulmus* — до 5 %, *Fraxinus* и *Acer*. Пыльцевых зёрен *Alnus* до 21 %, *Corylus* — до 26 %. Пыльцы хвойных пород мало: *Pinus* — до 14,5 %, *Picea* — до 4 %. Пыльца травянистых растений встречается изредка. Отмечены споры *Thelypteris palustris*, *Osmunda regalis* и масса *Salvinia natans*. L PAZ P-4 отвечает R PAZ nr 6 *Carpinus–Tilia*. В это время в исследуемом районе были распространены широколиственные грабово-липовые леса с подлеском из лещины и ольшаники. Произрастали также вяз, дуб, ясень, клен. В составе леса появилась ель.

L PAZ P-5 выделяется по максимальному участию пыльцы — до 55 %, и возрастанию *Picea* до 16 %. Число пыльцевых зёрен *Pinus* не превышает 21 %, *Alnus* — 20 %, *Corylus* — 20 %, *Betula* 3 %, количество *Tilia*, *Quercus*, *Ulmus* сокращается до минимума. Участие пыльцы травянистых незначительно, в их числе определены *Nuphar*, *Drosera*. Среди спор присутствуют *Thelypteris palustris*, *Osmunda regalis*, отмечена *Salvinia natans*. Состав спорово-пыльцевых спектров соответствует R PAZ nr 7 *Carpinus–Picea* — заключительной фазе климатического оптимума муравинского межледникового. В районе исследований в это время произрастали грабовые, елово-грабовые и грабово-еловые леса.

Выше по разрезу (гл. 9,55—10,8 м) залегают пески с включением гравия и гальки и небольшим прослоем гиттии, в котором содержались лишь единичные пыльцевые зёрна.

L PAZ P-6 выделена в отложениях гиттии, залегающей над песками и перекрытой суглинком палево-серым, тяжёлым, плотным, со слабо выраженной горизонтальной слоистостью. В общем составе спектров пыльца древесных пород составляет 67—82 %, травянистых растений — 10—26 %, споры — 6—8 %. Характерной особенностью данной пыльцевой зоны является высокое содержание пыльцы *Larix* — до 12 %. Преобладает *Pinus* — до 72 %. Пыльцевых зёрен *Betula* sect. *Albae* — 8 %, *Juniperus* и *Picea* — до 1 %. Травянистые растения представлены пыльцой *Cyperaceae* — до 20 %, а также водных и водно-болотных трав: *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Typha* (в сумме 2,5 %). Пыльцы *Artemisia* и *Roeseae* не более 3 %. Из спор отмечены *Polypodiaceae* — до 6 %, *Sphagnum* — до 2,5 %, реже *Lycopodium clavatum*, *Botrychium*, *Bryales*. Состав спектров свидетельствует о произрастании вблизи древнего водоёма хвойных лиственнично-сосновых лесов с участием березы, ели, можжевельника. В прибрежной зоне водоёма произрастали осоки, реже злаки, рогоз и другие травянистые растения.

Судя по составу спектров, формирование отложений данного интервала могло происходить в течение одного из интерстадиалов поозёрского времени. Однако в изученных на территории Беларуси разрезах не выявлено столь высокого количества пыльцы *Larix* в интерстадиалах поозёрского времени. На территории Польши максимальное количество пыльцы *Larix* отмечается в первом интерстадиале раннего вистулиана [3, 4]. Выявленная нами пыльцевая зона L PAZ P-6 вполне сопоставима с L PAZ HD-19 *Pinus–Larix–Picea* (NAP), выделенной в разрезе Horoszkі Duże. Для данной зоны указано максимальное количество пыльцы *Larix* — 5 %, *Pinus sylvestris* — до 72 %, *Betula* sect. *Albae* — 8 %, *Picea abies* — 3,1 %. Эта зона отнесена вместе с рядом других локальных зон (L PAZ HD-14 — HD-20) к R PAZ EV2–*Betula–Pinus* раннего вистулиана [4], коррелируемой с интерстадиалом Bgröup.

Таким образом, нижняя часть органогенных отложений, представленная в разрезе Петровщина, имеет муравинский возраст, что подтверждает вывод, сделанный ранее А. Ф. Санько [2] на основании изучения малакофауны, а верхняя часть, вероятнее всего, сформировалась в течение первого интерстадиала поозёрского времени, сопоставляемого с интерстадиалом Bgröup в Западной Европе.

1. Рылова Т. Б., Савченко И. Е., Граношевский В., Винтер Х. Межрегиональная корреляция верхнеприпятских (Upper Wartanian), муравинских (Eemian) и нижнепоозёрских (Lower Wistulian) пыльцевых зон Беларуси и Польши // Літасфера, 2008. № 1 (28). С. 64—75.
2. Санько А. Ф., Оношко М. П., Дубман А. В., Ковалёва А. Ф. Геология, геохимия и малакофауна отложений строящегося метро Петровщина в Минске // Весті БДПУ, сер. 3. 2009. № 2 (60). С. 67—72.
3. Granoszewski W. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszkі Duże, Eastern Poland: a palaeobotanical study // Acta Palaeobot. 2003. Suppl. 4. P. 1—95.
4. Mamakowa K. Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland // Acta Palaeobot. 1989. Vol. 29, N 1. P. 11—176.

А. Ф. Санько¹, Ю. В. Кухарчик¹, Д. А. Пашкевич², А. В. Хомич²

¹ Белорусский государственный университет

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ИЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ КАРТЫ «ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БЕЛАРУСИ»

Коллективом преподавателей и студентов географического факультета БГУ составлен макет учебной геологической карты четвертичных отложений Беларуси масштаба 1 : 500 000. Источниками её создания послужили Геологическая карта четвертичных отложений Белорусской ССР масштаба 1 : 500 000 [2], карта «Чацвярцічныя адклады» из Национального атласа Беларуси [3], материалы геологического картирования Управления геологии БССР, результаты собственных полевых исследований. На карте соответственно современным научным представлениям отражены распространение и возраст основных генетических типов поверхностных четвертичных отложений, указаны границы распространения ледниковых покровов: березинского, сожской стадии припятского, поозёрского. На

Отложения:

- моренные
- конечно-моренные
- озерно-ледниковые
- флювиогляциальные
- аллювиальные и озерные

Границы ледников:

- поозерского
- сожской стадии припятского оледенения
- березинского

Map labels: Гродно, Минск, Могилев, Гомель, Брест, Витебск.

Таблица — Стратиграфическая схема четвертичных отложений Беларуси [5]

Общая стратиграфическая шкала			Региональные стратиграфические подразделения	
Система	Отдел	Звено	Надгоризонт, горизонт, подгоризонт	
Четвертичная	Голоцен		Судобльский	
	Плейстоцен	Верхнее	Поозёрский	Нарочанский
				Двинский
				Межинский
				Кулаковский
		Муравинский		
		Среднее	Припятский	Сожский
				Днепровский
			Александрийский	
			Березинский	
			Беловежский	Могилёвский
				Нижнинский
				Борковский
			Наревский	Ясельдинский
				Корчёвский
Новогрудский				
Брестский	Ружанский			
	Варяжский			
Нижнее	Гомельский	Ельнинский		
		Всёлюбский		

Изучение данной карты позволит студентам оценить, помимо указанной информации, распределение основных литологических комплексов, перспектив обнаружения месторождений полезных ископаемых, связанных с четвертичной толщей, косвенно судить об инженерно-геологических условиях конкретных территорий, составить представление о палеогеографических условиях территории Беларуси в среднем плейстоцене — голоцене и, соответственно, о характере протекавших геологических процессов. Первичная оценка литологических комплексов возможна при анализе картосхемы основных генетических типов четвертичных отложений (рисунок). На ней различимо, что первую позицию по распространению генетических типов на поверхности страны занимают водно-ледниковые (флювиогляциальные и лимно-гляциальные) отложения, состоящие из песчано-гравийного материала, песка и глины, в т. ч. ленточной. Несколько уступает им площадь распространения моренных и конечно-моренных образований, сложенных, в основном, из плотной валунной супеси и суглинка. Третья позиция по площади распространения у аллювиальных и озёрных образований, концентрирующихся в Белорусском Полесье.

Одной из проблем при составлении учебной карты четвертичных отложений Беларуси явилась достоверность отображения поверхностных четвертичных отложений, слагающих территорию Полесской низменности. Дело в том, что на картах четвертичных отложений и на геоморфологических картах, издававшихся ранее, на значительной части низменности выделялись озёрно-аллювиальные отложения. Но соединение в один генетический тип озёрных и аллювиальных образований выглядит некорректно, с фациальной точки зрения ошибочно. Поэтому нами на территории низменности озёрные отложения изображены на карте разделено от аллювиальных. Большая часть аккумуляций отнесена к аллювиальным отложениям, возникшим, главным образом, в ходе высоких ежегодных паводков и наводнений, характерных для Полесской низменности. Соответственно, в состав аллювиального генетического типа отложений была введена новая таксономическая единица под таким же названием — «группа фаций высоких паводков и наводнений», нашедшая отображение в приведённой схеме генетических типов и фаций четвертичных отложений.

Представления о глубинном строении четвертичной толщи дают геологические профили в сочетании с картосхемой мощности четвертичных отложений, схемой генетических типов и фаций четвертичных отложений, стратиграфической схемой четвертичных отложений. Исходя из анализа этих материалов, можно прийти к важному выводу о том, что в строении четвертичной толщи Беларуси принимают участие, в основном, отложения, накопившиеся на её заключительном этапе формирования. Основное значение в структуре толщи играют припятские и березинские ледниковые образования, особенно характерные для центральной и южной части страны. На севере мощность этих отложений хотя и уменьшается, но на них накладываются в виде сплошного пласта поозёрская морена с водно-ледниковыми песками и глинами. Роль других отложений среднего плейстоцена в четвертичной толще сравнительно небольшая, а образования нижнего плейстоцена, среди которых нет накоплений покровно-ледниковой формации, представлены исключительно редко.

Важным элементом учебной карты является, на наш взгляд, стратиграфическая схема четвертичных отложений. Она позволяет студентам ориентироваться в структуре толщи, подразделениях общей стратиграфической шкалы и основных названиях региональных подразделений на уровне надгоризонтов и горизонтов. Студентам предлагается усвоить научные разработки белорусских стратиграфов, заключающихся в том, что отложения четвертичной системы разделяются на два отдела — плейстоцен и голоцен, а плейстоцен — на три звена: нижнее, среднее и верхнее или на нижний, средний и верхний плейстоцен (таблица). Нижняя граница нижнего плейстоцена принята на уровне 1,8 млн лет назад, а рубеж между нижним и средним плейстоценом отвечает 0,78 млн лет назад. Отложения нижнего плейстоцена маломощные. Они состоят, в основном, из аллювиальных, озёрных и болотных литофаций. Залегающие выше отложения среднего и верхнего плейстоцена слагают основную часть четвертичной толщи и представлены чередованием отложений, сформированных в условиях оледенений и межледниковий.

Проследить связь литологического состава четвертичных осадков и подстилающей толщи помогает картосхема дочетвертичных отложений Беларуси. Существенно повышают информативность приведённые во врезках картосхемы мощности четвертичных отложений и полезных ископаемых четвертичной толщи.

Хотелось бы надеяться, что предлагаемая учебная карта четвертичных отложений Беларуси будет полезна студентам при изучении таких дисциплин как геологии четвертичных отложений, геоморфология, историческая геология, литология, инженерная геология. Она может использоваться также аспирантами и сотрудниками научных учреждений для общего ознакомления с четвертичными отложениями страны, имеющими, по мнению академика Г. И. Горещкого [1], эталонное значение в ледниковой зоне Русской равнины.

1. Гарэцкі Г. І. Пра асноўныя напрамкі вывучэння антрапагену Беларусі ў бліжэйшыя гады // Антрапаген Беларусі. Мн.: Навука і тэхніка, 1971. С. 235—245.
2. Геологическая карта четвертичных отложений Белорусской ССР. Масштаб 1 : 500 000 / Гл. ред. Г. И. Горещкий. Ленинград: Аэрогеология, 1980.
3. Нацыянальны атлас Беларусі / Рэд. кал.: М. У. Мясніковіч і інш. Мінск: Белкартаграфія, 2002. 292 с.
4. Санько А. Ф., Ярцев В. И., Дубман А. В. Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси. Минск: Право и экономика, 2012. 311 с.
5. 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.

¹ Белорусский государственный университет

² Институт природопользования НАН Беларуси

³ Государственное предприятие «БелНИГРИ»

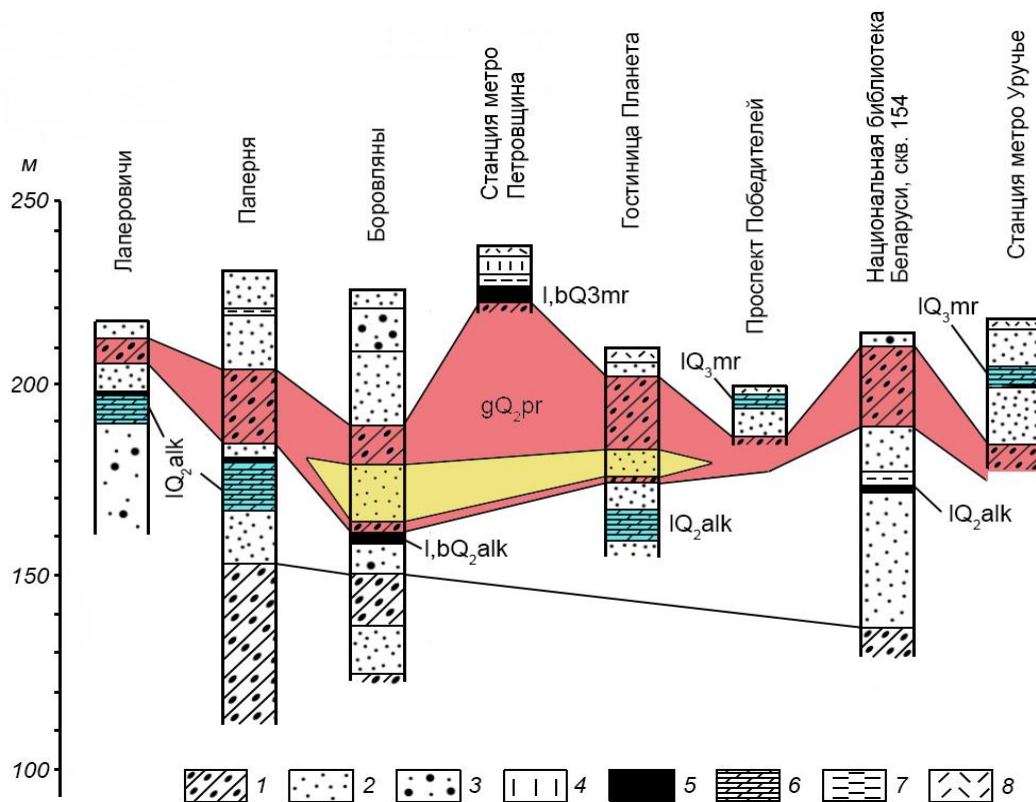
⁴ Белорусский государственный педагогический университет

⁵ Республиканское унитарное предприятие «Белгеология»

ПРИПЯТСКИЕ ЛЕДНИКОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ г. МИНСКА И ОКРЕСТНОСТЕЙ

Согласно стратиграфической схеме четвертичных отложений Беларуси [5], в интервале между александрийским и муравинским межледниковыми горизонтами размещен припятский ледниковый горизонт, состоящий из двух подгоризонтов — днепровского и сожского, соответствующих стадиям оледенения. Более сложно построен этот стратиграфический интервал в России [6] и Польше [7]. Припятские отложения на территории г. Минска и его окрестностей слагают первый от поверхности ледниковый горизонт. Их изучение имеет большое значение при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях, поскольку эти отложения являются основанием для возведения зданий и сооружений. Несмотря на то, что припятские отложения доступны для изучения, их стратиграфический объём и ранг остаются дискуссионными. Некоторые исследователи помещают в интервале между александрийским и муравинским не один, а несколько горизонтов.

К настоящему времени на территории Минска и близко от него в ходе строительных работ, сопровождаемых бурением скважин, было вскрыто ряд озёрных и озёрно-болотных линз александрийского и муравинского возрастов [1, 2, 4]. Данные анализа материалов бурения и результаты изучения межледниковых отложений позволяют получить представление о мощности, количестве моренных слоёв и структуре припятского горизонта в целом (рисунок 1).



1 — морена, 2 — песок, 3 — песок с гравием, 4 — лёсс и лессовидные отложения, 5 — озёрно-болотные отложения, 6 — озёрный мергель, 7 — супесь, 8 — насыпной грунт

Рисунок 1 — Схематический разрез припятской морены, залегающей между александрийскими и муравинскими межледниковыми отложениями на территории Минска и его окрестностей

Рассмотрим два разреза, изученные в последнее время комплексом палеонтологических методов.

Разрез Гостиница «Планета». Межледниковые отложения (озёрный мергель), вскрытые в разрезе, были исследованы палеоботаническими методами [2]. Выделены три локальные пылецевые зоны, соответствующие двум ре-

гиональным зонам (R PAZ) александрийского межледниковья: alk 2 *Picea—Pinus—Alnus* и alk 4 *Abies—Picea—Pinus* (рисунок 2). Первая из них отражает фазу распространения еловых и елово-сосновых лесов с участием березы и примесью термофильных пород, а вторая соответствует развитию пихтово-елово-сосновых лесов с участием граба и мелколиственных пород, произраставших на территории Беларуси в конце климатического оптимума александрийского межледниковья.

Диатомовая флора, изученная в разрезе, имеет значительное таксономическое разнообразие. Присутствие в диатомовом комплексе *Cyclotella comta* var. *lichvinensis* (Jousé) Loginova и *C. michiganiana* var. *parvula* Loginova (рисунок 3) указывает на александрийский возраст отложений.

Основу семенной флоры, установленной по карпоидам, составляют хвойные и мелколиственные породы *Picea*, *Pinus*, *Betula alba*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Лесной облик флоры, присутствие типичного александрийского вида *Caulinia integracialis* Wieliczka, даёт основания для сопоставления её с александрийскими межледниковыми флорами Беларуси.

Разрез Проспект Победителей. Местонахождение озёрного мергеля, вскрытого в 2012 г. при строительстве многофункционального комплекса по проспекту Победителей, расположено недалеко от разреза у гостиницы «Планета», в пределах поймы р. Свислочь. Отложения изучены спорово-пыльцевым (Т. Б. Рылова), палеокарпологическим (Г. И. Литвинюк) и малакофаунистическим (А. Ф. Санько, А. В. Дубман) методами.

Данные палеонтологических анализов согласно свидетельствуют о муравинском времени формирования отложений. Показательна фауна моллюсков, в составе которой доминирует понто-каспийский моллюск *Dreissena polymorpha* (рисунок 4), типичный для муравинского межледниковья.

Таким образом, результаты исследований, выполненных на территории г. Минска и его окрестностей по разрезам Гостиница «Планета», Проспект Победителей и другим, свидетельствуют, что в интервале между александрийским и муравинским межледниковыми горизонтами присутствует один ледниковый горизонт — припятский. Это находится в полном соответствии со стратиграфической схемой четвертичных отложений Беларуси (2010). Следует отметить также, что в изученном районе не выявлено чёткого двучленного строения моренных образований, которые отвечали бы днепровской и сожской стадиям.

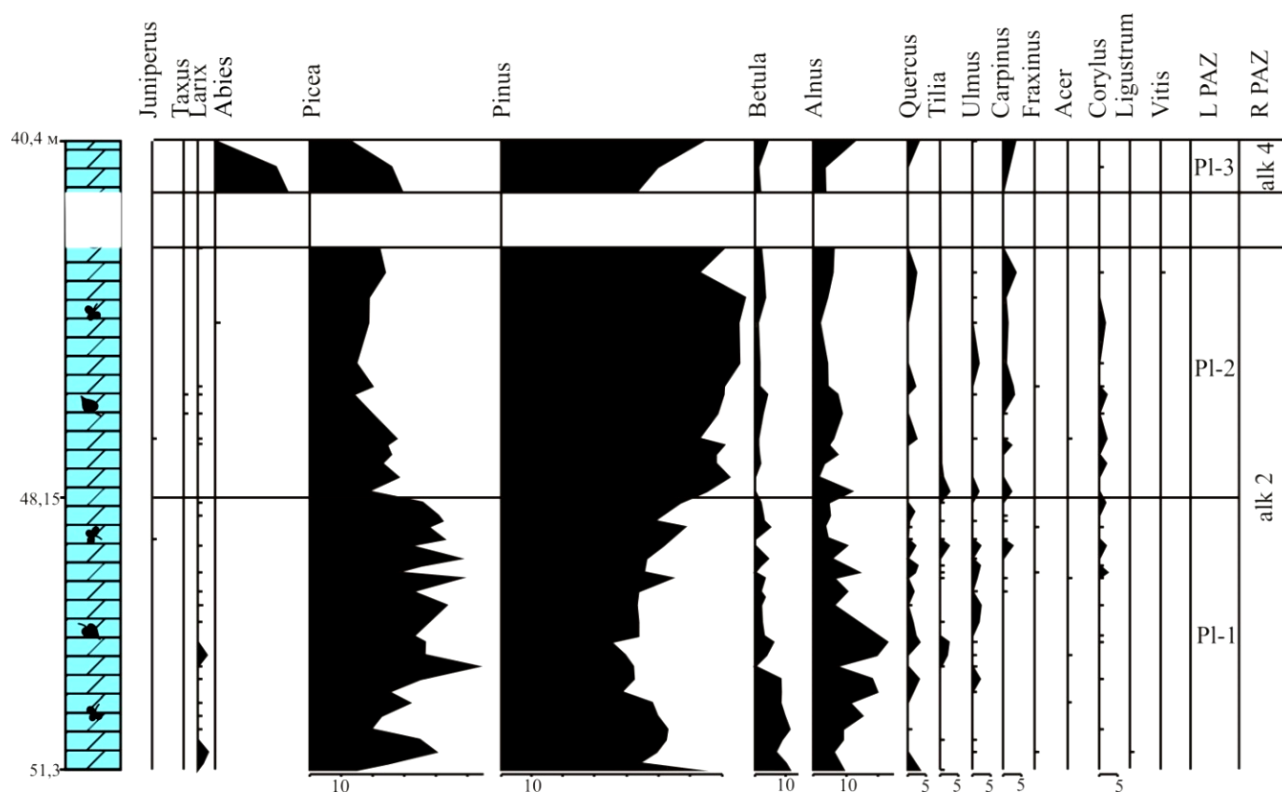


Рисунок 2 — Спорово-пыльцевая диаграмма александрийских отложений в разрезе Гостиница «Планета» (анализ выполнен Т. Б. Рыловой)

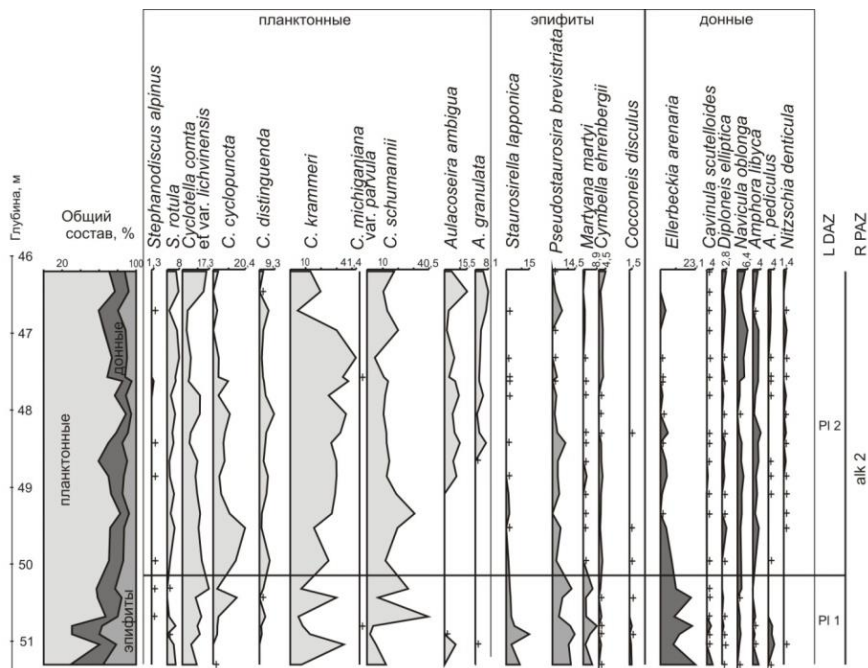
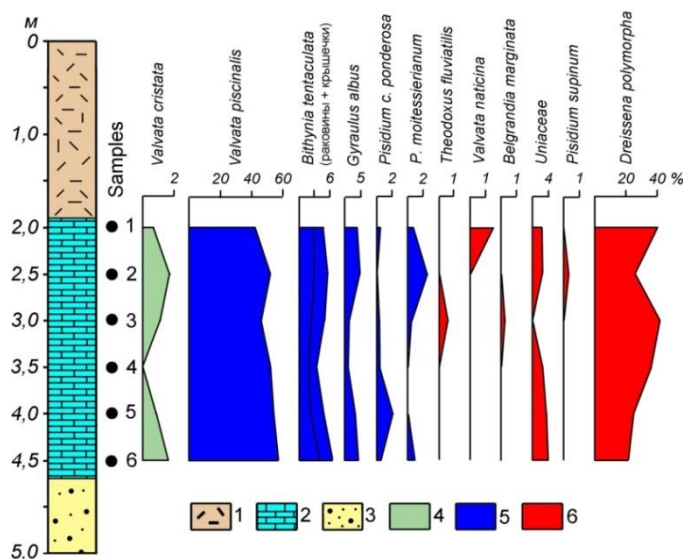


Рисунок 3 — Диатомовая диаграмма александрийских отложений в разрезе Гостиница «Планета» (анализ выполнен С. В. Демидовой, Г. К. Хурсевич)



1 — насыпной грунт, 2 — мергель, 3 — песок и гравий, 4 — гидрофилы, 5 — мезофилы, 6 — реофилы

Рисунок 4 — Малакофаунистическая диаграмма озёрного мергеля, вскрытого на проспекте Победителей

1. Вознячук Л. Н., Зубович Г. И., Пузанов Л. Т. О лихвинских отложениях Минской возвышенности // Матер. II науч. конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, 1968. С. 43—45.
2. Рылова Т. Б., Демидова С. В., Хурсевич Г. К. и др. Новый разрез межледниковых отложений в г. Минске // Теоретические и прикладные аспекты современной лимнологии: Матер. V Международ. науч. конф. Минск: БГУ, 2009. С. 69—73.
3. Рылова Т. Б., Савченко И. Е., Демидова С. В., Хурсевич Г. К. Возраст и палеогеографические условия формирования отложений с фауной крупных млекопитающих в местонахождении Уручье, Минск // Проблемы современной палинологии: Матер. XIII Росс. палин. конф. с международ. участием. Сыктывкар, 2011. Т. II. С. 185—189.
4. Санько А. Ф., Рылова Т. Б., Астапова С. Д., Литвинюк Г. И. Возраст рельефообразующего ледникового комплекса на территории г. Минска // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 47, № 6. С. 102—107.
5. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка. Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. 282 с.
6. Шик С. М. О проекте уточненной стратиграфической шкалы неоплейстоцена и голоцена центра Европейской России // Квартер во всем его разнообразии: Матер. VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Апатиты, Санкт-Петербург, 2011. Т. 2. С. 317—320.
7. Lindner L., Marks L., Nita M. Climatostratigraphy of interglacials in Poland: Middle and Upper Pleistocene lower boundaries from a Polish perspective // Quaternary Intern. 2012. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618212033290>

ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ МАТЕРИКОВОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ

В одном ряду с проблемами стратиграфии стоят вопросы генезиса четвертичных отложений, особенно актуальные в области материковых оледенений. Определение генезиса отложений, по А. А. Чистякову и др. [2], является одной из основных задач четвертичной геологии. От того, насколько правильно определён генезис четвертичных отложений зависят стратиграфические и палеогеографические реконструкции, выяснение инженерно-геологических, гидрогеологических и других свойств осадков, поиски полезных ископаемых. Для расчленения четвертичных отложений по происхождению необходима их единая генетическая классификация, которая, несмотря на разработку учения о генетических типах континентальных осадочных образований, до сих пор не создана.

Таблица — Генетическая классификация четвертичных отложений Беларуси

Формация	Покровно-ледниковая			Формация	Внеледниково-межледниковая			Формация	Покровно-ледниковая			Формация	Внеледниково-межледниковая		
Парагенетический ряд	Ледниковый		Генетический тип (индекс)	Группа фаций	Парагенетический ряд	Гравитационный		Генетический тип (индекс)	Группа фаций	Парагенетический ряд	Водный		Генетический тип (индекс)	Группа фаций	
		Основная морена (g)	Монолитных морен			Коллюв. (c)	Дерупция				Водный	Хемогенный (ch)	Наземная		
			Складчато-чешуйчатых морен				Десперсия						Озёрная		
		Конечная морена (gr)	Краевых насыпных морен			Оползневой	Структурных оползней					Проловиальный (p)	Овражного аллювия		
			Гляциотектониты				Пластических оползней						Дельт		
		Абляционная морена	Морен сплывания			Со-лифлюк.	Велофлюксия					Делювиальный (d)	Верхняя часть склона		
			Морен вытаивания и сублимации				Тардофлюксия						Нижняя часть склона		
		Флювиогляциальный (f)	Приледниковых отложений				Аллювиальный (a)		Руслового аллювия		Эоловый	Эоловые пески (v)	Переветренных песков		
			Внутриледниковых отложений						Пойменного аллювия				Наветренных песков		
		Лимногляциальный (lg)	Приледниковых водоёмов						Старичного аллювия		Лёссы и лессовидные отложения (L)	Типичных лёссов			
			Водоёмов в полосе омертвевшего льда						Надпойменных террас			Лессовидных отложений			
			Элювий (e)						Остаточного элювия (перлювия)			Высоких паводков и наводнений	Фитогенные отложения (pl)	Болотных отложений	
									Криозювия					Прибрежных отложений	Зарастающих озёр
		Элювиальный	Почвы (A, B, C)			Современных почв	Озёрный (l)		Мелководий (<5 м)	Зоогенные отложения	Техногенные отложения (t)	Остатки позвоночных			
						Погребённых почв			Глубоководная (>5 м)			Остатки беспозвоночных			
													Дельтовых отложений		
													Отложений искусственных водоёмов		
													Техногенно-измененных осадков		

В 2012 г. нами был предложен вариант генетической классификации четвертичных отложений Беларуси [1], который может быть принят во внимание при создании единой генетической классификации области материкового оледенения Русской равнины. В основу классификации положены разработки Е. В. Шанцера, Ю. А. Лаврушина, других российских учёных, а также основные положения белорусских геологов Г. И. Горецкого, К. И. Лукашева, А. В. Матвеева, Э. А. Левкова, Л. Н. Вознячука и других о генезисе четвертичных отложений. Упрощенная версия генетической классификации четвертичных отложений Беларуси отражена в таблице. В качестве основных подраз-

делений в ней выделены формации, парагенетические ряды, генетические типы, группы фаций и отдельные фации. Последние из-за экономии места в таблице не отражены, но они помещены в цитированном выше источнике [1].

Формация рассматривается как высший таксономический ранг четвертичных отложений и отражает тектонические, геологические, палеогеографические условия формирования аккумуляций. Она объединяет комплекс парагенетических рядов, представляя собой генетическую ассоциацию отложений. Вся совокупность четвертичных отложений Беларуси разделяется на две формации: покровно-ледниковую и внеледниково-межледниковую.

Парагенетический ряд — естественное сочетание генетических типов континентальных отложений. Так, основная, конечная и абляционная морены объединяются в ледниковый парагенетический ряд, флювиогляциальные и лимно-гляциальные отложения — в водно-ледниковый парагенетический ряд. В элювиальный парагенетический ряд входят почвы и собственно элювиальные отложения.

Генетический тип четвертичных отложений, по нашему мнению, представляет собой комплекс одинаковых по генезису геологических тел. Генетический тип — это сочетание групп фаций и фаций. Генетический тип отложений не ограничивается возрастными рамками. Он охватывает самые разные объёмы и площади распространения осадков. Их формирование обусловлено проявлением одного ведущего или сочетанием преобладающих геологических агентов, включающих денудацию первично-материнских пород, их транспортировку, переработку и способ аккумуляции в соответствующих естественно-палеогеографических обстановках, общего экзогенного геолого-динамического процесса. Примерами генетических типов могут служить основные, конечные и абляционные морены, флювиогляциальные и лимногляциальные образования.

Группы фаций устанавливаются по общности обстановок седиментации и соответствуют группам или комплексам литологических типов пород. Например, среди флювиогляциальных образований уверенно прослеживаются внутриледниковые и внеледниковые группы фаций. Обстановки русловой, пойменной и старичной седиментации определяют соответствующие группы фаций аллювиального генетического типа отложений. Как группы фаций в составе аллювия нами предлагается рассматривать также отложения надпойменных террас и осадки высоких паводков и наводнений, характерные для Белорусского Полесья и, видимо, для других полесий Русской равнины с их нисходящим тектоническим режимом.



Рисунок — Схема фациально-генетического анализа четвертичных отложений

Фации выделяются по проявлению специфических геолого-динамических агентов формирования, главными из которых являются динамика, среда переноса, условия формирования и накопления осадков. Фации отличаются друг от друга определёнными режимами седиментации в конкретном месте и в конкретное время. Исходя из сказанного, фация представляет собой целостное геологическое образование (геологическое тело) с присущими стратиграфическим положением, геометрическими формами, ограниченной площадью распространения, разной выраженностью границ перехода в соседние генетические аккумуляции, характерными и своеобразными различиями внутреннего строения и состава, проявляющимися в текстурных наслоениях, гранулометрических, минералогических

ских, петрографических, геохимических, палеонтологических и других признаках и отличиях определяемых палеогеографическими особенностями, дифференциацией и силой проявления ведущего геодинамического потока, определёнными обстановками, характером и условиями среды аккумуляции отложений. Признаками фации являются структура, текстура, вещественный состав пород, зоны контакта, изменения переходов в соседние фации, чередование наслоений, перерывы в осадконакоплении, поверхности размыва, форма и размеры геологических тел, иногда геоморфологическое выражение в рельефе и другие различия, отражающие геолого-динамические условия формирования отложений.

Среди разнообразных приёмов изучения четвертичной толщи генетический анализ имеет первостепенное значение, как наиболее эффективный метод выяснения первичной природы отложений. При изучении четвертичных отложений, установлении генетических признаков, для выявления фациальной принадлежности к тому или иному генетическому типу необходимо стремиться к принципу необходимости и достаточности. Вместе с тем, признаков, указывающих на генетическую природу геологических тел, из которых складывается четвертичная толща, довольно много. К ним относятся: структурные, текстурные, физико-химические признаки, минерально-петрографические особенности, физико-механические свойства отложений, форма и размер геологических тел, выраженность в рельефе, наличие и состав палеонтологических остатков в отложениях (рисунок).

1. Санько А. Ф., Ярцев В. И., Дубман А. В. Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси. Минск: Право и экономика, 2012. 311 с.
2. Чистяков А. А., Макарова Н. В. Макаров В. И. Четвертичная геология. М.: ГЕОС, 2000. 303 с.

А. А. Свиточ, Т. А. Янина, Р. Р. Макшаев

Московский государственный университет

НОВОКАСПИЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ РОССИЙСКОГО И ИРАНСКОГО ПОБЕРЕЖИЙ КАСПИЯ (сравнительный анализ и хронологические несоответствия)

Впервые новокаспийские отложения как нерасчлененные осадки древнего Каспия были отмечены на его побережьях во времена академических экспедиций П. Палласа и С. Гмелина в конце XVIII в. Н. И. Андрусов отнес их к отложениям каспийского яруса, П. А. Православлев выделил как саринские в составе арало-каспийского яруса, С. А. Ковалевский как срайские, М. М. Жуков как послехвалынские, А. Г. Доскач и И. П. Герасимов как редутские, В. В. Богачев предложил название новые каспийские; после П. В. Федорова за отложениями утвердился термин *новокаспийские*. За исключением иранского побережья, новокаспийские отложения Каспия достаточно полно изучены и, лишь в последние годы появился фактологический материал по морскому голоцену Ирана и возможность сравнительного анализа крайних северных и южных побережий Каспия.

Российское побережье Каспия. Новокаспийские отложения имеют чёткое стратиграфическое положение — между фаунистически охарактеризованными верхнехвалынскими и современными каспийскими осадками. В наиболее полных разрезах отложения, слагающие высокий и низкий новокаспийские уровни, состоят из нескольких слоёв указывающих на сложный ход трансгрессии. В основании разреза залегают мангышлакские отложения, однако они на побережье неизвестны и выделяются в Северном Каспии, где содержат растительные остатки и раковины пресноводных и опресненных солоноватоводных моллюсков. Залегающие выше отложения дагестанской стадии охарактеризованы типичным новокаспийским комплексом моллюсков, но не содержащим *Cerastoderma glaucum*.

Отложения максимума новокаспийской трансгрессии, достигавшей отметок — 20 м абс. высоты, развиты в виде прерывистого слоя мощностью в первые метры в межбугровых понижениях Северного Прикаспия. По составу это преимущественно пески, хорошо сортированные, жёлтые, жёлто-серые, слоистые, мелкозернистые, с обильной фауной солоноватоводных моллюсков, с обязательным присутствием раковин *Cerastoderma glaucum* (*Cardium edule*).

Сложное строение устанавливается и для осадков, слагающих низкую новокаспийскую террасу (— 24 м). Так, в разрезах Калмыкии морские супеси и пески, содержащие обильную фауну солоноватоводных дидакн, разделены слоем озёрной опесчаненной супеси с массой пресноводных гастропод. В береговых уступах кос между морскими верхнекаспийскими отложениями также располагаются слои торфа.

Иранское побережье Каспия. Мангышлакские слои, залегающие в основании разреза и отражающие эпоху глубокой мангышлакской регрессии, во время которой осушалась большая часть иранского шельфа, распространены исключительно широко. В литофациальном отношении среди них преобладают грубообломочные аллювиальные и аллювиально-пролювиальные осадки, заполняющие речные долины, образующие системы обширных конусов выноса горных рек, перекрывающих значительную часть поверхность позднихвалынской равнины. Среди них часто присутствуют разноокатанные валуны, распространённые от предгорий до современного пляжа, что свидетельствует о периодически возникавших очень динамичных условиях их накопления и перемещении в сторону берега.

В приморской части иранского побережья повсеместно распространены отложения новокаспийской трансгрессии они содержат обильную разнообразную фауну солоноватоводных моллюсков, что позволяет выделить дагестанские, новокаспийские (нижние и верхние) и современные слои.

Дагестанские отложения, как стратиграфическое подразделение предположительно установлены в основании опорного голоценового разреза на левом борту в устье р. Хавиг, где представлены плотные слежавшиеся растительные остатки влаголюбивой и водной растительности; по простирацию отложения фациально переходят в песок илистый, серо-сизый, с массой раковин *Didacna cristata* в двух створках, граница резкая, ниже залегает валунник в галечно-гравийном хорошо окатанном заполнителе.

Собственно новокаспийские отложения, охарактеризованные *Cerastoderma*, выделяются в составе нижненовокаспийских и верхненовокаспийских слоёв. Они распространены в приморской части побережья, включают близкую по составу малакофауну, разделяются по положению в разрезе, по геоморфологическим и гипсометрическим признакам.

Нижненовокаспийские слои развиты на гипсометрических отметках от —24 до —20 м абс. Они слагают низкую, слабо террасированную равнину, на дневную поверхность выходят на участках, где отсутствуют перекрывающие их более молодые аллювиально-пролювиальные и делювиальные накопления. В наиболее полных разрезах отложения имеют разнообразное строение и литологический состав.

Внутри разреза нижненовокаспийских слоёв иногда отмечены следы небольших перерывов в виде горизонта слабопроработанной почвы или эоловой переработки осадков. Отложения содержат раковины моллюсков с преобладанием *Cerastoderma glaucum* и более редкими дидакнами, монодакнами, адакнами и дрейссенами. Вскрытая мощность отложений до 7 м.

Верхненовокаспийские слои распространены в прибрежной части приморской равнины на отметках —24—25 м абс., где слагают низкую морскую террасу, состоящую из серии береговых валов, хорошо выраженных в рельефе. Строение верхненовокаспийских отложений достаточно сложное, иногда представленное осадочными циклами.

Строение и состав самой верхней части новокаспийских слоёв, слагающих низкие береговые валы, более простое, это обычно пески разнозернистые, с раковинами каспийских моллюсков.

Из краткого сравнительного анализа стратиграфического устройства новокаспийских осадков Северного Прикаспия и Иранского побережья видно их близкое стратиграфическое соответствие — сложения из трёх сложно построенных слоёв — дагестанского, располагающего на мангышлакских регрессивных образованиях, не содержащего следы раковин *Cerastoderma*, и двух слоёв — нижне и верхненовокаспийских, охарактеризованных присутствием *Cerastoderma glaucum*, образующих системы разновысотных низких морских террас.

Однако результаты радиоуглеродного датирования новокаспийских отложений российского и иранского побережий этому резко противоречат. Российских (более 90 дат) радиоуглеродных датировок по осадкам побережий показывает, что в их распределении отчётливо прослеживается определённая концентрация дат, отражающая ритмику голоценового уровня моря и обусловленных этим палеогеографических событий. По отложениям побережий сосредоточение дат отмечается в интервалах 0,4—2,4, 3,2—3,9, и 5,4—6,4 тлн. Отложения с возрастом 0,4—3,9 тлн включают раковины *Cerastoderma glaucum* и относятся к новокаспийской трансгрессии.

В осадках хронологического интервала 5,6—6,4 тлн. *Cerastoderma glaucum* не обнаружено, однако, они содержат типично новокаспийский комплекс дидакн и должны быть отнесены к начальному этапу новокаспийской трансгрессии — дагестанской стадии.

Совершенно другие оценки возраста новокаспийских осадков в последнее время получены для разрезов иранского побережья (таблица) из их рассмотрения следует, что среди них присутствуют морские отложения двух возрастных интервалов: ~0,3—1,0 и ~2,4 тлн, совпадающих со временем позднекаспийской (<1,0 тлн) и уллучаевской (1,2—2,4 тлн) трансгрессий, разделённых дербентской регрессией (1,0—1,2 тлн), которые были установлены на российских побережьях [1].

Таблица — Радиоуглеродные датировки голоценовых отложений иранского побережья Каспия

Даты (тлн)	Источник
0,34 ± 60 0,57 ± 50	[2]
0,298 ± 35 0,491 ± 35 0,968 ± 35 2,400 ± 50 2,480 ± 50	[4]
2,455 ± 50 2,415 ± 50	[3]
0,460 ± 60 0,490 ± 60 кал	ЛУ-6 878
0,940 ± 50 0,860 ± 60 кал	ЛУ-6 877

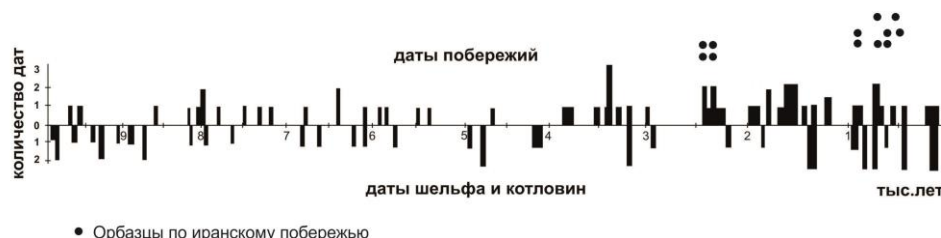


Рисунок — Результаты радиоуглеродного датирования голоценовых отложений Российских побережий шельфа и котловин

Сложившаяся ситуация предполагает два решения; 1 — (предпочтительное) современный рельеф и осадки иранского побережья Каспия очень молодые, по времени относящиеся к заключительной стадии новокаспийской трансгрессии (0,24—0,4 тлн), образовавшиеся в результате крайне высоких скоростей осадконакопления и рельефообразования, 2 — радиоуглеродные даты по иранским разрезам по каким-то причинам резко омоложены.

1. Свиточ А. А. Иерархия и хронология голоценовых колебаний уровня моря // Изменения природно-территориальных комплексов в зонах антропогенного воздействия. М.: Медиа-пресс, 2006. С. 125—132.
2. Свиточ А. А., Янина Т. А. Морской голоцен иранского побережья Каспия // Докл. РАН. 2006. Т. 410, № 4. С. 271—276.
3. Ehlers E. Südkaspisches Tiefland (Mordiran) und Kaspisches Meer // Tübinger Geographische Studien H. U. U. Tübinger, 1971. 184 p.
4. Lahijani H. A. K., Rahimpour-Bonab H., Tavakoli V. et al. Evidences for late Holocene highstand in Central Guilan-East Mazandaran, South Caspian coast, Iran // Quatern. Internat., 2007. Vol. 197. P 55—71.

А. Г. Стельмах

Национальный университет Узбекистана

ОБЗОР СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА

Своеобразие проявления тектонических движений в пределах платформенной и орогенной областей обусловило различие в генетических типах, литологическом составе, мощностях и условиях залегания голоценовых отложений Узбекистана. Крупнейшими генетическими группами являются морские (озёрные) и континентальные голоценовые отложения. По распространению первые из них значительно уступают вторым.

Морские голоценовые отложения распространены только в акватории Арала и образуют аральские слои с *Cardium edule* L. [6]. Из-за высокой динамики Аральского моря в течение голоцена в его пределах сформированы различные литологические типы осадков как терригенного, так и хемогенного ряда. Подводный плащ осадков сложен практически всеми размерностями обломочного материала — от песков до глин.

К современным морским отложениям также относятся озёрно-химические осадки многих солёных озёр. Они обычно имеют небольшую мощность до 1,0 м, реже 1,5—2,0 м и представлены супесью с кристаллами солей, иногда образующими сплошную соляную корку. Озёрно-болотные отложения голоцена образуются в междуречных впадинах в застойных условиях, что определяет характер их литологического состава. Они представлены преимущественно глинистой фракцией с небольшой примесью алевритовой, часто с прослоями чёрного ила и линз торфобразной массы из растительных остатков [2].

Основу ландшафтов междуречных пространств, включающих Юго-Восточное Приаралье, Кызылкуммы и Бухаро-Каршинскую область, составляют островные поднятия, облекающие их пролювиальные шлейфы и бессточные котловины с глинистыми и супесчаными отложениями.

В орогенной области Узбекистана континентальные голоценовые образования развиты в долинах рек и их боковых притоках, слагающие современную пойму и молодые первую и вторую надпойменные террасы и коррелятивные им отложения, и литологически характеризуются песчано-галечниковыми и лессовидными образованиями. Мощность голоценовых отложений изменяется в диапазоне от 0,5—2,0 м на склонах и водоразделах до 7,0 м в речных долинах.

Отложения голоцена имеют широкое распространение по долинам рек Сырдарьи и Чирчика, на остальной территории Узбекистана они обычно ограничены узкими полосами долин логов. Среди отложений этого комплекса наибольшим развитием обладают осадки второй надпойменной террасы, которые, заполняя эрозионные долины, залегают на верхнечетвертичных и более древних породах. На равнинных пространствах бассейнов рек Чирчик и Ангрен они слагают основную часть осадков этого цикла и морфологически отличаются от верхнечетвертичной террасы короткими и часто крутыми, иногда, довольно высокими склонами [2].

Изучением голоценовых отложений на территории Узбекистана занимались немногие исследователи, и в основном стратиграфия голоцена описывалась в комплексе с исследованиями четвертичных отложений в разные годы. В основном хронология и корреляция схем голоценовых образований отдельных районов Узбекистана проводилась в объёме голоцена, т. к. его дробные подразделения ввиду отсутствия региональных временных критериев

не сопоставлены. Эталон для корреляции континентальных голоценовых отложений стала схема Прикаспийского региона, в которой голоцен расчленен на три подраздела — мангышлакский, новокаспийский и верхнекаспийский. Граница между подразделениями голоцена проводилась условно [1]. Рассмотрим стратиграфическую изученность голоценовых отложений Узбекистана.

В 1931 г. А. Д. Архангельский впервые привел стратиграфическое описание «послетретичных» осадков Приаралья и подразделил их по генетическому признаку на субэральные и субаквальные образования. Среди субаквальных образований А. Д. Архангельский различал озёрные осадки, слои с *Cardium edule* L., аллювиальные осадки и соли. К группе субэральных образований он отнес пролювиальные отложения, делювиальные наносы, элювий, древние почвы и эоловые пески [6].

В 1977 г. Ю. П. Хрусталёв выделил четыре горизонта голоценовых осадков — древнеаральский, аральский, новоаральский и современный [6]. Эти горизонты определены по комплексу признаков, отвечающих трансгрессивным и регрессионным стадиям в акватории Арала. Всего их выделено семь — четыре трансгрессивных и три регрессивных. Однако, отсутствуют данные по определению абсолютного возраста голоценовых осадков.

В 1983 г. Е. Г. Маев выделил для голоценовых отложений Арала пять этапов в осадконакоплении и 18 регрессий и трансгрессий [4]. Это озёрно-солончаковый этап, раннеаральский, древнеаральский, новоаральский и современный. Осадки озёрно-солончакового этапа выделены как докардиумовые, остальные — «кардиумовые», т. е. имеющие *Cardium edule* L. Граница между верхним и нижним слоями радиоуглеродным методом датирована в 5 000 лет. В нижнем слое был выделен один озёрно-солончаковый этап продолжительностью 7 000 лет (12 000—5 000 лет), а в верхнем четыре — раннеаральский (5 000—3 610 лет), древнеаральский (3 610—1 290 лет), новоаральский (1 590—970 лет) и современный (1 000—970 лет).

Детальную схему стратиграфии голоцена для пустынной территории предложил Э. М. Мамедов [5]. За основу расчленения голоценовых отложений древних русла и дельты рек Центральных Кызылкумов он принял схему М. И. Нейштадта, где вместо шести климатических этапов и двенадцати пальцевых зон выделил три подраздела голоцена: нижний, средний и поздний. Однако, хронологические рубежи в схеме остались условными. К нижнему голоцену им отнесены отложения Прозаравшана, к среднему — отложения Аякагитминской дельты, Махандарьи и Гуджайли, к позднему голоцену — отложения Бухарской и Каракульской дельты, пойменные и русловые осадки современных речных долин.

Впервые геологическое описание континентальных отложений голоцена Узбекистана были приведены в работах Н. Ф. Безобразовой в 1927 г., Н. И. Толстихина в 1929 г. и Г. И. Архангельского в 1925 г. на примере четвертичных террас бассейна р. Чирчик [2].

В 1961 г. Г. Ф. Тетюхин впервые детально описал голоценовые отложения бассейна р. Чирчик. Он вторую надпойменную террасу (абайскую) определил как наиболее древнюю и отнес к ранесырдарьинской свите, а первую надпойменную террасу и пойму — к позднесырдарьинской [7]. Продолжительность формирования отложений второй надпойменной террасы Г. Ф. Тетюхин условно оценил в пределах от 11 000 до 5 000 лет, а первой надпойменной террасы и поймы — в течение последних 500—1 000 лет. Однако, Л. З. Палей голоценовые отложения поймы, первой и второй надпойменные террасы отнес к ранесырдарьинской свите, а русла и низкой поймы — к позднесырдарьинской. До этого Н. И. Толстухин в 1929 г. к голоценовым отложениям относил ходжикентскую террасу и возвышающийся над ней уступ лессовидного отложения II надходжикентской террасы. Дальнейшими исследованиями было установлено, что первая из них является эрозионным врезом аккумулятивной (I-й ходжикентской) террасы, которая в устьях рек Чирчик и Келес была выделена под названием абайской террасы. В верховье р. Чирчик эта терраса имеет очень большое превышение над поймой, до 35—40 м, и снижается в устье до 5—7 м.

В 1971 г. О. К. Ланге на основе геоморфологического анализа верхнеплиоцен-голоценовой тектоники в Приташкентском районе разделил голоценовые уровни на три террасы: абайскую (Q_{IV}^{1-2}), бандыгурскую (Q_{IV}^{2-3}), позднесырдарьинскую (Q_{IV}^{3-4}) [3].

В 1996 г. Х. А. Тойчиев на основе магнитостратиграфических исследований предложил подразделять континентальные отложения Узбекистана на три свиты: нижнюю — карасуйскую, среднююбахмальскую и верхнюю — акдарьинскую [8].

Период с начала 1990-х гг. по настоящее время характеризуется исследованиями, направленными на детализацию данных по геоморфологии, стратиграфии, палеомагнетизму, палеопочвам, инженерно-геологическим и сейсмическим характеристикам голоценовых отложений [9].

Таким образом, исходя из приведённого обзора, можно сделать следующие выводы:

1. Существующие схемы стратиграфии голоценовых отложений платформенной и орогенной областей Узбекистана построены либо на геоморфологических принципах, либо в их основе лежат упрощённые схемы зарубежных стран.

2. Корреляция морских (озёрных) и континентальных осадков Узбекистана проводится в объёме голоцена. Дробные подразделения ввиду отсутствия региональных временных критериев не сопоставлены. Временной объём голоцена был определен в 11 000—12 000 лет.

1. Вангенгейм Э. А., Ганешин Г. С., Заррина Е. П. и др. Стратиграфия СССР. Четвертичная система (второй полутом). М.: Недра, 1984. 556 с.
2. Козай Н. А., Ранов В. А., Скворцов Ю. В., Тетюхин Г. Ф. Геология Узбекской ССР. Геологическое описание. В 30 т. М.: Недра, 1972. Т. 23. С. 678—716.

3. Ланге К. О., Пиенин Г. Н., Сагатов А. А. Принципы и методы геоморфологического анализа верхнеплейстоцен-голоценовой тектоники Приташкентского района // Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. Ташкент: Фан, 1972. С. 20—26.
4. Маев Е. Г., Маева С. А. Новые данные по голоценовой истории Аральского моря // Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозой. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 133—144.
5. Мамедов Э. Д., Трофимов Г. Н. Гидрологические фазы Дашта и климатохронология голоцена Средней Азии // Узб. геол. ж. 1992. № 1. С. 54—57.
6. Рубанов И. Б., Ишнйязов Д. П., Баскакова М. А., Чистяков П. А. Геология Аральского моря. Ташкент: Фан, 1987. 246 с.
7. Тетюхин Г. Ф. О стратиграфии четвертичных отложений Приташкентского района // Матер. Всесоюз. совещ. по изучению четвертичного периода: Тез. докл. Ташкент, 1961. С. 386—388.
8. Тойчиев Х. А. Палеомагнитная стратиграфия континентальных четвертичных отложений Узбекистана: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Ташкент: ТашГУ, 1996. 33 с.
9. Стельмах А. Г., Абдуназаров У. К., Тойчиев Х. А. Палеомагнитное и палеопочвенное изучение континентальных голоценовых отложений Чирчик-Ангренского бассейна // VI Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода «Фундаментальные проблемы четвертичного периода: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований»: Тез. докл. Новосибирск, 2009. С. 561—564.

Х. А. Тойчиев, А. Г. Стельмах

Национальный университет Узбекистана

СТРАТИГРАФИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Четвертичные отложения на территории Узбекистана распространены крайне неравномерно. В пределах Тянь-Шаня почти сплошь они выстилают межгорные впадины, в пределах же горных хребтов, гор и предгорных возвышенностей, наоборот, развиты прерывисто. Литологический состав четвертичных отложений очень разнообразен. Разрезы наиболее высоких ступеней рельефа слагаются несортированными терригенными накоплениями морен, коллювия, делювия и пролювия. Их сменяют разрезы подгорных равнин, представленных отложениями конусов выноса селевых и постоянных потоков — грубообломочных в головных частях конуса и мелкозёмистых, часто лесовидных по их периферии. По оси депрессий получают развитие разрезы долинного аллювия с характерным ритмичным переслаиванием русловых песчаников, гравелитов и конгломератов. В центральных частях депрессий отмечаются максимальные мощности четвертичных отложений (600—700 м в Ферганской, 300—400 м в Чирчикской и 150—200 м в Самаркандской впадинах).

Четвертичные отложения равнинных пространств Узбекистана по сравнению с межгорными и предгорными впадинами Тянь-Шаня характеризуются меньшей мощностью и иными сочетаниями генетических типов осадков. Резкая фациальная изменчивость и многообразие фаций, частые проявления внутриформационных перерывов и размывов существенно влияют на качество корреляционных схем. Выделяется несколько районов, отличающихся особенностями в осадконакоплении. В их числе долины рек Амударьи, Сырдарьи, низовий Зеравшана и др.; их разрезы представлены преимущественно равнинным аллювием. В разделяющих их Кызылкумских массивах широкое развитие получили отложения пролювиальных шлейфов, бессточных котловин и приуроченных к ним мелких озёр, покровы эоловых песков. К ним примыкают ландшафты Аральского бассейна и сопряжённые с ним дельты. На крайнем западе в пределах Устюрта им соответствует карбонатно-сульфатные коры выветривания и соляные озёра.

Распространение, генезис, вещественный состав и инженерно-геологические свойства четвертичных отложений Узбекистана отражены в многочисленных публикациях таких исследователей, как Х. А. Аскарлов, А. И. Исламов, М. З. Назаров, А. М. Худайбергенов, М. Ш. Шерматов, Э. В. Кадыров, Х. А. Тойчиев, А. Сапаров, М. А. Туйчиева, У. К. Абдуназаров, Х. Л. Рахматуллаев и др. Несмотря на успехи изучения четвертичных отложений, ряд вопросов по их стратиграфии остаются открытыми, т. к. расчленение и корреляция четвертичных отложений Узбекистана на основе данных геоморфологического метода не всегда являются однозначными [2].

В 1980-е гг. в вопросе стратификации четвертичных отложений Узбекистана определилось несколько точек зрения [1]:

1) геолого-геоморфологическому расчленению подлежат только террасовые отложения, которые следует объединять с перекрывающими лёссовыми отложениями и считать одновозрастными с лёссовыми отложениями предгорий и междуречий;

2) схема Скворцова-Васильковского пригодна для всех континентальных отложений четвертичного периода Узбекистана; при этом отмечалось, что покровный комплекс развит только на территориях, где закончилось накопление террасовых образований, после завершения эрозионно-аккумулятивного цикла на поверхности соответствующей террасовой толщ образуются молодые осадки различного генезиса, которые по отношению к подстилающей террасовой толще являются покровными;

3) схема Скворцова-Васильковского приемлема только в подгорной и горной зонах, в предгорной зоне нужна другая схема, т. к. древние покровные лёссовые отложения повсеместно перекрываются молодыми;

4) стратификацию четвертичных отложений проводить с помощью магнитостратиграфических данных.

Палеомагнитная стратиграфия сформировалась в качестве одного из важных направлений в общей стратиграфии к середине 1970-х гг. в результате систематических исследований для разработки шкалы геомагнитной полярности. Палеомагнитные исследования нашли широкое применение в четвертичной геологии, т. к. ряд выявленных

кратковременных отклонений в интервалах прямой и обратной полярности (N- и R-зон) геомагнитного поля четвертичного периода в их хронологической последовательности позволили решить проблему увязки четвертичных отложений.

На территории Узбекистана палеомагнитные исследования четвертичных отложений проводятся с 1970-х гг. За это время в этих отложениях были выявлены ряд кратковременных геомагнитных отклонений. Однако, в целом, палеомагнитный материал по рассматриваемым отложениям недостаточно освещен в научной публикации. Известно, что в палеомагнитном отношении отложения эоплейстоцена соответствуют обратной геомагнитной эпохи Матуяма Международной магнитостратиграфической шкалы полярности (ММШП, 2012 г.). В эоплейстоценовых отложениях Узбекистана были зафиксированы отпечатки пяти кратковременных эпизодов прямой полярности, которые делят эоплейстоцен на шесть обратно намагниченных зон. Эти события геомагнитного поля расчленяют разрезы отложений эоплейстоцена на ряд разнополярно намагниченных стратиграфических горизонтов. При этом нижняя граница эоплейстоцена в разрезах платформенной и предороженной областей Узбекистана проходит под обратно намагниченными озёрно-аллювиальными отложениями, сложенными, главным образом, алевролитами, мергелями и конгломератами, которые в ММШП соответствуют рубежу 2,4 млн лет; нижняя граница в орогенной области — под толщей делювиальных лёссово-почвенных отложений в 1,8 млн лет [3].

Известно, что на основе идентификации инверсии Матуяма-Брюнес — важного палеомагнитного репера между эоплейстоценом и плейстоценом — можно коррелировать разрезы четвертичных отложений Узбекистана независимо от существующих стратиграфических схем. Например, по палеомагнитным данным верхняя граница эоплейстоцена проходит на уровне 690—710 тыс. лет назад, соответствующей началу эпохи прямой полярности и региональной активизации нового этапа четвертичных тектонических движений; в речных долинах данная граница проходит под толщей аллювиальных конгломератов, а в предгорьях и междуречьях — в толще сложнопостроенных делювиальных и пролювиальных лёссово-почвенных отложений. В отложениях плейстоцена Узбекистана установлены два обратных и столько же аномальных кратковременных отклонений геомагнитного поля [4].

Голоценовые отложения в Узбекистане намагничены по направлению современного магнитного поля Земли, в которых зафиксированы три кратковременных отклонения геомагнитного поля — два обратных и один аномальный. Согласно последним исследованиям нижняя граница в голоценовых отложениях проходит на уровне 13 тлн по подошве аллювиальных отложений второй надпойменной террасы; в пролювиальных и делювиальных отложениях в толще лессовидных пород [5].

Таким образом, палеомагнитное изучение континентальных четвертичных отложений Узбекистана позволяет выявить палеомагнитные реперы расчленения и корреляции.

1. Мавлянов Г. А., Тетюхин Г. Ф., Тойчиев Х. А. Стратиграфия четвертичных отложений Узбекистана // Узб. геол. ж. 1982. № 3. С. 3—6.
2. Тойчиев Х. А., Стельмах А. Г. Основные проблемы стратиграфии эоплейстоценовых и плейстоценовых отложений Узбекистана и пути их решения // Вестн. НУУз, 2009. № 4/1. С. 32—35.
3. Тойчиев Х. А., Стельмах А. Г. Палеомагнитные исследования эоплейстоценовых отложений орогенной области Узбекистана // Вестн. НУУз, 2007. № 1. С. 81—86.
4. Тойчиев Х. А., Стельмах А. Г. Магнитостратиграфические исследования плейстоцен-голоценовых отложений // Вестн. НУУз, 2005. № 1. С. 60—65.
5. Стельмах А. Г. Магнитостратиграфия голоценовых отложений бассейна реки Чирчик. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Ташкент: НУУз, 2010. 26 с.

С. М. Шик

Региональная межведомственная стратиграфическая комиссия по центру и югу Русской платформы

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНУ ЦЕНТРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

В 2010 г. на основании вновь полученных данных и переинтерпретации имеющихся материалов бюро Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы приняло уточненную стратиграфическую шкалу для неоплейстоцена этого региона, существенно отличающуюся от ранее принятой (таблица). Хотя эта шкала до сих пор не принята Комиссией МСК России по четвертичным отложениям, она наиболее полно отражает современные представления о стратиграфии и палеогеографии неоплейстоцена рассматриваемого региона и уже неоднократно опубликована [15, 17]. Представляется целесообразным рассмотреть её основные отличия от существующей шкалы.

Т. к. в Дополнении к стратиграфическому кодексу России [11—13] за основание неоплейстоцена принята инверсия Матуяма-Брюнес, *петропавловский горизонт* с отрицательной намагниченностью отнесён к эоплейстоцену и исключен из южноворонежского надгоризонта. Ильинский горизонт, охватывающий два межледниковья и одно оледенение, разделен на три самостоятельных горизонта. За первым из них, по объёму соответствующим стратотипу прежнего ильинского горизонта [8], сохранено название *ильинский*. Второй назван *сетуньским* (по сетуньской морене, широко развитой в центральной части региогна), а третий — *моисеевским* (по разрезу Моисеево на р. Ворона [8]); ему, вероятно, отвечает окатовское межледниковье Подмосковья [14].

Таблица — Уточненная стратиграфическая шкала неоплейстоцена и голоцена центра Европейской России

ОСШ [12]			ИКШ	Принятая региональная стратиграфическая шкала [12]		Проект региональной стратиграфической шкалы (РМСК, 2010 г.)				
Раздел	Зве- но	Сту- пень		Надгоризонт	Горизонт, подгоризонт	Надгоризонт	Горизонт, подгоризонт			
Голо- цен			1			<i>Шуваловский</i>		верхний средний нижний		
Неоплейстоцен	Верхнее	III ₄	2	Валдай- ский	Осташковский	Валдай- ский	Осташковский			
		III ₃	3		Ленинградский		Ленинградский			
		III ₂	4		Калининский		Калининский			
		Среднее	III ₁	5a-d	Мезин- ский	<i>Черменинский</i>		Черменинский		
				5e		Микулинский		Микулинский		
	Среднее		II ₆	6	Средне- русский	Московский	Сред- нерус- ский	Московский (днепровский)	верхний средний нижний	
			II ₅	7				Горкинский		
			II ₄	8				Вологодский		
			II ₃	9		Чекалинский		Чекалинский		
			II ₂	10		Калужский		Калужский		
			II ₁	11	Лихвинский			Лихвинский		
			Нижнее	I ₈	12	Мичурин- ский	Окский	Мичурин- ский	Окский	
	I ₇			13			<i>Икорецкий</i>			
	I ₆	14			<i>Навлинский</i>					
	I ₅	15		Мучкапский	верхний		Мучкап- ский		верхний (конаховский)	
					средний				средний (подруднянский)	
					нижний	нижний (глазовский)				
	I ₄	16		Донской		Донской				
	I ₃	17		Южново- ронезский	Ильинский	верхний	Южноворонеж- ский	Моисеевский		
	средний	Сетунский								
	I ₂	18			нижний	Ильинский s. s.				
	Эоплейстоцен		?	Покровский	Покровский					
		Петропавловский								
				Эоплейстоцен		Эоплейстоцен				

Курсивом показаны вновь выделенные подразделения, полужирным — подразделения, объём которых изменен.

Наиболее существенное изменение в нижнем неоплейстоцене — выделение между мучкапским и лихвинским межледниковьями ещё одного ледниково-межледникового цикла (*навлинский* и *икорецкий* горизонты). Оно сделано на основании выявления в разрезе Мастюженка в Воронежской обл. отложений с архаичными арвиколами, по мнению всех знакомившихся с ними микротериологов явно более древними, чем развитые в лихвинском межледниковье. Аналогичные арвиколы обнаружены при ревизии коллекции из нижнего горизонта аллювия разреза Шехмань, в то время как верхний горизонт аллювия содержит арвикулы, обычные для лихвинских отложений [7, 10 и др.]. Микротериофауна с такими же архаичными арвиколами выделяется и в ряде разрезов Западной Европы [11]. Вероятно, такой же возраст имеют и отложения разреза Смоленский Брод, по данным А. Н. Мотузко, также содержащие архаичные арвиколы [3], хотя микротериологи и не пришли к единому мнению о степени их архаичности.

В среднем неоплейстоцене наиболее существенно выделение между лихвинским и московским межледниковьями ещё двух ледниково-межледниковых циклов. Первый из них выделен по Лихвинскому разрезу (*калужский* и *чекалинский* горизонты) [2]. Очевидно, оледенение в это время не достигало рассматриваемого района; не известны здесь и озёрные межледниковые отложения, но хорошо развита *каменная ископаемая почва*. Отложения второго цикла (*вологодский* и *горкинский* горизонты) в последнее время выявлены на севере Тверской и Ярославской обл. [16]; при этом установлено, что южнее вологодская морена не распространяется. *Московский горизонт* подразделен на два подгоризонта, отвечающие двум стадиям, разделённым *костромским* межстадиалом; т. к. получены дополнительные данные, подтверждающие, что он формирует Днепровский ледниковый язык [4], в качестве синонима для него принят термин *днепровский*. Изменён также объём Мичуринского надгоризонта.

В верхнем неоплейстоцене интервал, отвечающей ИКС 5, выделен в качестве *мезенского надгоризонта*, подразделяющегося на *микулинский* (подстадия 5e) и *черменинский* (подстадии 5d—5a) горизонты; последний выделен по разрезу Черменино в Ярославской обл. [6]. В остальном стратификация верхнего неоплейстоцена не изменилась. Голоценовые отложения выделены в качестве *шуваловского горизонта* (по хорошо изученному Шуваловскому болоту под Санкт-Петербургом).

При принятой стратификации неоплейстоцена удаётся сопоставить все оледенения и межледниковья с изотопно-кислородной шкалой (ИКШ); однако используемая корреляция (таблица) отличается от приведённой в решении МСК России по детализации Общей стратиграфической шкалы четвертичной системы [13]. Наиболее существенное отличие — то, что донское оледенение сопоставляется не с 14, а с 16 изотопно-кислородной стадией (ИКС). Многие исследователи считают нелогичным сопоставление самого крупного оледенения с одной из наиме-

нее выразительных стадий; в принятом варианте оно сопоставляется с очень чётко выраженной стадией. При этом мучкапское (рославльское) межледниковье с двумя климатическими оптимумами сопоставляется с 15 ИКС, на которой также хорошо выражены два максимума, и находят своё место навлинский и икорский горизонты, которые сопоставляются с 14 и 13 ИКС.

1. Мастюженка и его значение для региональной стратиграфии // Актуальные проблемы неогеновой и четвертичной стратиграфии и их обсуждение на 33-м Международном геологическом конгрессе (Норвегия, 2008 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 20—24.
2. Болиховская Н. С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1995. 270 с.
3. Вознячук А. Н., Санько А. Ф. Опорный разрез плейстоцена в урочище Смоленский Брод // Комплексное изучение опорных разрезов нижнего и среднего плейстоцена центра Европейской части СССР. М.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1981. С. 50—54.
4. Герасименко Н. П. Развитие зональных ландшафтов четвертичного периода на территории Украины. Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. Киев: Ин-т географии НАН Украины, 2004. 41 с.
5. Дополнение к стратиграфическому кодексу России. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.
6. Зарина Е. П. Четвертичные отложения северо-западных и центральных районов европейской части СССР. Л.: Недра, 1991. 187 с.
7. Иосифова Ю. И., Агаджанян А. К., Ратников В. Ю. и др. Об икорской свите и горизонте в верхах нижнего неоплейстоцена в разрезе Мастюженка (Воронежская область) // Бюл. Регион. межвед. стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. М.: Российская академия естественных наук, 2009. Вып. 4. С. 89—104.
8. Красненков Р. В., Иосифова Ю. И., Шулешикина Е. А. и др. Моисеево // Опорные разрезы нижнего плейстоцена бассейна Верхнего Дона. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. С. 26—37.
9. Красненков Р. В., Агаджанян А. К., Казанцева Н. Е. Стратотипический разрез ильинского горизонта // Стратиграфия фанерозоя центра Восточно-Европейской платформы. М.: Росгеолфонд, 1992. С. 97—122.
10. Либерман Ю. Н., Шулешикина Е. А., Валуева М. Н. Опорный разрез нижнего и среднего плейстоцена у с. Шехмань Тамбовской области // Геология, полезные ископаемые и инженерно-геологические условия Центральные районы Европейской части СССР. М.: Геологический фонд РСФСР, 1984. С. 71—86.
11. Маркова А. К., ванн Кольфсхотен Т. Среднеплейстоценовые фауны мелких млекопитающих Восточной и Центральной Европы: хронология, корреляция // Квартер во всем его разнообразии: Матер. VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Апатиты, СПб., 2011. Т. 2. С. 68—71.
12. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. Вып. 33. С. 36—37.
13. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. С. 121—122.
14. Фурсикова И. В., Писарева В. В., Якубовская Т. В. и др. Опорный разрез плейстоцена у д. Окаково в Западном Подмоскowie // Стратиграфия фанерозоя центра Восточно-Европейской платформы. М.: Росгеолфонд, 1992. С. 59—82.
15. Шик С. М. О проекте уточненной стратиграфической шкалы неоплейстоцена и голоцена центра Европейской России // Квартер во всем его разнообразии: Матер. VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Апатиты, СПб., 2011. Т. 2. С. 317—320.
16. Шик С. М., Осипова И. М., Пономарева Е. А. и др. Гипостратотип горкинского горизонта (средний неоплейстоцен) у д. Пальниково (Тверская область) // Бюл. Регион. межвед. стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. 2009. Вып. 4. С. 111—121.
17. Шик С. М. Неоплейстоцен центра Европейской России (современные представления о стратиграфии и палеогеографии) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. № 2 (в печати).

Т. В. Якубовская

Белорусский государственный педагогический университет

ФЛОРА ДРЕВНЕЙШЕГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ У Д. ВЕРХНЕЕ БЕРЕЗИНО ДОКШИЦКОГО РАЙОНА

При характеристике нового корчёвского межледниковья Л. Н. Вознячук [1] указал на распространение его отложений в окрестностях г. Бегомля. Строение четвертичной толщ и палеогеография плейстоцена здесь детально изучались М. М. Цапенко и Н. А. Махнач [5] по скважинам, пройденным в начале 1960-х гг. в створе поперёк долины р. Березины Днепровской. На участке профиля д. Верхнее Березино — д. Кадлубище [5] чётко прослеживаются пять ледниковых комплексов с моренными горизонтами, отвечающими ледниковым интервалам тогдашней стратиграфической схемы, разработанной М. М. Цапенко и Н. А. Махнач к 1957 г., — от первого древнеантропогенного оледенения (гюнцского) до первого новоантропогенного (вюрмского) — и подстилающие и разделяющие их аллювиальные, озёрно-аллювиальные и озёрно-ледниковые аккумуляции, заполнявшие древние врезы пра-Березины. По результатам палинологических исследований, осуществлённым Н. А. Махнач, такие отложения в скв. 2 и 5 на глубине 38,0—55,4 м и 47,3—51,0 м соответственно были отнесены к первому среднеантропогенному (авлехсандрийскому, лихвинскому) межледниковью, точнее, к его завершающим фазам, а отложения с торфом в глубоком, до девонских пород, врезе (80,0 — 85,2 м в скв. 1 и 63,0—104,1 м в скв. 4) — ко второму среднеантропогенному межледниковью и описаны как типичные рославльские (позже, шкловские в Беларуси). Залегание в прадолине молодых (рославльских) аллювиальных отложений гипсометрически ниже более древних (лихвинских) объяснялось Н. А. Махнач и М. М. Цапенко [5] интенсивным размывом территории во второй половине среднеантропогенного времени и образованием глубоких и широких долин, заполненных осадочной толщей до 40—45 м мощности. Именно эти отложения и их спорово-пыльцевая характеристика позволили Л. Н. Вознячку заключить, что «Особенно интересны разрезы скважин, пробуренных в 1936 и 1962 гг. у д. Верхнее Березино севернее Бегомля, где под тремя-четырьмя горизонтами морен на глубине 80,0—108,5 м были вскрыты торфяники и гиттии, залегающие на

девонских алевролитах и глинах. Опубликованная Н. А. Махнач спорово-пыльцевая диаграмма торфяника ... хорошо сопоставляется с корчѣвскими палинограммами...» [1].

В 1986 г. Вилейско-Свислочская ГСП проводила бурение скважин на Лепельском участке (геолог Т. Ф. Заугольник) и одна из них — Лп-6 у д. Верхнее Березино — попала в створ прежнего профиля. Новые скважины изучали геологи Института геохимии и геофизики АН БССР М. А. Вальчик, М. Е. Комаровский и Т. В. Якубовская. Детальный геологический профиль поперѣк долины Березины у д. Березино (Верхнее Березино) с учётом новых материалов опубликовал М. Е. Комаровский [3]. Стратиграфическая интерпретация четвертичных отложений на этом профиле дана в соответствии с существовавшей тогда стратиграфической схемой и предложенными М. Е. Комаровским дополнениями. Главное отличие строения низов разреза на этом профиле от профиля, составленного М. М. Цапенко, в том, что вместо одной линзы погребѣнного аллювия мощностью до 45 м здесь показаны две древнейшие линзы озѣрно-аллювиальных отложений, разделѣнные мореной.

Анализ состава семенной флоры в образцах керна скв. Лп-6, палинологические материалы, опубликованные Н. А. Махнач в 1966 г., новые стратиграфические разработки для четвертичной системы и выводы Л. Н. Вознячука позволяют уточнить стратиграфию четвертичной толщи в окрестностях д. Верхнее Березино.

Скв. Лп-6 (в полевой документации её номер 4) пройдена на левом коренном берегу реки. В ней было отобрано 15 образцов керна для палеокарпологического изучения на глубине 39,6 — 70,5 м из межморенной толщи, заполняющей нижний аллювиальный врез пра-Березины. В верхней части интервала на глубине 40,8 — 42,0 м обнаружены остатки двух родов самых распространѣнных растений: *Potamogeton* ex. gr. *natans* L. — 1 поврежденный эндокarp, *Carex* cf. *caespitosa* L. — 3 орешка, *Carex* sp. div. — 3 орешка. Такая флора соответствует холодному времени в плейстоцене. Самый верхний образец и образцы до глубины 64,5 м оказались пустыми. Информативная флора получена в нижних четырех образцах с глубины 64,5—70,5 м. В этой флоре определены остатки 57 таксонов растений, которые отличаются значительной фоссилизацией и плохой сохранностью. Среди учтѣнных таксонов 32 вида имеют определенную географическую приуроченность, из них 7 вымерших экзотов и 4 региональных экзота, т. е. все экзоты составляют 34 %. Близкий к такому высокому показатель экзотичности имеют некоторые флоры раннего и среднего плейстоцена, например, флора Дворца в её современном объѣме, которая раньше относилась к позднему плиоцену, корчѣвская межледниковая флора, борковская флора беловежской серии в скв. 82 у г. Дубовно, и александрийская межледниковая в Колодежном Рву, так что он отражает широкий диапазон возраста флоры из скважины у д. Верхнее Березино.

На межледниковый характер изученной семенной флоры указывают такие её компоненты, как хвойные древесные породы и древовидные березы, из водных и прибрежных травянистых растений — *Trapa* sp., *Salvinia natans*, *Scirpus atroviroides*, *Potamogeton coloratoides*, в некоторой степени — *Nuphar* sp. и *Ceratophyllum* sp.

Но как точнее определить, в каком межледниковье существовала эта флора? Все вымершие экзоты — *Azolla interglacialis*, *Potamogeton coloratoides*, *P. parvulus*, *P. cf. perforatus* Wielicz., *Carex paucifloroides*, *Scirpus atroviroides* и *Ranunculus sceleratoides* относятся к транзитным видам, проходящим через весь ранний и средний плейстоцен, некоторые до александрийского (лихвинского) межледниковья включительно. Региональные экзоты, к которым относятся *Selaginella selaginoides*, *S. helvetica*, *Larix* и *Potamogeton vaginatus*, распространены в плейстоцене ещё шире. Сочетание всех перечисленных экзотов постоянно встречается во флоре борковского (первого беловежского) и корчѣвского межледниковья и лишь *Scirpus atroviroides* известен в могилѣвском межледниковье.

Группа древесных и кустарниковых растений, представленная *Juniperus*, *Larix*, *Pinus*, *Betula alba*, *B. cf. humilis*, *Betula* sp. и *Rubus idaeus*, относится к наиболее распространѣнным во всѣм плейстоцене. Таким образом, следует признать, что с помощью лишь палеокарпологического анализа в данном случае невозможно определить стратиграфическую позицию флоры.

Условия залегания отложений, из которых происходит семенная флора, несколько проясняют ситуацию. Эти отложения с семенной флорой стратифицированы на первой морене и заполняют погребѣнную долину реки, тоже первую снизу. Наличие всех моренных горизонтов в данном разрезе четвертичных отложений позволяет предполагать, что первая снизу морена является наревской, как и принято на цитированных геологических профилях.

Подтверждением такой позиции служит полученная Н. А. Махнач спорово-пыльцевая диаграмма торфяника, вскрытого скв. 4 и 1 в отложениях этой погребѣнной долины пра-Березины, врезанной в ледниковые аккумуляции наревского горизонта и вскрывшей девонские породы. Выразительный межледниковый характер отложений с чѣтким «дубовым» оптимумом отражѣн на диаграмме торфяника по скв. 1. Эту диаграмму, единственную из всех на поперечнике полученную из старичной фации аллювия и ближе других отражающей материнские фитоценозы, Л. Н. Вознячук признал коррелятивной диаграммам корчѣвского межледниковья. Ценность этой диаграммы и в том, что Н. А. Махнач сделала видовые определения для пыльцы из оптимума межледниковья (глубина 80,0—80,8 м), пересчитав и определив её в 10 образцах. Эта диаграмма несколько отличается от исходной двухвершинностью оптимума и отсутствием кривой пыльцы граба (до 5 % в исходных спектрах), которая указана в меньшем количестве при описании уточнѣнных спектров. Видимо, в северных районах территории Беларуси в древних межледниковых грабах был менее распространѣн, чем на западе и юго-западе региона, что характерно и для современной флоры.

Не вдаваясь в подробности, мы признаѣм, что подобной палинологической характеристикой обладает оптимум двух межледниковий среднего плейстоцена — корчѣвского и могилѣвского, при этом не забываем о явлении рекуррентности, когда на разных стратиграфических уровнях возможно появление сходных комплексов организмов. Однако

семенная флора этих межледниковий весьма существенно различается, и принять флору скв. Лп-6 за аналог флоры верхнего межледниковья беловежской серии — могилёвского — нет оснований [6]. Условия залегания и полнота изученного разреза в верховьях пра-Березины также не позволяют помещать отложения могилёвского межледниковья — третьего в среднем плейстоцене — в основание толщи гляциоплейстоцена, на древнейшую морену, в самый древний здесь аллювиальный врез, а на основании палеокарпологических и палинологических материалов обязывает принять корчёвский возраст нижней линзы аллювиальных отложений. Таким образом, у д. Верхнее Березино существует разрез корчёвского межледниковья, который имеет согласованную характеристику по пыльце и семенной флоре.

1. Вознячук Л. Н. Основные стратиграфические подразделения четвертичных отложений // Матер. по стратиграфии Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1981. С. 137—152.
2. Вознячук Л. Н. Проблемы гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины // Проблемы плейстоцена. Минск: Наука и техника, 1985. С. 8—55.
3. Комаровский М. Е. Минская и Ошмянская возвышенности. Минск: ИГН АН Беларуси, 1996. 128 с.
4. Махнач Н. А., Цапенко М. М. Новые данные о межледниковых отложениях в верховьях Березины (Днепровской) // Палеонтология и стратиграфия БССР. 1966. Вып. 5. С. 328—336.
5. Цапенко М. М., Махнач Н. А. К стратиграфии антропогенной толщи в долине Березины // Палеонтология и стратиграфия БССР. 1966. Вып. 5. С. 248—327.
6. Якубоўская Т. В. К вопросу о возрасте корчёвского межледниковья // Літасфера. 2006. № 2 (25). С. 155—158.

Т. А. Янина, А. А. Свиточ, Д. С. Хомченко

Московский государственный университет

МОЛЛЮСКИ РОДА *DIDACNA* — БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА КОРРЕЛЯЦИИ СОБЫТИЙ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ПОНТО-КАСПИЯ

Введение. Стратиграфическое расчленение и палеогеографические реконструкции неоплейстоцена Понто-Каспия во многом основаны на фаунистическом составе отложений. Изучение особенностей и закономерностей пространственно-временного распространения раковин моллюсков в разрезе неоплейстоцена показало, что малакофауна представляет сложную иерархическую систему фаунистических сообществ разного таксономического состава и ранга: фаун, комплексов, подкомплексов и ассоциаций, выделенных согласно строго определённым критериям и составляющих основу стратификации морского неоплейстоцена и палеогеографических реконструкций бассейнов. Представители рода *Didacna* Eichw., играющие ключевую роль в стратиграфических и палеогеографических построениях для Каспия, использованы в Черноморском регионе и в Маньчжурской депрессии. Использование видов одного рода для составления трёх региональных биостратиграфических схем имеет большое значение для корреляции отложений и событий Понта и Каспия.

Материал и методы. Материал собран авторами за многие годы полевого и лабораторного изучения неоплейстоценовых отложений и малакофауны Понто-Каспия. Исследованиями охвачены все побережья и ряд морских скважин Каспия, Маньчжурская депрессия, Таманский и Керченский полуострова, побережье и шельф Болгарии, частично кавказское побережье Понта. Основным методом исследования — малакофаунистический, включающий изучение состава, тафономии, биостратиграфического распределения, исторического развития, филогении, биогеографии моллюсков. Первостепенное внимание уделено руководящим для Каспийского моря и эндемичным для Понто-Каспия солоноватоводным моллюскам рода *Didacna*, особенностью которого является быстрое эволюционное развитие на видовом и подвидовом уровне. Для контроля результатов использован сопряжённый метод (взаимодополняющее и контролирующее комплексное использование результатов геоморфологического, литологического, фациального, палинологического, диатомового, микрофаунистического, геохронологического и других анализов) изучения новейших отложений и реконструкции событий.

Результаты исследований. Основу неоплейстоценовой малакофауны Каспия составляют моллюски рода *Didacna* (74 вида и подвида). Представители других родов и семейств являются сопутствующими видами широкого временного диапазона. Установленные фаунистические группировки разного таксономического состава и ранга, отвечающие палеогеографическим событиям разного иерархического уровня, явились основой для биостратиграфического расчленения каспийского неоплейстоцена. В своём распределении по разрезу дидакны образуют фауны: бакинскую, урунджикскую, раннехазарскую, позднехазарскую, хвалынскую и новокаспийскую, являющиеся биостратиграфической основой для выделения одноименных горизонтов. В их составе установлены фаунистические комплексы и подкомплексы — биостратиграфическая основа для подгоризонтов и слоёв.

Морские неоплейстоценовые отложения Понта содержат раковины моллюсков, представляющие разновозрастные фауны, основу которых составляют моллюски разных экологических групп: пресноводной, солоноватоводной и морской. Выделены фауны: солоноватоводная чаудинская, смешанная солоноватоводно-морская эвксино-узунарская, морская карангатская, солоноватоводно-морская новозэксино-черноморская, отражающие крупные палеогеографические эпохи в развитии Понта и составляющие биостратиграфическую основу для горизонтов региональной стратиграфической схемы. Так же, как и для каспийских фаун, установлен ранг составляющих их фауни-

стических группировок (комплексы, подкомплексы), представляющих биостратиграфическую основу для подгоризонтов и слоёв.

Биостратиграфическая схема плейстоцена Понта показывает, что моллюски рода *Didacna* заключены практически во всех его подразделениях. Они являются руководящими или характерными видами для горизонтов и подгоризонтов, представляющих отложения бассейнов каспийского типа — чаудинского и эвксино-узунларского, охватывающих нижний и средний неоплейстоцен, и являются надежной основой для корреляции отложений Каспия и Понта. Верхнелепестовые горизонты и подгоризонты содержат дидакны в ограниченном количестве, но это не умаляет их важнейшей стратиграфической и корреляционной роли. Дидакны Понта представлены 32 видами и подвидами черноморского и каспийского происхождения (таблица).

Таблица — Фауны, фаунистические комплексы и подкомплексы неоплейстоцена Понта и содержание в них дидакны

Виды (подвиды)	Происхождение*	Фауны, фаунистические комплексы, подкомплексы																	
		ch					eu-uz					kg			ne-č				
		ch ₁		ch ₂			deu		uz		ash		kg		th	neu		č	
		ch ₁ ¹	ch ₁ ²	ch ₂	b	krd	eu ₁	puz	eu ₂	uz	eu ₃	ash	tb	kg		neu ₁	neu ₂	dč	nč
<i>D. pseudocrassa</i>	Ч																		
<i>D. baericrassa</i>	Ч																		
<i>D. supsae</i>	Ч																		
<i>D. guriensis</i>	Ч																		
<i>D. tamanica</i>	Ч																		
<i>D. olla</i>	Ч																		
<i>D. parvula</i>	К																		
<i>D. rudis rudis</i>	К																		
<i>D. r. subvulgaris</i>	К																		
<i>D. rudis euxinica</i>	К																		
<i>D. carditoides</i>	К																		
<i>D. catillus</i>	К																		
<i>D. catil. devexa</i>	К																		
<i>D. catillus-rudis</i>	К																		
<i>D. eulachia</i>	К																		
<i>D. lindleyi derupta</i>	К																		
<i>D. pallasi</i>	К																		
<i>D. subpyramidata</i>	К																		
<i>D. borisphenica</i>	Ч																		
<i>D. pontocaspia</i>	Ч																		
<i>D. pont. tanaitica</i>	К																		
<i>D. uzunlarica</i>	Ч																		
<i>D. tschepalygae</i>	Ч																		
<i>D. poratica</i>	Ч																		
<i>D. raricostata</i>	Ч																		
<i>D. akchaena</i>	Ч																		
<i>D. nalivkini</i>	К																		
<i>D. ex gr. protracta</i>	К																		
<i>D. subprotracta</i>	К																		
<i>D. ultima</i>	Ч																		
<i>D. subcatillus</i>	К																		
<i>D. symmetrica</i>	К																		
<i>D. ex gr. crassa</i>	К																		
<i>D. danubica</i>	Ч																		
<i>D. cristata</i>	К																		
<i>D. ex gr. ebersini</i>	К																		
<i>D. moribunda</i>	К																		

* — Ч — виды черноморского происхождения; К — каспийского происхождения.

В составе и распространении каспийских видов дидакны в отложениях Понта выдержана закономерность: отбор северокаспийских форм, способных мигрировать через Манычский пролив, и их приуроченность к районам, подверженным влиянию каспийских вод. Присутствие каспийских видов дидакны в неоплейстоценовых бассейнах Понта свидетельствует о сбросе в них каспийских вод по Манычскому проливу.

Обобщение малакофаунистических материалов из неоплейстоцена Маныча подтверждает этот вывод. В отдельные его периоды каспийские моллюски мигрировали по Манычскому проливу в черноморские бассейны. Со-

гласно имеющимся на сегодняшний день материалам по положению и малакофаунистическому содержанию отложений Манычской долины, в неоплейстоцене отмечается шесть эпох открытия пролива: в раннем неоплейстоцене — в позднебакинскую эпоху; в среднем — дважды в раннехазарскую эпоху; в позднем неоплейстоцене — в позднехазарскую (гирканскую) и дважды в раннехвалынскую эпохи.

Массовое проникновение каспийской фауны и широкое её расселение в черноморских бассейнах произошло в раннем и среднем неоплейстоцене. Каспийские моллюски входят в основной состав чаудинской и эвксино-узунларской фаун, являясь образующими видами для её солоноватоводных комплексов и подкомплексов (позднечаудинского, древнеэвксинского и эвксинского). В составе полуморских подкомплексов они имеют подчиненное значение. Это был крупный продолжительный этап развития каспийских моллюсков в Понте. Завершился он с развитием морской карангатской трансгрессии, сократившей распространение каспийских моллюсков до минимума, территориально ограничив их устьевыми зонами крупных рек.

Второй этап развития каспийской малакофауны был очень непродолжительным: в результате сброса вод позднехазарской (гирканской) трансгрессии в регрессирующий карангатский бассейн ограниченное распространение в нём получили её характерные виды дидакн. Дидакны, входящие в состав карангатской фауны, имеют разное происхождение: (1) эвксино-узунларские виды (*Didacna pontocaspia*, *D. borisphenica*), пережившие карангатское осолонение в опресненных участках бассейна; (2) каспийские виды (*Didacna cristata*, *D. subprotracta*, *D. subcatillus*), проникшие с гирканскими водами вслед за отступающим карангатским бассейном и заселившие его очень ограниченные участки. Очевидно, что каспийская группа дидакн в возрастном отношении более поздняя, она характеризует заключительную (тарханкутскую) стадию развития карангатского моря. Со значительным опреснением бассейна в эпоху новозэвксинской регрессии все дидакны вымерли.

Третий этап развития каспийских моллюсков — это их распространение в результате сброса вод раннехвалынской трансгрессии в новозэвксинский водоём. Важная особенность новозэвксинского фаунистического комплекса — почти полное отсутствие среди его солоноватоводных элементов представителей рода *Didacna*, широко распространённых в солоноватоводных фаунах раннего и среднего плейстоцена. Поэтому так важны находки Н. И. Андрусовым в новозэвксинских осадках раковин *Didacna moribunda*, идентичных *Didacna ebersini* — руководящему виду хвалынской фауны (раннехвалынский комплекс) Каспия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 11—05—00093 и 12—05—31281).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Г. В. Бельская, В. А. Левданская

Белорусский национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

В результате техногенного загрязнения во всем мире происходит сокращение площадей плодородных земель. Актуальна эта проблема и для Республики Беларусь. В Республике Беларусь результатом эксплуатации почв являются: деградация (нарушение целостности) в районах добычи полезных ископаемых шахтным или карьерным способами; широкомасштабное загрязнение продуктами техногенеза; минерализация (опустынивание) вследствие осушительной мелиорации.

Ущерб почвенным ресурсам могут наносить чрезвычайные ситуации, возникающие на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, транспорте или при выполнении другой хозяйственной деятельности — это аварийные разливы токсических веществ, в первую очередь, нефтепродуктов. Разливы нефтепродуктов также имеют место при прорывах нефтепроводов.

При технологических процессах добычи, хранения и транспортировки нефти в почву попадает огромное количество нефтепродуктов, которые распространяются на значительные расстояния, загрязняя поверхностные и грунтовые воды. Ежегодные мировые затраты на очистку и восстановление почвы от загрязнений углеводородами (т. н. рекультивацию) составляют десятки миллиардов долларов [1]. Обычно потери нефти и нефтепродуктов при добыче и переработке нефти составляют 1—2 %, для Беларуси эта цифра колеблется в пределах 20—30 тыс. т/год. По другим оценкам, только при переработке нефти в почву просачивается 1,5 % общего объема горючего. В грунтах вокруг многих нефтеперерабатывающих заводов за десятилетия их работы накопилось огромное количество нефти и нефтепродуктов — иногда это сотни тысяч тонн. Осложняет проблему загрязнения почв, особенно в городах и зонах их влияния, разливы углеводородного топлива на автозаправочных станциях (АЗС).

При решении экологических проблем, связанных с разливами нефтепродуктов, следует учитывать тот факт, что естественное восстановление плодородия почв от загрязнения этой группой поллютантов происходит значительно медленнее, чем при других техногенных загрязнениях вследствие подавления жизнедеятельности большинства микроорганизмов.

В связи с вышеизложенным, актуальной является задача своевременного и точного (объективного) определения параметров загрязнения почвенных территорий. Существующие (традиционные) методы определения параметров загрязнения почв, основанные на экспедиционных обследованиях, отборах почвенных проб и последующих лабораторных физико-химических анализах, достаточно долгосрочны и дорогостоящи, а также требуют применения специального оборудования и реактивов [3]. Чаще всего для мониторинговых исследований используют метод жидкостной хроматографии. Проведение таких исследований требует специальной подготовки высококвалифицированного персонала. В связи с этим, перспективным является экспресс-метод биоиндикации почв, который позволяет предварительно определить наличие (или отсутствие) загрязнения, тем самым сокращая применение дорогостоящих методов при установлении отсутствия загрязнения, либо слабого уровня загрязнения почв. Достоинствами метода является его относительная простота исполнения, доступность химреактивов, высокая точность, позволяющая корректно установить степень загрязнения и определить класс его опасности.

Метод предназначен для определения класса опасности загрязнения почв в лабораторных условиях при использовании в качестве тест-объекта комплекса микроорганизмов, содержащихся непосредственно в почвенных пробах. Метод имеет широкий спектр применения в организациях и на предприятиях, осуществляющих контроль техногенного загрязнения объектов окружающей природной среды. По результатам определения биологической активности устанавливается класс опасности почв [2]. Установление класса опасности почв при загрязнении её нефтепродуктами основано на определении изменения биологической активности под влиянием содержащихся в ней токсичных веществ, по сравнению с контрольной (чистой) пробой. В качестве контрольной пробы используют образцы чистой глины. Показателем биологической активности испытуемых и контрольных образцов является средорегулирующая активность, о которой в данной методике судят по количеству выделяющегося в присутствии глюкозы углекислого газа (CO_2).

Количественное определение средорегулирующей активности испытуемых и контрольных проб проводят на основе измерений интенсивности выделения пробами почв и контрольных субстратов углекислого газа (CO_2) после внесения в пробы одинакового количества глюкозы (1 % от массы сухой пробы), которая интенсивно окисляется микроорганизмами. Измерение концентрации выделившегося углекислого газа производят путём его поглощения раствором гидроксида Na с последующим титрованием этого раствора серной кислотой в присутствии индикатора фенолфталеина. Измерения проводят ежедневно через каждые 24 ч в течение нескольких дней в зависимости от

скорости и интенсивности потребления микроорганизмами глюкозы. Определения выделившегося CO_2 прекращают после прохождения пика активности (выделения максимального за все сроки наблюдений количества CO_2).

Цель наших исследований заключалась в определении класса опасности загрязнения почв нефтепродуктами на АЗС. Объектом исследования была выбрана АЗС по ул. Долгиновский тракт г. Минска. Образцы почв отбирали с помощью специального бура методом конверта. Вариантами опыта служили образцы почв, отобранные: 1) с поверхности, вблизи емкости для слива отработанного масла; 2) с глубины 20 см, вблизи емкости для слива отработанного масла; 3) с поверхности, на расстоянии 100 м от АЗС; 4) с глубины 20 см, на расстоянии 100 м от АЗС; 5) чистая глина (контрольная проба). До проведения основного опыта определяли относительную влажность отобранных проб, которая необходима для расчёта коэффициента перерасчёта на сухую навеску.

Далее определяли активность дыхания микроорганизмов по количеству выделившегося CO_2 при окислении глюкозы по вариантам опыта. В каждой серии опытов обязательно выполняли т.н. холостое определение CO_2 , т. е. определяли количество углекислоты, содержащейся в бюксах без навески почвы. Во всех вариантах опыта объём H_2SO_4 , использованной на холостое титрование, составил 21 мл. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Динамика выделения углекислого газа по дням опыта

Варианты опыта	Дни опыта	Кол-во H_2SO_4 (мл), использованное на титрование	Кол-во CO_2 (мг/100 г сухой почвы, сутки)
1	1	13,5	200,5
	2	12,3	232,6
	3	10,3	270,1
	4	11,3	259,4
2	1	14,0	179,6
	2	11,6	241,1
	3	10,0	282,1
	4	11,4	246,2
3	1	14,3	168,5
	2	12,0	226,4
	3	11,0	259,5
	4	11,3	251,4
4	1	12,5	211,4
	2	10,1	251,1
	3	9,0	298,4
	4	10,0	273,5
5	1	13,1	243,2
	2	10,5	323,2
	3	9,7	347,8
	4	10,1	335,5

Как видно из полученных данных, максимальное количество выделившейся углекислоты наблюдалось на третий день эксперимента по всем вариантам. После четвёртого дня измерений, когда интенсивность дыхания микроорганизмов падала, проведение опыта прекращали.

Максимальное количество выделившейся углекислоты в сутки (по всем вариантам опыта — это третьи сутки) позволяет вычислить степень угнетения почвенной микрофлоры и, соответственно определить класс опасности загрязнения почвы нефтепродуктами. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Классы опасности загрязнения почвы нефтепродуктами по степени снижения микробиологической активности

Вариант	Степень снижения микробиологической активности, %	Класс опасности	Примечание
1	22,3	IV	Изменения обратимые
2	18,9	V	
3	25,4	IV	
4	14,2	V	

Как следует из полученных результатов, степень угнетения почвенной микрофлоры отличается по почвенным горизонтам — она меньше на глубине 20 см (2 и 4 вариант) — 18,9 % и 14,2 %, и сильнее на поверхности (1 и 3 вариант) — 22,3 % и 25,4 %. Класс опасности загрязнения — соответственно V и IV. Это говорит о том, что нефтепродукты не проникли в нижний горизонт, а концентрировались на поверхности в виде дисперсной плёнки. Различия в микробиологической активности проб, отобранных с поверхности почвы, не обнаружены.

Обратимые изменения в почвах, загрязнённых нефтепродуктами, дают основания для поиска и применения соответствующих средств — деструкторов нефти с целью дальнейшей их рекультивации. Имеется положительный практический опыт по применению препаратов «Биоойл-Север», «Биоойл-АА», «Биоойл-Юг», которые содержат

ассоциации микроорганизмов в высоких концентрациях [4]. Предварительные работы по ремедиации нефтезагрязнённых земель показали, что несомненным достоинством препаратов является их применение без вспашки или фрезерования. При этом не разрушается микрорельеф местности, не требуется применение специальной техники, не нарушаются сложившиеся биогеоценозы.

1. Бельская В. А., Левданская В. А. Использование метода биоиндикации для определения класса опасности загрязнения почв нефтепродуктами // Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых. Минск: БНТУ, 2012. С. 331—336.
2. Методика определения класса опасности буровых шламов. Санкт-Петербург: Университет, 2004. 22 с.
3. Реестр методик выполнения измерений в области экологического контроля. БелНИЦ «Экология». М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды. СТБ 1126—98. Минск: 2004. 12 с.
4. Терещенко Н. Н., Лушиков С. В., Пышьева Е. В. Рекультивация нефтезагрязнённых почв // Экология и промышленность России 2002, С. 17—20.

Ю. А. Гледко¹, О. Д. Лялюйко², О. В. Васнева²

¹ Белорусский государственный университет

² Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И ЛИТВЫ

Вопрос совместного изучения состояния подземных вод на приграничной территории Беларуси и Литвы весьма актуален. Во-первых, этому во многом способствуют схожие природные условия стран, мало отличающиеся благодаря компактности территории: равнинная гипсометрия, влияние ледника на рельеф и стратиграфию, современные флористические и фаунистические условия. Во-вторых, общность исторического развития прилегающих территорий: Беларусь и Литва были субъектами одного государства и имели схожие нормативы и плановое направление развития хозяйства, а значит и большие возможности для обмена и накопления информации.

Для качественного изучения состояния подземных вод требуется большой массив данных, исторические сведения, достаточная территория изучения. Также стоит понимать, что подземные воды — природный объект, для которого государственная граница не является преграждающим фактором, т. е. существует абстрактно. Поэтому для полной картины состояния объекта исследований необходимо его изучение по обе стороны этой границы, проводимое схожими методами и в одинаковых классификационных системах. Однако, до сих пор не создано общей базы данных для свободного доступа к ней двух стран. В связи с этим, полноценного обмена информацией не осуществляется, что является неблагоприятным фактором, поскольку уровенный режим и химический состав подземных вод подвержены колебаниям, а значит, для реальной оценки состояния подземной гидросферы приграничной территории и возможного прогнозирования режимные наблюдения должны проводиться в непрерывной динамике.

Пресные подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно, однако, именно северо-западная часть Беларуси является наиболее благоприятной для использования подземных вод в питьевых целях. Это обуславливается их естественной защищённостью, минимумом радиоактивного загрязнения, отсутствием крупных промышленных объектов с вредным производством на большей части территории рассматриваемого участка, наличием охраняемых рекреационных зон различного порядка.

Для оценки экологического состояния подземных вод необходимо расширение режимной сети мониторинга. Кроме стандартного отслеживания показателей подземных вод на своей территории, важно помнить, что преобладающим направлением стока подземных вод является из Беларуси в Литву, а значит, накладывает дополнительную ответственность за состояние естественных водных подземных ресурсов. Кроме государственной границы двух стран, граница между Беларусью и Литвой также является границей Европейского Союза, в котором установлены собственные стандарты. Это, в свою очередь, влияет на схемы размещения различных хозяйственных объектов и складирования отходов.

На приграничной территории Беларуси расположены 3 гидрогеологических поста (г/г поста) — Жупранский, Пашевический и Старорудненский, из которых действующими являются 2 последних. Наблюдения на Жупранском г/г посту были прекращены в 1995 г.; на Пашевическом г/г посту наблюдения велись в 1990—1996 гг. и были возобновлены в сентябре 2011 г. На Старорудненском г/г посту наблюдения ведутся с 1990 г. Учитывая достаточную близость Жупранского и Старорудненского постов, консервация первого не может быть принята как рациональное решение, т. к. Старорудненский пост не оборудован скважинами на водно-ледниковые комплексы дочетвертичных отложений.

Основными и наиболее распространёнными трансграничными водоносными горизонтами (комплексами) являются: водоносные сожский-поозёрский, березинский-днепровский водно-ледниковые комплексы, водоносный альбский и нижнесеноманский терригенный горизонт, водоносный ордовикский и силурийский карбонатный комплекс. Особенностью данного участка является наличие комплекса ордовика и силура, не представленного больше нигде на территории Беларуси. Если рассматривать общую картину размещения трансграничных постов (рисунок), то явно видно насколько она шире представлена в Литве и покрывает всю длину границы, в то время как в Белару-

си сеть мониторинга представлена всего двумя действующими постами, относящимся к трансграничным. Литовская сторона оборудовала трансграничную зону постами, различающимися по способу получения информации. Так здесь представлены телематические, автоматические, стандартные (ручные) гидрогеологические посты.

Граница Беларуси и Литвы проходит по северу Гродненской и западу Витебской обл., в трансграничной территории находятся города Гродно, Вороново, Сморгонь, Поставы, Браслав, Щучин, Ошмяны. Наиболее крупным среди них является Гродно. На небольшом расстоянии от условной границы трансграничной территории распространения водоносных горизонтов находится г. Лида, где производится существенный водоотбор подземных вод. Таким образом, является целесообразным рассмотрение и его, как города влияющего на уровенный и качественный режим подземных вод трансграничной территории. Также в южной части приграничной территории Литвы и Беларуси, находятся вредные предприятия (ОАО «ГродноАзот», Лидский лакокрасочный завод) отрицательно влияющие на окружающую среду, поэтому необходимость в пунктах мониторинга на данной площади вполне обоснована, т. к. трансграничным мониторингом охвачена лишь северная часть приграничной территории.

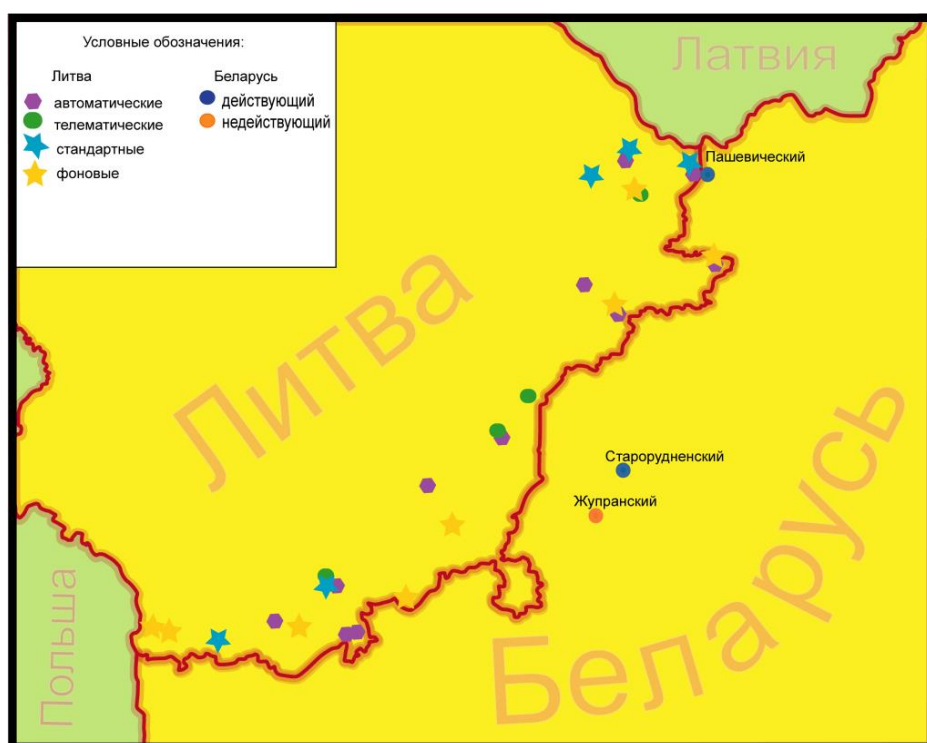


Рисунок — Схема расположения гидрогеологических постов в приграничной зоне Беларуси и Литвы

Кроме того, широкое развитие на данной территории получило сельское хозяйство, которое сейчас невозможно представить без использования удобрений, проникающих в водные объекты.

Трансформация качества подземных вод в условиях антропогенной нагрузки наиболее полно может быть оценена с помощью экологических индикаторов устойчивости качества подземных вод. Эти индикаторы являются основой комплексной оценки качества подземных вод и отражают всё многообразие связей подземной гидросферы с другими компонентами окружающей среды в широком временном интервале.

В ходе работы был изучен гидрохимический режим подземных вод в естественных (гидрогеологические посты), так и нарушенных эксплуатаций (водозаборы) условиях. Целями данной работы являлось: гидрогеохимический анализ подземных вод как естественных (гидрогеологические посты), так и нарушенных эксплуатаций (водозаборы) условиях, сравнить полученные гидрогеохимические результаты с нормативами установленными на территории Беларуси (СанПин 10-124 РБ 99) и европейскими стандартами. Для решения поставленных задач на первом этапе исследований были проанализированы гидрогеохимические данные по г/г постам (Старорудненский, Пашевичский) и водозаборам г. Гродно (Пышки, Гожка, Чеховщина) и г. Лида (Дубровня, Боровка). При этом были использованы данные базы данных «Подземные воды Республики Беларусь», зарегистрированной в Государственном регистре информационных ресурсов от 07 марта 2008 г. № 0870800076, разработчиком которой является Государственное предприятие «БелНИГРИ», авторы: К. А. Курило, О. А. Березко, О. В. Васнева, Е. М. Черевач, О. А. Буйневич. На втором этапе исследований выполнено сравнение полученных гидрохимических данных относительно их ПДК по стандартам ЕС.

Установлено, что на данной территории наблюдается повышенное содержание нитритов в воде. Однако это превышение оценивается согласно нормам питьевого стандарта ЕС равного 0,05 мг/л, в то время как для Беларуси (как и, например, для России) такая концентрация не является превышающей ПДК, установленной в размере

3,3 мг/л. Кроме того, отмечается загрязнение аммонийным N водоносных горизонтов Гродно, водозабора Дубровня в Лиде. Повышенное содержание Fe отмечено в Старудненском г/г посту и водозаборе Боровка г. Лиды. Таким образом, можно сделать вывод о том, что наличие предприятий с вредным производством действительно наносит урон природной среде и создаёт неблагоприятную экологическую ситуацию, а разность в подходах стандартизации лишь увеличивает разбежку в ответственности за качество вод на близкой к границе территории. Также стоит отметить, что в 35 км от Гродно находится главная бальнеологическая здравница Литвы — Друскининкай, активно использующая ресурсы подземных вод и контролирующая их качество и объём.

В. И. Зуй

Государственное предприятие «БелНИГРИ»

ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ, ОХРАНА КЛИМАТА И ТЕНДЕНЦИИ В ВЫРАБОТКЕ ЭНЕРГИИ В ЕВРОПЕ И В МИРЕ

В последние десятилетия на путь интенсивного экономического развития вступили либо вступают многие страны Азии, Африки, Латинской Америки. При этом растущая экономика мира с целью повышения жизненного уровня населения требует развития промышленности, развития инфраструктуры, механизации сельскохозяйственного производства. Это, прежде всего, связано с растущим спросом на энергоресурсы — выработки электроэнергии, отопления зданий и сооружений промышленного и жилищного секторов, а в странах с жарким климатом — и хладоснабжения, включая кондиционирование промышленных, служебных и жилых помещений. К названным потребителям следует добавить многочисленные применения электрической и тепловой энергии в широком диапазоне различных производственных процессов. Другими словами, мировой спрос на энергию неуклонно увеличивается. Например, в Европе использование энергии на отопление составляет 47 % от общего её потребления [12].

Основными энергоносителями до недавнего времени являлись, и являются до наших дней, нефть и нефтепродукты, природный газ, каменный уголь. Сжигание их на электростанциях и в котельных, а также — на транспорте привели к постоянно возрастающему негативному воздействию на воздушный бассейн планеты.

Использование каменного угля приводит к наибольшему загрязнению окружающей среды. Так, например, Правительство Финляндия явилась первой страной Евросоюза, решившей отказаться от его использования к 2025 г. для выработки энергии. Вместо этого решено сделать упор на инвестиции в использование ресурсов возобновляемой энергетики с применением льготирования за счёт правительственных субсидий и такс. В настоящее время страна импортирует около 5 млн т угля из России и Польши. Уже в первой половине 2012 г. этот импорт сократился на 39 %. По сравнению с предыдущим годом [7].

Выброс в атмосферу огромного количества углекислого газа привел к ощутимому развитию парникового эффекта. Парникового. Известно, например, что CO₂, наряду с метаном способствуют потеплению климата. В последние десятилетия в ряде стран мира наметилась устойчивая тенденция в освоении возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, солнца, ядерной и геотермальной энергии, энергии морских волн, приливов и отливов, а также — использование биомассы.

Потребление нефтепродуктов и природного газа. По данным Норвежской государственной нефтяной компании Statoil, мировое потребление энергии в мире возрастёт до 40 % к 2040 г., а население приблизится к 9 млрд человек. При этом мировой спрос на нефть возрастёт к 2030 г. достигнет пика — приблизительно до 100 млн баррелей/день, при этом потребление природного газа и возобновляемых энергоресурсов будет занимать всё большую долю. Хотя газ и рассматривается как «топливо будущего», нефть будет играть значительную роль в энергетическом балансе мира. При этом доля ископаемого топлива снизится с 81 до 73 % к 2040 г. [2]. Полагают, что мировой спрос на энергию замедлится при среднегодовом росте 1,1 % с 13 млрд т условного топлива (т. у. т) в 2010 г. до 18 млрд т. у. т. к 2040 г., при этом в ближайшие 30 лет рост в среднем составит 2,8 % с его постепенным снижением к 2040 г. В растущих экономиках Китая и Индии с ростом потребления энергии и в 2040 г.

Выброс парниковых газов. С 1992 по 2010 гг. произошел рост выброса в атмосферу углекислого газа на планете в 48 % или 31,8 млрд м³ С в 2010 г., согласно данным Администрации US EIA (Energy Information Administration), занимающейся подготовкой статистики для Правительства США [3]. Наибольшие выбросы углекислого газа даёт Китай, начиная с 1992 г. они увеличились на 240 %, или ¼ мировых. Продолжается их рост от США несмотря на переход от использования каменного угля к сланцевому газу.

В Евросоюзе поставлена задача — снизить к 2020 г. выброс CO₂ на 20 % по сравнению с уровнями 1992 г. (т. н. план 20—20—20), увеличив долю возобновляемых источников в энергобалансе к уровню 1990-х годов и улучшив энергоэффективность на 20 % по сравнению с уровнем 2005 г.

Германия поставила задачу снизить выброс парниковых газов на 40 % к 2020 г. от уровня 1990 г. за счёт использования возобновляемых энергоресурсов. Прогнозируется, что за их счёт будет вырабатываться около 35 % от потребности страны в энергии [9].

Возобновляемые энергоресурсы. Эксперты считают, что США к 2050 г. могут обеспечить около 80% выработки потребного электричества за счёт использования возобновляемых энергоресурсов — геотермальной, солнечной,

ветровой энергии, а также — энергии волн [2]. Это приведёт в резкому снижению выброса парниковых газов в атмосферу.

Достижение поставленной цели потребует строительства ветрогенераторов мощностью 439 ГВт в стране по сравнению с 50 ГВт, действующими в настоящее время, либо прироста 10 ГВт/год (2 500 — 3 000 турбин/год). Не предвидится осложнений, для того чтобы достичь 50 % выработки в стране электроэнергии к 2 050 г. за счёт возобновляемых энергоресурсов.

Тенденции в использовании солнечной энергии. В мае 2012 г. за счёт использования солнечных батарей увеличилась доля выработки электроэнергии в 10 % от её суммарного потребления в стране. При этом по данным Немецкой Ассоциации солнечной промышленности (BSV) в 2012 г. было установлено 1,3 млн систем с солнечными батареями, что позволило прирост выработки приблизительно на 40—45 % по отношению к маю 2011 г., по сравнению с маем 2011 г. максимальная выработка достигла 2,6 млрд кВтч. С января по май 2012 г. Выработка «солнечной» электроэнергии составила 10,5 млрд кВтч (в 2011 г. — 7,6 млрд кВтч). Быстрый годовой прирост в её выработке был вызван развитием сети установленных солнечных батарей и обилием солнечных дней в мае 2012 г [1, 12]. Германия увеличила в 4 раза эту выработку за истекшие 3 года. Цены на выработанную энергию возросли с января 2013 г. с 3,6 до 5,3 Евроцента за 1 кВтч. По данным BSV в настоящее время за счёт солнечных панелей вырабатывается 5 % от общего потребления, планируется, что эта доля возрастет до 10 % к 2020 г. и до 20 % к 2030 г.

Тенденции в использовании энергии ветра. Европейская Ассоциация по энергии Ветра (EWEA) прогнозирует, что мощность ветротурбин, установленных на акваториях, может возрасти с 4 ГВт в настоящее время до 150 ГВт к 2030 г., что позволит выработать около 14 % потребности ЕЭС в электроэнергии. Это потребует инвестиций в 10,4 млрд € до 2020 г и их увеличения до 17 млрд € к 2030 г. Это позволит уже к 2020 г. увеличить установленную мощность ветрогенераторов до 40 ГВт. В настоящее время в Европе сооружаются ветроустановки на шельфе мощностью 5,6 ГВт в Великобритании, Германии и Бельгии [4]. Европа является лидером в этом виде ветрогенераторов (99 % от мировых действующих установок на шельфе). При этом ветрогенераторы на суше могут эффективно работать порядка 25 % времени в году, тогда как такие же установки на шельфе более эффективны (около 40 % в году).

В сентябре 2012 г. EWEA сообщила о достижении Евросоюзом 100 ГВт ветрогенераторных установок. Это позволяет обеспечить около 57 млн семейных домов и что потребовалось 20 лет чтобы достичь первых 10 ГВт, но всего 13 лет чтобы добавить ещё 90 ГВт, а половина из действующих установок была создана за последних 6 лет. Выработка такого количества электроэнергии потребовала бы сжигания 72 млн т. Каменного угля, что привело бы к выбросу в атмосферу более 200 млн т CO₂, или 42,4 млн м³ природного газа, при этом, соответственно, выделилось бы около 100 млн т. CO₂. Ветроустановки мощностью 100 МВт могут выработать такое же количество электричества в год как 62 электростанции на угле, или как 39 атомных станций или как 52 станции на природном газе [5]. За последние 30 лет мощность ветротурбин возрасла в 400 раз. Наибольшие из ветропарков составляют: 400 МВт в море возле Anholt в Дании; 48 МВт в ветропарке Linovo в Польше; 12 МВт в Ausumgaard в Дании; 7,2 МВт на острове Крит, Греция.

Согласно исследованиям, проведённым Джекобсоном (Mark Z. Jacobson) и Арчер (Cristina Archer), потенциал ветра огромен. Они показали, что строительство 4 млн турбин на высоте 100 м при мощности каждой 5 МВт позволит выработать 7,5 Тераватт, это достаточно чтобы обеспечить половину мирового спроса в 2030 г. [6].

Атомная энергия. После аварии на атомной электростанции Фукусима Германия приняла решение о постепенном выводе из эксплуатации ядерных реакторов, что даст потерю около 12,7 ГВт мощностей. Несмотря на инвестиции в развитие возобновляемой энергетики этот разрыв может быть заполнен за счёт использования угля и природного газа.

Поскольку импорт газа обходится дороже, то планируется построить несколько электростанций на угле мощностью 10,7 ГВт, а на природном газе — 1,7 ГВт. Выработка электроэнергии на угле стоит более 16 €/МВтч и это дешевле, чем использовать газ. По этой причине энергетические компании E.ON и норвежская Statkraft предлагают закрыть несколько электростанций на газе в Германии, однако всё зависит от колебания цен на газ в ближайшие годы [7].

Геотермальная энергия. Наиболее полная сводка по использованию геотермальной энергии в мире содержится в [13]. Уже в 2007 г. в мире действовало около 1,6 млн геотермальных установок, и увеличение их количества продолжается. К 2008 г. в мире установленная мощность геотермальных станций и установок достигла 40 ГВт. К 2010 г. прямое использование геотермальных ресурсов (отопление, горячее водоснабжение, все виды сушки, плавающие бассейны с подогреваемой водой и т. п.) уже велось в 78 странах мира при суммарной установленной мощности геотермальных установок до 50 ГВт. К 2015 г. ожидается увеличение мощностей по выработке тепла до 250 ТВт/год. При этом теплонасосными установками выработано около 30 % от этого количества. Ежегодно их установленная тепловая мощность увеличивается приблизительно на 12 %. Масштабы использования подземного тепла в странах Евросоюза существенно различаются от страны к стране. Наибольших успехов добились Германия, Франция, Австрия и Нидерланды, где также планируется быстрый рост в освоении этого природного источника тепла на ближайшие годы, тогда как эти темпы остаются сравнительно невысокими в Болгарии, Бельгии, Румынии, Великобритании.

Краткие сведения о состоянии работ по использованию возобновляемых источников энергии в Беларуси. Важное место в энергетическом балансе страны составляет импортируемый из России природный газ. Только За

январь—май 2012 г потребителям страны было поставлено 9,2 млрд м³ газа, потребление электроэнергии составило 16,3 млрд кВтч, из них за счёт собственного производства — 13,3 млрд кВтч и за счёт импорта — 3 млрд кВтч [10].

Цена на границе на российский газ составила 165,6 \$US за 1000 м³. "Это ниже среднегодового уровня 2011 г., когда цена сложилась на уровне 263,5 доллара. Практически это в 2 раза ниже прогнозировавшейся ранее на 2012 г. цены — 330—340 \$US за 1000 м³.

Зависимость от импорта энергоресурсов привела к необходимости строительства атомной электростанции. Расчётами показано, что его завершение приведет к экономии около 5 млрд м³ импортируемого природного газа, одновременно снизится стоимость электроэнергии, а также уменьшится эмиссия CO² на 10,7 млн т/год [11].

Со второй половины 1997 г. в Беларуси начаты работы по использованию низкоэнтальпийной геотермальной энергии для нужд отопления. К настоящему времени в стране действуют оценочно около 100 геотермальных установок с суммарной тепловой мощностью ~5,5 МВт. Они спроектированы на базе тепловых насосов различной мощности и используются для отопления сооружений водопроводно-канализационного хозяйства в Минске, Бресте, Речице, Горках, а также — районной больницы в Несвиже. Часть установок используется для отопления объектов коттеджного строительства и других объектов. Республика находится в начале пути по использованию энергии ветра, в настоящее время действуют лишь единичные ветроустановки. Имеется биогазовая установка. Главным образом в сельской местности используется биомасса (в основном — дрова) для отопления жилых и производственных помещений. Солнечные панели не получили достаточного распространения как для выработки электроэнергии, так и отопления помещений.

1. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9066&trydf=>. Accessed 14.06.2012.
2. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9154&trydf=>. Accessed 22.06.2012.
3. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9202&trydf=>. Accessed 30.06.2012.
4. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=7409&trydf=root> Accessed 06.2012.
5. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9981&trydf=>. Accessed 8.09.2012.
6. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9824&trydf=>. Accessed on 11.09.2012.
7. <http://www.energymarketprice.com/Admin/ETMassMail.asp?Command=ViewMMail&MailID=1555> Accessed on 1.10.2012.
8. <http://www.energymarketprice.com/Admin/ETMassMail.asp?Command=ViewMMail&MailID=1560/> Accessed 3.10.2012.
9. <http://www.energymarketprice.com/SitePage.asp?Command=NewsLetter&ID=9352&trydf=>. Accessed 8.09.2012.
10. <http://news.tut.by/economics/295934.html>. Accessed on 22nd June 2012.
11. <http://www.energymarketprice.com/Admin/ETMassMail.asp?Command=ViewMMail&MailID=1707>. Accessed 4.01.2013.
12. Goldstein B., Hiriat G., Bertani R., et al. Geothermal Energy // IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2011. P. 572—621.
13. <http://www.greenpowerconferences.com/EF/?sSubSystem=Prospectus&sEventCode=GE1212HU&sSessionID=da3f3417228fcc145dcd4e36e07a32a5-10904836>. Accessed 26.06.2012.

Б. И. Коробейников

Институт природопользования НАН Беларуси

САМЫЙ МОЩНЫЙ И ОПАСНЫЙ ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БЕЛАРУСИ

Занимаясь с 2000 по 2005 гг. проблемами региональной оценки техногенного воздействия на пресные подземные воды Беларуси, автор статьи выделил три основных состояния гидрогеологической обстановки на территории республики [1]:

- Близкое к естественному или слабонарушенному режиму подземных вод, не вызывающее каких-либо тревог.
- Нарушенное, требующее проведение экологической разведки и разработки профилактических мер.
- Катастрофическое, приводящее к необратимым изменениям экосистем (в данном случае — в подземной гидросфере).

Катастрофическое состояние подземной гидросферы отмечается в районе г. Солигорска (зона воздействия калийных производств ОАО «Беларуськалий»). Рассмотрим на примере эксплуатации 1—3 рудоуправлений (РУ), почему этот объект является самым мощным и опасным источником загрязнения пресных подземных вод.

Старобинское месторождение калийных солей разрабатывается с 1961 г. На территории 1—3 рудоуправлений расположено три солеотвала и шестнадцать шламохранилищ. Общая площадь территории, где расположены эти сооружения, составляет примерно 13,5 км². Минерализация рассолов, поступающих в процессе производства, достигает до 300—400 г/дм³.

По данным режимных наблюдений за уровнем и качеством пресных подземных вод зоны активного водообмена установлено, что постоянно происходит загрязнение пресных подземных вод. Загрязнение подземных вод от работы шламохранилищ и солеотвалов зафиксировано до глубины 110 м (минерализация пресных подземных вод увеличилась до 110—160 г/дм³), а ореолы засоления пресных вод с минерализацией около 1 г/дм³ распространились на расстояния более 2 км.

Механизм засоления пресных подземных вод в районах развития шламового хозяйства ОАО «Беларуськалий» можно объяснить следующим образом.

На начальной стадии загрязнения происходит субвертикальное движение рассолов в силу того, что плотностной градиент (соответственно и скорость плотностной конвекции) на 1-2 порядка превышает градиент естественного потока подземных вод. В дальнейшем, при достижении кровли относительно водоупорных отложений, загрязнённые воды движутся субгоризонтально, при этом их перемещение (направление, скорость потока) «контролируется» гипсометрией кровли этих отложений, направлением движения естественного (или нарушенного) потока подземных вод, фильтрационными свойствами пород, а также интенсивностью работы шламового хозяйства.

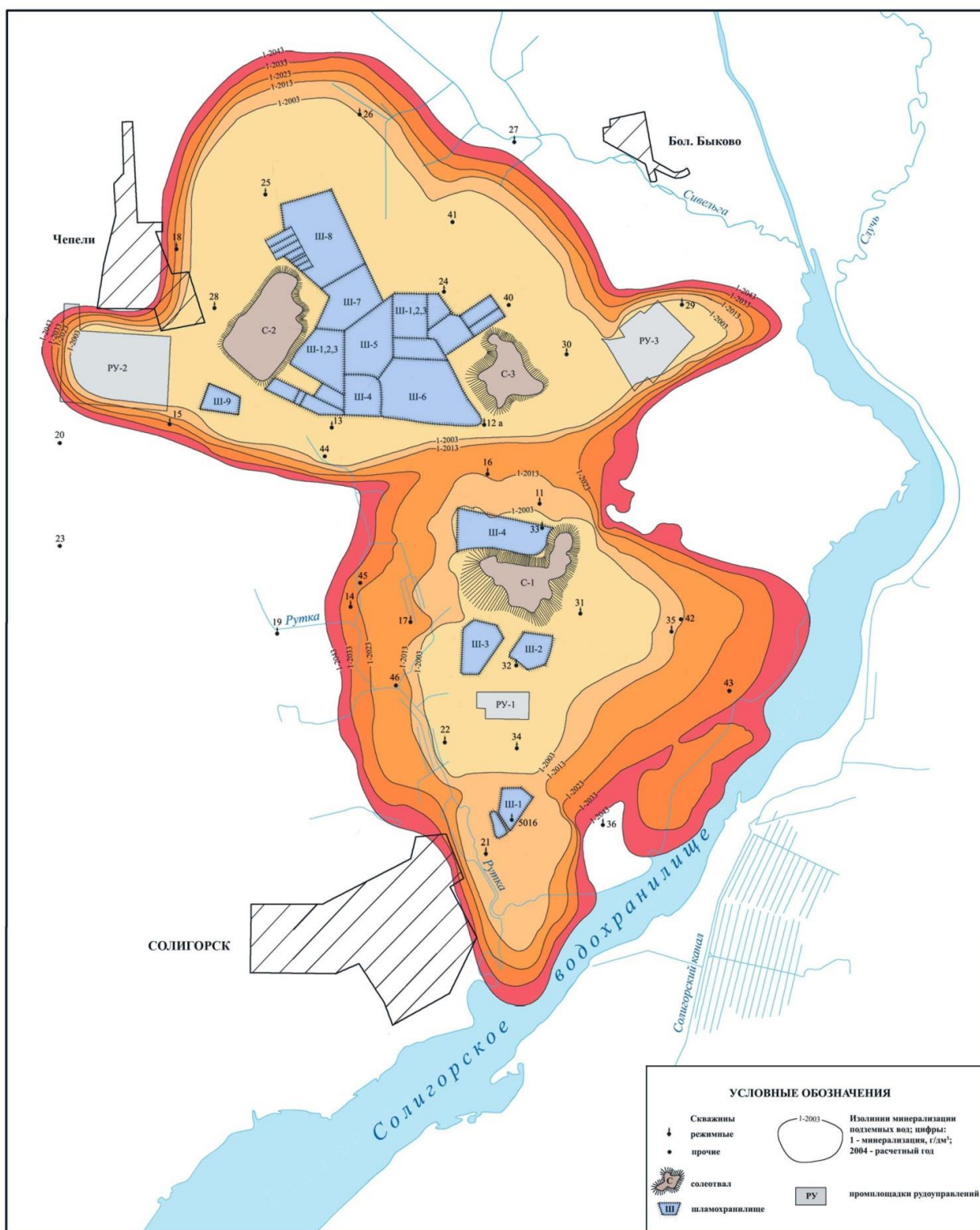


Рисунок — Прогнозная карта распространения ореола засоления пресных подземных вод Березинско-Днепровского водоносного комплекса на участке I—III РУ ОАО «Беларуськалий»

Площадь ореола загрязнения составляет около 38 км², поэтому этот источник загрязнения пресных подземных вод является самым мощным.

Для оценки последствий загрязнения пресных подземных вод от работы шламового хозяйства ОАО «Беларуськалий» автором статьи была разработана математическая модель. Для разработки математической модели проведена схематизация гидрогеологических условий в разрезе и плане. Под схематизацией гидрогеологических условий понимается приведение исходных природных данных к схеме, отражающей особенности залегания, питания, движения и разгрузки подземных вод на исследуемых территориях. Схематизация гидрогеологических условий в разрезе сводилась к расчленению разреза на водоносные горизонты и разделяющие их слабопроницаемые слои. В изучаемой зоне активного водообмена в районах территорий 1—3 РУ в разрезе выделено 5 водоносных горизонтов (комплексов) и 4 разделяющих их слабопроницаемых слоёв.

Выделенные водоносные горизонты (комплексы):

1) грунтовый водоносный комплекс, включающий голоценовые болотный и аллювиальный, поозёрский озёрно-аллювиальный, сожский надморенный флювиогляциальный водоносные горизонты и воды спорадического распространения, приуроченные к сожской морене;

2) днепровский-сожский водноледниковый водоносный комплекс;

3) обобщённый березинский-днепровский и наревский-березинский водноледниковые водоносные комплексы;

4) обобщённый палеоген-неогеновый водоносный комплекс;

5) сеноманский терригенный водоносный горизонт.

Выделенные разделяющие слабопроницаемые слои: 1 — сожский моренный горизонт; 2 — днепровский моренный горизонт; 3 — березинский моренный и неогеновый горизонт; 4 — туронский горизонт верхнего мела.

По всем водоносным горизонтам и разделяющим их слабопроницаемым слоям построены карты горизонтальной и вертикальной водопроницаемости.

Для решения геофильтрационных и геомиграционных задач использовалась программная система «ТОПАС», разработанная в г. Москва в институте ВСЕГИНГЕО.

После отладки математической модели она была адаптирована к природным условиям, путём воссоздания фактических изменений минерализации подземных вод в процессе работы шламового хозяйства. Затем проведены прогнозные расчёты с возможной оценкой загрязнения пресных подземных вод на последующие 40 лет. При прогнозировании изучался характер изменения ореолов засоления через 10, 20, 30 и 40 лет.

По I РУ скорость продвижения фронта засоления (изомин 1 г/дм³) предполагается:

— в днепровском-сожском водоносном комплексе от 2,5 до 6,5 м/год;

— в обобщённом березинском-днепровском и наревском-березинском водоносных комплексах — $6,5 \div 62$ м/год;

— в палеоген-неогеновом водоносном комплексе — $12,5 \div 47$ м/год;

— в сеноманском терригенном водоносном горизонте $5 \div 30$ м/год.

Предположительные расстояния, на которые будет распространяться влияние объектов шламового хозяйства на пресные подземные воды, через 40 лет составит 2,5—3,0 км.

По II и III РУ скорость продвижения фронта засоления предполагается:

— в днепровском-сожском водоносном комплексе от 3 до 7 м/год;

— в обобщённом березинском-днепровском и наревском-березинском водоносных комплексах — $7 \div 65$ м/год;

— в палеоген-неогеновом водоносном комплексе — $13 \div 50$ м/год;

— в сеноманском терригенном водоносном горизонте $3 \div 25$ м/год.

Предположительные расстояния, на которые будет распространяться влияние объектов шламового хозяйства на пресные подземные воды, через 40 лет составит 1,5—2,3 км.

Результаты прогнозных расчётов отражены на рисунке, на котором показаны темпы загрязнения березинского-днепровского водоносного горизонта. Опасность последствий загрязнения пресных вод зоны активного водообмена заключается в том, что фронт загрязнения пресных подземных вод проходит в направлении Солигорского водохранилища и перспективных хозяйственных водозаборов г. Солигорска.

1. Коробейников Б. И., Кононова Т. А., Пушкина С. А., Абрамцева Н. В. Региональная оценка техногенного воздействия на пресные подземные воды Беларуси // Инновационное развитие геологических наук — путь эффективному и комплексному освоению ресурсов недр: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Минск, 19—21 дек. 2007 г. Минск: БелНИГРИ, 2007. С. 167—169.

С. А. Лаптёнок

Белорусский национальный технический университет

РОЛЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Интенсивное развитие производства и потребления в глобальном масштабе обусловило значительные количественные и качественные технологические изменения практически во всех отраслях деятельности человека. Повы-

шение уровня сложности технических систем и технологических процессов приводит к росту вероятности различного рода отклонений, в т. ч. и опасных, т. е. к увеличению степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайной ситуацией является обстановка, сложившаяся на данной территории (на объекте, у человека), в результате возникновения источника ЧС, который может повлечь или повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери [1].

Митигация (mitigation — смягчение, ослабление, облегчение, уменьшение, снижение) — совокупное понятие, под которое подходят все действия, предпринимаемые до наступления чрезвычайной ситуации, включая состояние готовности и долгосрочные меры по уменьшению риска, разработку и реализацию специфических проектов по снижению уязвимости населения.

Очевидно, осуществление мер по снижению долгосрочного риска невозможно без достаточной информации о наличии факторов, его обуславливающих, и их адекватной оценки. Методология выявления и первичной оценки такого рода факторов для территории Республики Беларусь и явилась целью данной работы.

Значительная доля усилий и средств, направляемых на предотвращение чрезвычайных ситуаций и снижение тяжести их последствий, расходуется на митигацию техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, характеризующихся высокими темпами распространения. Значительно меньше внимания уделяется природным факторам, которые могут как потенцировать техногенные чрезвычайные ситуации, в т. ч. увеличивая тяжесть их последствий, так и становиться непосредственными источниками чрезвычайных ситуаций. Примером могут служить геологические, геофизические, геохимические, биологические и другие факторы, вызывающие эндемическое распространение физиологических аномалий и нозологических форм — эндемии тиреоидного зоба в зонах дефицита йода в почвах и водах и др. Поскольку такого рода процессы не характеризуются высокими темпами распространения, их, как правило, не относят к разряду чрезвычайных ситуаций. Очевидно, подобный подход является ошибочным, т. к. главный определяющий признак чрезвычайной ситуации — наличие угрозы здоровью (а часто и жизни) человека — в данном случае, бесспорно, присутствует.

28 февраля 2012 г по инициативе Министерства природных ресурсов Республики Беларусь было проведено рабочее совещание «Проблемы медицинской геологии Беларуси», в ходе которого обсуждались вопросы совместных исследований в области влияния геохимических и геофизических факторов на состояние физиологических систем организма человека в отдельных регионах Республики Беларусь. В данной работе предлагается системный подход к решению проблем выявления и оценки уровней рисков, связанных с проживанием в зонах с различными геофизическими и геохимическими характеристиками.

Материалы исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что в земной коре континентального типа повсеместно наблюдается густая, построенная по решетчатому типу сеть субвертикальных разломов. Не является исключением в этом плане и территория Беларуси, где по материалам космических съёмок установлены разнорядковые линейные структуры (линеаменты), отражающие особенности разломной тектоники [2]. Установлено, что зоны разломов земной коры оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека [3].

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, проведён первичный анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского р-нов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 гг. (свыше 7 300 по данным белорусского канцер-регистра) [4, 5]. Проведён анализ динамических характеристик заболеваемости, с учётом комбинированного влияния комплекса геоэкологических факторов [6—10].

В результате выявлены особенности динамики эпидемического процесса и структурных характеристик локализации злокачественных новообразований в зонах линеаментов и кольцевых структур, расположенных на территории Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. Таким образом, представляется целесообразным и перспективным расширение данного подхода на всю территорию Республики Беларусь, что позволит повысить достоверность результатов и получить дополнительную, недоступную ранее, информацию о характере влияния геофизических, геохимических и геоэкологических факторов на уровни риска формирования злокачественных новообразований у населения, проживающих в зонах с различными геологическими условиями, и выделить зоны с высокими уровнями риска для более глубокого изучения механизмов негативных воздействий.

Предлагаемый подход к анализу такого рода информации может быть эффективно расширен как на другие значимые классы заболеваний (заболевания системы кровообращения, выделительной, пищеварительной, дыхательной систем и т. д.), так и на различные территориальные факторы (геологические, экологические и др.). Для его реализации в республиканском масштабе необходимо создание при профильных республиканских научно-практических центрах соответствующих регистров заболевших с указанием адреса места жительства для последующей территориальной привязки (геокодирования), математического и пространственного анализа с использованием географических информационных систем. Образцом в данном случае может служить государственный канцер-регистр.

Профильные регистры целесообразно объединить в единую информационную систему с возможностью обработки и визуализации информации в привязке к территории, для чего использовать пространственные картографические модели территории Республики Беларусь с отображением геологических, геофизических, геохимических, гидрологических и других объектов и зон, оказывающих или могущих оказывать влияние на функционирование систем организма.

Изложенная методология хорошо согласуется с разработанной в 1980—1990-х гг. чл.-корр. НАН Беларуси Н. И. Аринчиным концепцией здоровосозидания в Республике Беларусь. По А. Н. Аринчину, здоровосозидание пред-

ставляет собой систему индивидуальных, государственных и международных мероприятий, направленных на вскрытие и ликвидацию источников заболеваний, формирование здоровья, долголетия и творческой жизнедеятельности каждого человека [11].

Белорусское государство активно пропагандирует и всемерно поддерживает ориентацию на здоровый образ жизни своих граждан. Следующим эффективным шагом в данном направлении может стать внедрение системы мероприятий, направленных на снижение риска возникновения опасных заболеваний вследствие воздействия территориально обусловленных факторов, и основанных на системном анализе информации с использованием современных технических и программных средств и эффективных методов.

1. Дорошко С. В., Пустовит В. Т., Морзак Г. И. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность / Учеб. пособие: В 3 ч. Минск: УП «Технопринт», 2001. Ч. 1. 222 с.
2. Михайлов В. И. Разломы земной коры и их влияние на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений // Вестн. БНТУ. 2009. № 1. С. 43—48.
3. Тяшкевич И. А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Минск: БГУ, 2006. С. 6—10.
4. Лаптёнок С. А. Применение пространственных операций при первичной обработке геоэкологических данных // Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. 2010. № 1—2, С. 29 — 34.
5. Лаптёнок С. А., Корбут Н. А. Предварительный анализ геоэкологических данных средствами геоинформационных систем // Проблемы создания информационных технологий. М.: МАИТ, 2011. Вып. 20. С. 67—71.
6. Лаптёнок С. А., Лазар И. В. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2011. № 2, С. 48—52.
7. Лаптёнок С. А. Первичная интерпретация характеристик преобразования данных при анализе динамических процессов // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2011. № 3. С. 71—75.
8. Лаптёнок С. А., Вайтюк С. А. Анализ динамики процессов с использованием аналитических характеристик возвратных последовательностей // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2012. № 1. С. 67—70.
9. Лаптёнок С. А., Корбут Н. А., Лазар И. В. Моделирование динамики процессов с использованием методов снижения степени дискретности данных // Проблемы создания информационных технологий. М.: МАИТ, 2012. Вып. 21. С. 154—159.
10. Лаптёнок С. А., Вайтюк С. А., Корбут Н. А. Применение свойств возвратных последовательностей при анализе развития процессов // Проблемы создания информационных технологий. М.: МАИТ, 2012. Вып. 21. С. 159—163.
11. Аринчин Н. И. Здравоохранение. Минск, 1998. 48 с.

С. А. Лаптёнок¹, В. А. Левданская¹, И. В. Лазар², М. А. Дубина²

¹ Белорусский национальный технический университет

² Международный государственный экологический университет

СОЦИАЛЬНО-МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ

Изучение взаимодействий природных процессов и явлений с процессами антропогенного происхождения как вероятных источников чрезвычайных ситуаций представляется одной из наиболее актуальных задач в условиях интенсивного развития индустриального общества.

Одним из наиболее значимых показателей социально-экономических условий жизни населения является состояние общественного здоровья. Основным признаком чрезвычайной ситуации является угроза жизни и здоровью человека.

Анализ эффектов комбинированных воздействия геоэкологических факторов на человека, состояние его здоровья, следует считать в высшей степени значимой задачей как в социально-экономическом, так и в научном аспекте.

Уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями является одним из наиболее эффективных индикаторов экологической и геоэкологической ситуации. В целях оценки влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на риск формирования злокачественных образований, в качестве объекта исследования был выбран фрагмент поверхности Земли, ограниченный территорией Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. Республики Беларусь. Для определения общих тенденций развития процесса и отработки алгоритмов исследования был проведён системный анализ интенсивных показателей заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского р-нов злокачественными новообразованиями за период с 1953 по 2003 гг. Сведения о случаях заболевания были получены из Белорусского канцер-регистра, сведения о численности населения — из материалов Управления статистики по Минской обл. и Архива Минской обл. [1—6].

Полученные результаты свидетельствуют об определённом влиянии на формирование уровня заболеваемости фактора загрязнения территорий радионуклидами ¹³⁷Cs (нарушение естественной связи между численностью населения и количеством случаев заболевания наблюдается в период, включающий период радионуклидного загрязнения территории в результате аварии на ЧАЭС; устойчивое снижение значений коэффициентов корреляции между этими показателями в течение всего периода наблюдения характерно для категорий населённых пунктов, подвергшихся загрязнению радионуклидами). Следует отметить также, что практически все зоны, загрязнённые радионуклидами, на исследуемой территории Воложинского и Столбцовского р-нов расположены в пределах или в непосредственной близости от линеаментов литосферы. Таким образом, имеют место признаки определённого воздей-

ствия на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, наряду с антропогенным фактором радионуклидного загрязнения, комплекса природных геофизических факторов, действующих в зонах линейных литосферы.

Установлено также, что степень подобия структур заболеваемости в населённых пунктах с различными геологическими условиями (расположение над разломами, над линейными, вне линейных) в целом выше, чем в населённых пунктах с различными радиоэкологическими условиями (расположенных в зонах с загрязнением и без загрязнения ^{137}Cs).

Сопоставление структур заболеваемости в целом по ансамблю, относящихся к каждому из периодов, позволяет сделать вывод, что наибольшее изменение структуры заболеваемости наблюдалось в период с 01.07.1984 г. по 31.12.2003 г., причём особо можно выделить период с 01.07.1984 г. по 30.06.1994 г., значительная часть которого совпадает с периодом наивысшей активности ^{137}Cs , сформировавшего загрязнение значительной части территории Воложинского и Столбцовского р-нов в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Таким образом, можно заключить, что фактор загрязнения территории радионуклидами ^{137}Cs оказывает влияние на заболеваемость населения злокачественными образованиями, в определённой степени изменяя её структуру по локализациям. Изменений структуры заболеваемости под влиянием геофизических факторов, действующих в зонах линейных литосферы, в результате анализа имеющихся данных не выявлено.

Исходя из полученных критериальных оценок уровней конкордации также можно с достаточно высокой достоверностью утверждать, что факторы загрязнения территории радионуклидами ^{137}Cs и расположения её над линейными литосферы оказывают определённое влияние на структуру заболеваемости по локализациям злокачественных новообразований. Согласованность структур заболеваемости, зарегистрированных в различные периоды наблюдения на загрязнённых территориях оказывается выше, чем на территориях без радионуклидного загрязнения. Аналогично согласованность структур заболеваемости в зонах, расположенных над линейными литосферы, значимо выше показателя вне указанных зон.

Методика моделирования непрерывного пространственного распределения интенсивного показателя заболеваемости совместно с моделированием непрерывного пространственного распределения значений его натурального логарифма [7] позволило выявить следующее: в зонах, расположенных над линейными литосферы, уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями превышает уровень заболеваемости населения, проживающего вне этих зон; комбинированное влияние геофизических факторов, действующих в данных зонах, и фактора загрязнения территории радионуклидами ^{137}Cs приводит к некоторому снижению уровня заболеваемости населения злокачественными новообразованиями. Выявленные тенденции подтверждаются и результатами применения методов оценки корреляции сопряжённых признаков категоризованных данных [8].

Дифференциальная оценка динамики процесса выявила значительное снижение статистической подконтрольности в период с 1986 г. по 2003 г. по сравнению с периодом с 1953 г. по 1985 г. по признаку уменьшения общего количества серий относительно их математического ожидания [8] имело место как для всех населённых пунктов, так и для ряда их категорий. Данный факт также подтверждает наличие определённого воздействия геоэкологических факторов, сформировавшихся в результате аварии на ЧАЭС, на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями.

Интегральная оценка динамики процесса показала, что для периода 1953—1985 гг. смена слабовыраженной тенденции к снижению интенсивного показателя слабовыраженной тенденцией к его росту наблюдается около 1980 г., а в 1985 г. тенденция к росту становится значительно более выраженной. Период 1986—2003 гг. является периодом стабильного нахождения процесса в области «продолжения испытаний» [8]. Т. е. произошла определённая стабилизация, и ни рост, ни снижение показателя спрогнозировать не представляется возможным.

Исходя из вышеизложенного, нельзя исключить, что резкий рост заболеваемости населения изучаемой территории злокачественными новообразованиями, имевший место в 1985—1991 гг., в частности, обусловлен последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Следует отметить, что резкое изменение направления тенденции динамики эпидемического процесса имело место до аварии, так что целесообразными представляются дальнейшие исследования, направленные на выявление других факторов, оказавших влияние на изучаемый процесс.

Таким образом, в ходе исследования установлено, что геофизические факторы, действующие в зонах линейных и кольцевых структур литосферы, обуславливают определённое увеличение уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями населения, постоянно проживающего в этих зонах.

Результаты системного анализа с использованием комплекса методов обработки свидетельствуют, что комбинированное влияние геофизических факторов, действующих в зоне Украинско-Балтийского линейного, и фактора загрязнения территории радионуклидами ^{137}Cs приводит к некоторому снижению уровня заболеваемости населения злокачественными новообразованиями.

В ходе исследования также выявлено наличие определённого воздействия геоэкологических факторов, сформировавшихся в результате аварии на ЧАЭС, на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями и её структуру по локализациям.

1. Таблицы о численности наличного и постоянного населения по каждому сельскому населённому пункту, сельсовету и району области за 1970 г. (таблица № 2) // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 1. Д. 10285, Том 1, Л. 59—77.
2. Таблицы о численности наличного и постоянного населения по каждому сельскому населённому пункту, сельсовету и району области за 1970 г. (таблица № 2) // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 1. Д. 10286, Том 2, Л. 50—65.

3. Текстовые отчёты Березинского, Борисовского, Вилейского, Воложинского, Дзержинского, Клецкого, Копыльского, Крупского, Логойского, Любанского, и Минского районных ИВСов и ИВЦ о подготовке и проведении Всесоюзной переписи населения 1979 г. // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 1. Д. 11407. Л. 1—293.
4. Текстовые отчёты Молодечненского, Мядельского, Несвижского, Пуховичского, Слуцкого, Смолевичского, Солигорского, Стародорожского, Столбцовского, Узденского и Червенского районных ИВСов и ИВЦ о подготовке и проведении Всесоюзной переписи населения 1979 г. // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 1. Д. 11408. Л. 1—293.
5. Численность наличного населения сельских населённых пунктов по переписи населения на 15 января 1959 г. (по административно-территориальному делению на 1.1.60 г. по Минской области) // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 2. Д. 20. Л. 79—81.
6. Численность наличного населения сельских населённых пунктов по переписи населения на 15 января 1959 года (по административно-территориальному делению на 1.1.60 г. по Минской области) // Архив Минской области. Фонд 2305. Оп. 2. Д. 20а. Л. 118—120.
7. Морзак Г. И. Пространственное моделирование в промышленной и социальной экологии. Минск: БГАТУ, 2011. 210 с.
8. Бубнов В. П., Дорожко С. В., Лаптежок С. А. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа. Минск: БНТУ, 2009. 266 с.

С. А. Лаптежок¹, Г. И. Морзак¹, С. А. Хорева¹, Л. Н. Гордеева¹, А. В. Осипов²

¹ Белорусский национальный технический университет

² «БЕЛТОПГАЗ»

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Материалы исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что в земной коре континентального типа повсеместно наблюдается густая, построенная по решетчатому типу сеть субвертикальных разломов, дробящих земную кору на многочисленные блоки, размеры которых измеряются километрами или десятками километров. Наличие этой системы трещинно-проницаемых разломов устанавливается и подтверждается различными методами. Наиболее эффективный из них — структурное дешифрирование материалов аэрокосмической съёмки в сопоставлении с геолого-геофизическими данными.

Не является исключением в этом плане и территория Беларуси, где по материалам космических съёмок установлены разнопорядковые линейные структуры (линеаменты), отражающие особенности разломной тектоники (рисунок 1). Характерная черта суперрегиональных линеаментов — их связь с глубинными (мантийными) разломами, активно проявившимися в различные геологическое время. Наиболее отчётливо на космических снимках выражены линеаменты, сопоставляемые с разломами, образованные в условиях растяжения земной коры шириной от 10 до 50 км [1]. Повышенной трещиноватостью и проницаемостью коры, мобильностью проявления геодинамических процессов отличаются участки пересечения линеаментов.

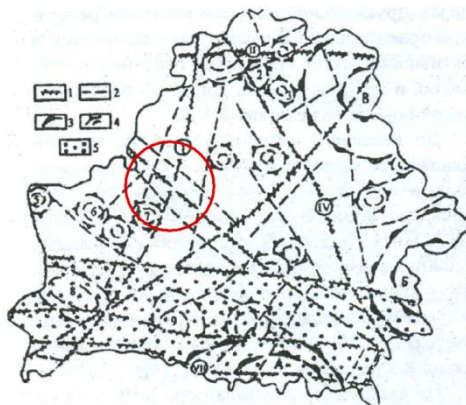


Рисунок 1 — Карта-схема линеаментов и кольцевых структур литосферы на территории Республики Беларусь [1]

Установлено, что зоны разломов земной коры оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека. Количество аварий на автодорогах выше в тех местах, где трассу пересекают системы разломов (геопатогенные зоны), а процент онкологических заболеваний оказался большим у людей, проживающих в населённых пунктах, расположенных вблизи суперрегиональных разрывных нарушений. Ураганы и смерчи прошлых лет были направлены преимущественно вдоль новейших геодинамических зон земной коры и аномалий магнитного и гравитационного полей Земли [2].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС около 30 % территории Республики Беларусь были подвержены загрязнению осадками, содержащими радионуклиды ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu и др. [3]. В настоящее время практически всё население республики проживает в условиях длительного низкоуровневого комбинированного воздействия неблагоприятных факторов внешней среды. Существующая многофакторность неблагоприятного воздей-

ствия на организм человека (радиационные, химические и другие экологические факторы) обуславливает развитие различных патологических состояний.

Заболеваемость злокачественными новообразованиями является одной из наиболее острых проблем, возникающих в результате загрязнения территории радионуклидами. Исследования в данной области уже длительное время остаются актуальными во всем мире. В частности, в ходе наблюдения за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию поражающих факторов ядерной бомбардировки в Японии, было установлено, что в данной группе имел место достоверный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями различной локализации: лейкозов — через 5 лет после бомбардировки, новообразований щитовидной железы — через 10, молочной железы и лёгких — через 20, желудка, ободочной кишки и миелом — через 30 лет [4].

Проводится анализ динамики заболеваемости, структурных характеристик локализации злокачественных новообразований а также пространственных характеристик процесса для каждой категории территорий в различные периоды с учётом комбинированного влияния комплекса геоэкологических факторов. Также проводятся исследования по оценке вероятности радиоактивного загрязнения территорий, обусловленной близостью линейных и кольцевых структур (рисунок 2, б).

Выявлены определённые тенденции тяготения зон радионуклидного загрязнения к местам расположения ряда линейных и кольцевых структур. В то же время вблизи других подобных структур загрязнение не наблюдается. Вероятно, такого рода различия обусловлены асинхронной энергетической активностью литосферных разломов. В настоящее время продолжают исследования в целях повышения адекватности моделей и достоверности оценок.

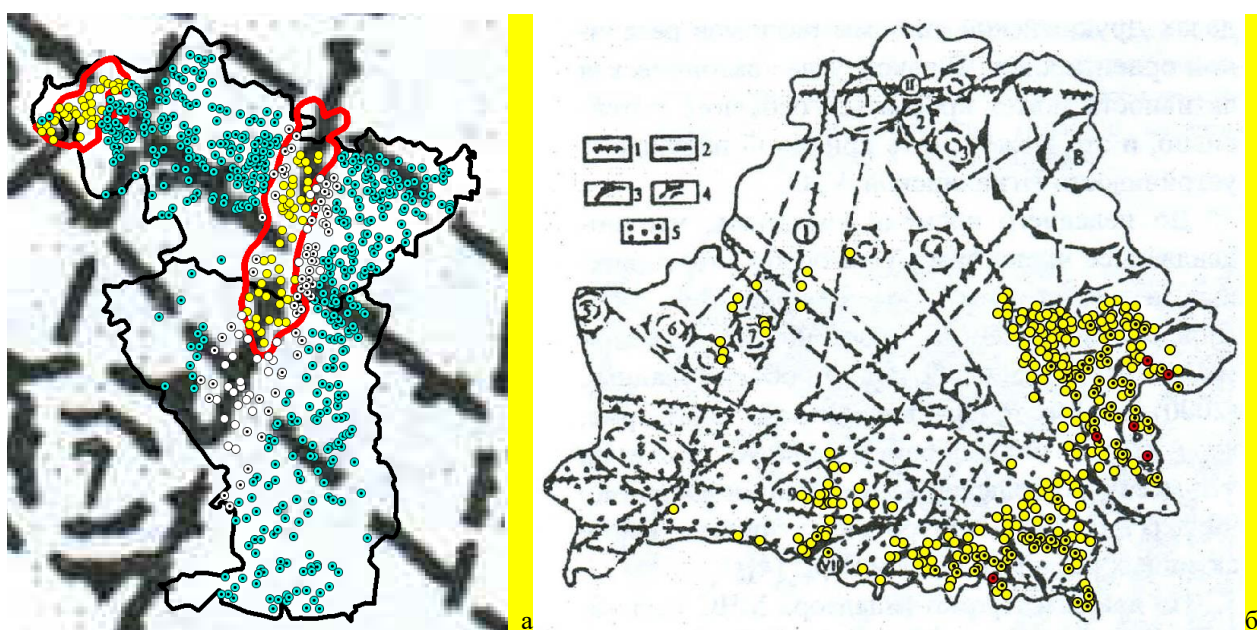


Рисунок 2 — Пространственная категоризация населённых пунктов Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. (а); населённые пункты, находящиеся в зонах радиоактивного загрязнения (Перечень, утверждённый СМ РБ 01.02.2010 г., Постановление № 132) (б)

Очевидно, что эффекты облучения ионизирующими излучениями являются только одним из ряда факторов, вызывающих рост заболеваемости злокачественными новообразованиями. В литературных источниках имеется информация о влиянии на данный процесс комплекса геофизических факторов, действующих в зонах расположения линейных структур — разломов земной коры [1, 2].

В целях моделирования влияния природных и связанных с ними антропогенных факторов, действующих в зонах разломов земной коры, на различные аспекты жизнедеятельности человека, проведён первичный анализ заболеваемости населения Воложинского и Столбцовского р-нов злокачественными новообразованиями за период 1953—2003 гг., в результате которого были рассчитаны интенсивные показатели заболеваемости по количеству случаев за каждый год и средней численности населения за весь изучаемый период, который затем был разделён на три периода по среднему значению интенсивного показателя: 1953—1979, 1979—1989 и 1989—2003 гг. [5].

Проведена пространственная категоризация всех случаев злокачественных новообразований у населения Воложинского и Столбцовского р-нов Минской обл. (свыше 7 300 по данным белорусского канцер-регистра) по территориальной принадлежности к зоне, расположенной на разломах и между разломами Украинско-Балтийского суперрегионального линейного элемента (т. н. Ивенецко-Першайской зоне), к зонам, расположенным над другими региональными и локальными линейными элементами, а также к зонам, расположенным вне линейных элементов и кольцевых структур [6] (рисунок 2, а).

1. Михайлов В. И. Разломы земной коры и их влияние на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений // Вестн. БНТУ. 2009. № 1. С. 43—48.
2. Тяшкевич И. А. 40 лет развития метода дистанционного зондирования природных ресурсов в Республике Беларусь // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Минск: БГУ, 2006. С. 6—10.
3. Бубнов В. П., Дорошко С. В., Лаптежок С. А. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа. Минск: БНТУ, 2009. 266 с.
4. Антипова С. И., Шебеко Н. Г. Заболеваемость злокачественными новообразованиями в регионах Беларуси через 22 года после катастрофы на Чернобыльской АЭС // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. 2009. № 1—2. С. 3—10.
5. Лаптежок С. А., Лазар И. В. Интерполирование данных при анализе процессов, характеризующихся дефицитом информации // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. 2011. № 2. С. 48—52.
6. Лаптежок С. А. Применение пространственных операций при первичной обработке геоэкологических данных // Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. 2010. № 1—2. С. 29—34.

О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская

Белорусский государственный университет

ЕСТЕСТВЕННЫЕ АССОЦИАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В САПРОПЕЛЯХ БЕЛАРУСИ

Одной из задач геохимического исследования природных объектов является выделение ассоциаций химических элементов, которые могут быть сформированы как естественными, так и техногенным процессами. Для выделения ассоциаций химических элементов наиболее эффективны методы многомерного статистического анализа (многомерное шкалирование, факторный анализ), основной задачей которых является выявление скрытых (латентных) факторов, отвечающих за наличие статистических связей между наблюдаемыми переменными. Кластерный анализ, являющийся, прежде всего, методом классификации, также позволяет провести генетическую группировку исследуемых элементов.

В настоящей работе для выделения ассоциаций химических элементов использовались метод главных компонент и кластерный анализ. Параллельное использование методов позволяет дополнить и уточнить результаты исследований, а также более глубоко изучить внутреннюю структуру системы.

В основу работы положены результаты анализов 590 проб донных отложений, отобранных в 256 озёрах республики. Количественная оценка содержания микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zr, Ba, Pb) в золах осадков осуществлялась эмиссионным спектральным методом по методике [2]. По типам сапропелей объёмы выборок составили (шт.): 215 — кремнезёмистые, 161 — органические, 134 — карбонатные, 80 — смешанные.

Статистическая обработка данных включала: оценку формы распределения с помощью гистограмм и критериев Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро-Уилка; корреляционный; дисперсионный; факторный и кластерный анализ. Факторный анализ выполнен на основе корреляционной матрицы методом главных компонент с последующим варимакс-вращением. Процедура кластерного анализа выполнялась методом иерархической агломеративной кластеризации. В качестве меры расстояния использовался квадрат расстояния Евклида. Классификация проводилась методом полной связи (complete linkage). Критическое значение уровня значимости принималось равным 5 %. Анализ данных производился с помощью пакетов программ Statistica 6 и SPSS 17.

Кремнезёмистые сапропели. Распределение большинства изученных химических элементов (Mn, V, Cu, Pb, Ba) в золе кремнезёмистых сапропелей подчиняется логарифмически нормальному распределению. Вместе с тем, распределение Zr, Ni, Co, Cr согласуется с гамма-распределением. Для приведения данных к нормальному закону распределения использовалось логарифмирование при логнормальном распределении и извлечение квадратного корня при гамма-распределении. Преобразования позволяют «нормализовать» выборки и использовать при анализе параметрические методы.

Таблица 1 — Статистические связи между концентрациями химических элементов в золе кремнезёмистых сапропелей ($n = 215$)

V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zr	Ba	Pb	Элемент
0,063	0,333	0,157	0,009	0,090	0,188	0,551	0,142	—0,180	Ti
	0,392	—0,100	0,326	0,414	0,338	0,084	0,396	0,448	V
		0,103	0,366	0,565	0,404	0,235	0,326	0,174	Cr
			0,154	0,195	0,321	0,145	0,182	0,063	Mn
				0,633	0,417	0,107	0,470	0,201	Co
					0,526	0,151	0,411	0,277	Ni
						0,250	0,387	0,270	Cu
							0,338	—0,029	Zr
								0,232	Ba

Полужирный курсив — статистически значимые коэффициенты корреляции при $p = 0,01$; курсив — при $p = 0,05$.

Анализ статистических связей между содержанием микроэлементов показал, что большинство элементов объединено положительными корреляционными связями (таблица 1). Наибольшие корреляции ($r > +0,5$) характерны для Ni—Cr, Ti—Zr, Cu—Ni.

Метод главных компонент. Пригодность данных для факторного анализа подтверждается достаточным результатом теста Кайзера—Мелькина—Олькина (КМО) (0,751) и значимым уровнем теста сферичности Бартлетта ($\chi^2 = 647$; $df = 45$; $p < 0,001$). В результате факторного анализа выделены 3 главные компоненты (фактора), объясняющие 63 % общей дисперсии.

С первой главной компонентой (фактор 1), описывающей 52 % общей дисперсии, положительно связано содержание Ni, V, Co, Cu, Ba, Cr, Pb (таблица 2, рисунок 1). Данные элементы концентрируются преимущественно в тонких фракциях, содержание которых, по-видимому, и отражает фактор 1.

Вторая главная компонента (фактор 2) учитывает 17 % общей дисперсии и отражает поведение Ti и Zr. Эти элементы являются малоподвижными в большинстве геохимических обстановок. Главные минералы-носители Ti (рутил, ильменит) и Zr (циркон) устойчивы к выветриванию и концентрируются преимущественно в песчаных и алевроитовых фракциях. Выявлена слабая обратная корреляционная связь между глубиной отбора проб и фактором 2 (Ti—Zr) ($r = -0,27$, $p < 0,001$).

Третья главная компонента (фактор 3, 11 % общей дисперсии) характеризуется высокими нагрузками Mn. Согласно [1], доля потенциально подвижных форм Mn в донных осадках колеблется от 47 % до 62 %. Mn является подвижным элементов в донных отложениях, что, по-видимому, и определяет его выделение из ассоциаций прочих изученных элементов.

Таблица 2 — Значения факторных нагрузок главных компонент, описывающих 63 % различий распределения элементов

Элемент	Фактор		
	1	2	3
Ni	0,800		0,182
V	0,721		—0,441
Co	0,719		0,229
Cu	0,656	0,185	0,353
Ba	0,636	0,247	
Cr	0,622	0,394	
Pb	0,588	—0,310	—0,170
Ti		0,883	
Zr		0,809	
Mn	0,151		0,868
Вклад, %	35	17	11

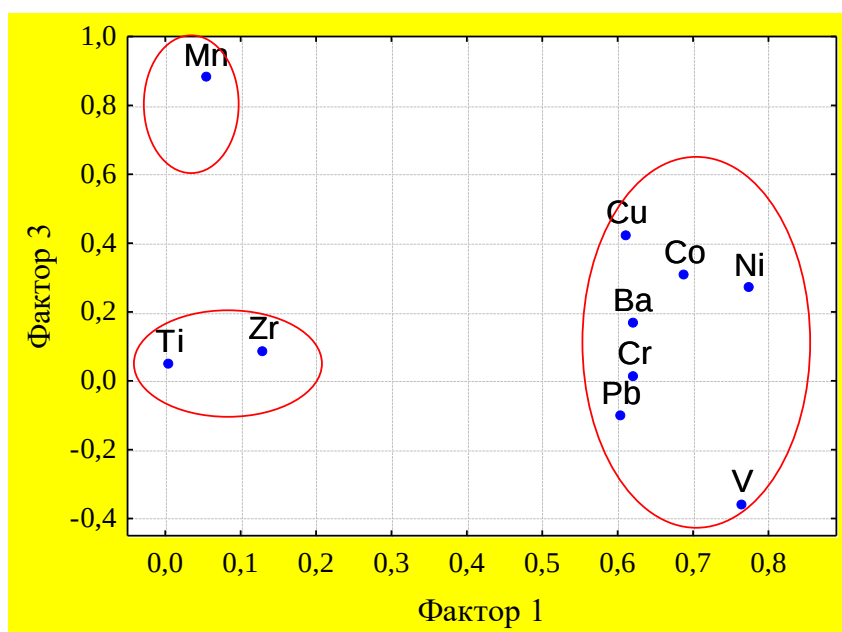
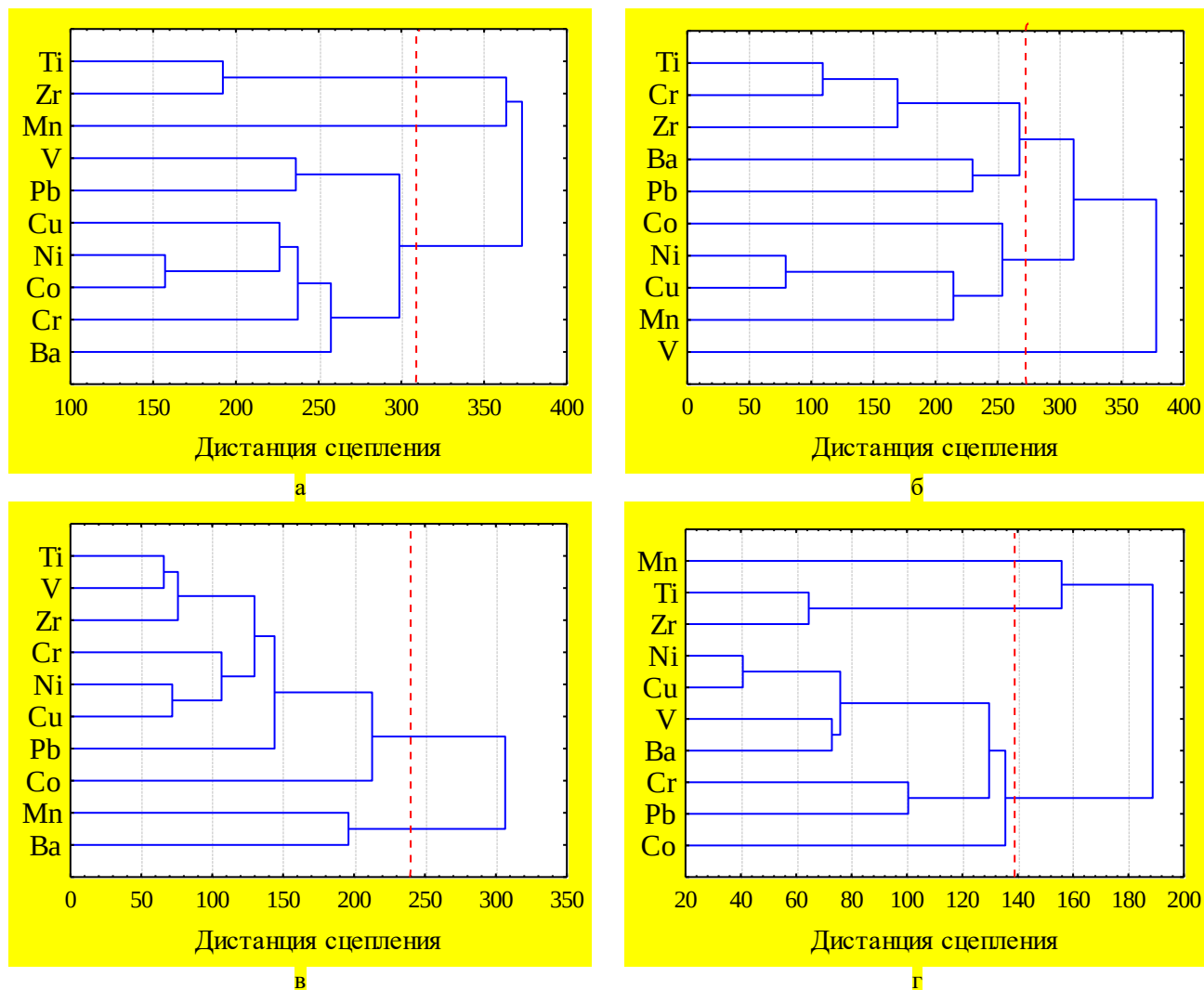


Рисунок 1 — Отображение химических элементов в пространстве двух факторов

Также предыдущими исследованиями [4] установлено, что повышенные концентрации Мп характерны для кремнезёмистых сапропелей Южной геохимической провинции, а Ti, V, Cr, и Ni — Северной.

Результаты иерархического кластерного анализа концентраций химических элементов в золе кремнезёмистых сапропелей представлены на рисунке 2. В данном случае результаты кластерного анализа полностью подтверждают результаты метода главных компонент.



а — кремнезёмистые, б — органические, в — карбонатные, г — смешанные; дистанция — квадрат евклидова расстояния, стандартизированные данные

Рисунок 2 — Дендрограмма классификации микроэлементов, содержащихся в золе сапропелей по методу полной связи

Следует отметить, что две первые ассоциации химических элементов в золе кремнезёмистых сапропелей, выделенные факторным анализом, в целом соответствуют природным ассоциациям элементов в дерново-подзолистых почвах национального парка «Нарочанский» [3]. Исключение составляет Мп.

Состав и структура ассоциаций химических элементов в золе *карбонатных* и *органических* сапропелей несколько изменяется по сравнению с кремнезёмистыми (рисунок 2).

Так в карбонатных сапропелях факторная модель объясняет 65 % общей дисперсии. В рамках модели выделено 2 фактора. Первый фактор характеризует 51 % изменчивости исходных признаков и включает нагрузки большинства изучаемых химических элементов (в скобках нагрузка на фактор): Ni (0,881), V (0,867), Zr (0,861), Ti (0,822), Cr (0,772), Cu (0,761), Pb (0,689), Co (0,561), Ba (0,550). Установлена статистически значимая обратная связь фактора с глубиной $r = -0,278$ $p = 0,019$. В состав второй ассоциации входит Мп (0,882) и Ba (0,529).

В органических сапропелях с помощью метода главных компонент выделено 3 фактора, объясняющих 66 % варьирования изучаемых микроэлементов.

С фактором 1, объясняющим 40 % общей дисперсии, положительно связано содержание Cr (0,868), Ti (0,855), Cu (0,657), Zr (0,614), Ni (0,578), Pb (0,417). Выявлена статистически значимая связь между настоящим фактором и глубиной отбора проб ($r = -0,449$ $p < 0,001$).

На долю фактора 2 приходится 15 % общей дисперсии. Фактор характеризуется высокими нагрузками Mn (0,728), Ni (0,709), Co (0,602), Cu (0,578).

Фактор 3 учитывает 11 % общей дисперсии и отражает поведение Ba (0,855) и Zr (0,560).

Для проверки гипотезы о наличии связи между типом котловины (подпрудная, термокарстовая, эвразийная, ложбинная, остаточная, сложная, карстовая, суффозионно-карстовая) [5] и выделенными факторами использовался непараметрический дисперсионный анализ (Kruskal-Wallis test). Выявлена зависимость ассоциации Ti—Zr кремнезёмистых сапропелей и Ni—V—Zr—Ti—Cu—Pb—Co—Ba карбонатных от генетического типа котловины ($N = 16,7$, $df = 6$, $p = 0,01$ и $N = 16,2$, $df = 6$, $p = 0,01$ соответственно). Зависимости накопления элементов в органических сапропелях от типа котловины не установлено.

Таким образом, с помощью многомерных статистических методов выделены естественные ассоциации химических элементов в различных типах сапропелей. Большинство изученных элементов (Ti, V, Cr, Ni, Cu, Zr, Pb) образуют схожие ассоциации во всех типах сапропелей и связаны прежде всего с терригенной составляющей осадков. Выделение в отдельную ассоциацию Ti и Zr в кремнезёмистых сапропелях, вероятно, обусловлено гранулометрической дифференциацией вещества. Особым геохимическим поведением отличается Mn, что может быть связано с преобладающей условно-подвижной формой его нахождения в донных отложениях озёр.

1. Жуховицкая А. Л., Генералова В. А. Геохимия озёр Беларуси. Минск: Навука і тэхніка. 1991. 203 с.
2. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. М.: Изд-во МГУ, 1977. 339 с.
3. Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В. Фоновое содержание химических элементов в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья // Природопользование. 2009. Вып. 16. С. 57—62.
4. Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Твороневич-Севрук Д. Л., Лукашёва Н. Г. Особенности распределения микроэлементов в сапропелях Беларуси // Матер. Международ. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. К. И. Лукашёва (1907—1987), 14—16 марта 2007 г., Минск: БГУ, 2007. С. 45—47.
5. Озёра Беларуси: справочник. Минск.: Минсктиппроект, 2004. 284 с.

Т. А. Мележ, А. И. Павловский

Гомельский государственный университет

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ОСВОЕНИИ КРУПНЫХ РЕЧНЫХ ДОЛИН БЕЛАРУСИ

Долины крупных рек являются аренами активного и разнообразного хозяйственного освоения. Практически все крупные города Беларуси стоят на реках: Брест — Западный Буг, Витебск — Западная Двина, Гродно — Неман, Гомель — Сож, Могилёв — Днепр и так далее. Основными видами хозяйственного освоения речных долин являются: промышленное и гражданское строительство; мостовые переходы и продуктопроводы; гидротехнические мероприятия; сельскохозяйственное использование.

Речные долины — динамичные природные объекты, в пределах которых активно протекают процессы современного морфогенеза — речная эрозия и аккумуляция (тип руслового процесса), делювиальный смыл и оврагообразование, подтопление и заболачивание территорий, эоловые и гравитационные процессы.

В результате хозяйственного освоения речных долин формируются различные по занимаемой площади и объёму природно-технические системы, функционирование которых во многом зависит от особенностей проявления геолого-геоморфологических процессов. Необходимо отметить, что в настоящее время в результате интенсивной урбанизации, расширения сельскохозяйственных угодий, взаимодействия человека и природы становятся всё теснее, часто хозяйственная деятельность является фактором-толчком, активизирующим развитие негативных геолого-геоморфологических процессов. Разнообразные геологические риски, обусловленные оврагообразованием, оползнями и обвалами, деятельностью рек, с которыми сталкивается человек при освоении речных долин, часто приводят к значительным материальным потерям.

Важным аспектом хозяйственного освоения речных долин является оценка возможных инженерно-геологических опасностей. Для общей оценки инженерно-геологических опасностей при инженерно-хозяйственном освоении речных долин нами проведён анализ продольных профилей Западной Двины, Немана, Днепра, Припяти на территории Беларуси (рисунки 1—3).

Западная Двина имеет выпукло-вогнутый продольный профиль (рисунок 1). Выпуклые части профиля в геоморфологическом отношении соответствуют Витебской и Браславской возвышенностям, это сказывается на морфологии речной долины — она сужается, глубина вреза достигает 15—25 м, ширина поймы первые метры, выделяются локальные участки эрозионных и эрозионно-аккумулятивных террас. На этих территориях наблюдается увеличение уклона русла, рост скоростей течения, преобладает ленточно-грядовый либо побочный тип руслового процесса. На склонах речной долины активно развиваются процессы делювиального смыла, оползнеобразование, линейная эрозия.

Вогнутая часть профиля соответствует Полоцкой низине. Глубина вреза долины составляет 10—15 м, пойма достигает ширины 300 м и на всем протяжении аккумулятивная. Ширина первой надпойменной террасы до 2—3 км. Она эрозионно-аккумулятивная, с маломощным слоем аллювия. Вторая надпойменная терраса в Полоцкой

низине имеет ширину до 6 км. От первой надпойменной террасы она отделяется в пределах озёрных низин слабо-выраженным уступом высотой 2—3 м. Как и первая надпойменная терраса, она эрозионно-аккумулятивная, часто в уступе обнажается морена, озёрно-ледниковые и флювиогляциальные осадки [2]. Для этого участка характерны различные виды меандрирования (свободное, ограниченное, незавершенное), в пределах долины характерны процессы подтопления, заболачивания блуждания русла.

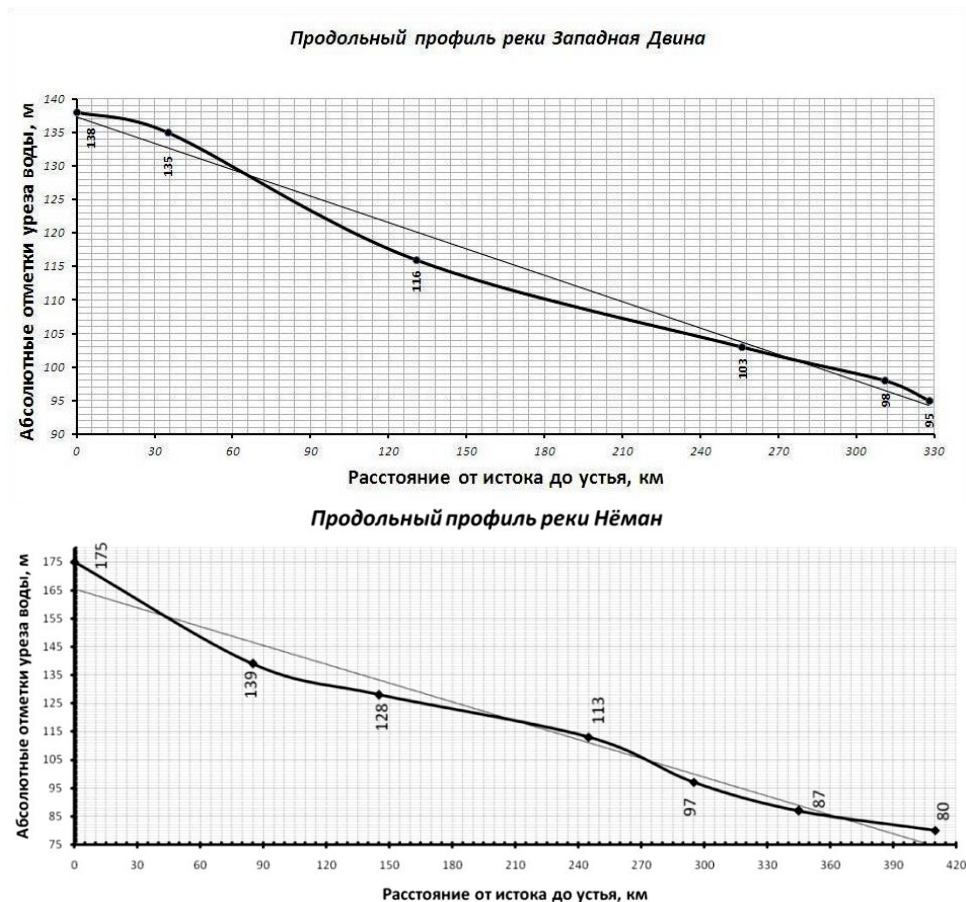


Рисунок 1 — Продольные профили рек Западная Двина и Нёман

Продольный профиль р. Нёман имеет более сложный рисунок, его выпуклые части приурочены к юго-западному склону Минской, Новогрудской и Гродненской возвышенностями (рисунок 1). В пределах этих возвышенностей речная долина сужается, имеет чётко выраженный ящикообразный профиль (в районе Новогрудской возвышенностей поперечный профиль резко ассиметричный, левый борт короткий и крутой, правый пологий). Глубина вреза достигает 20—25 м, пойма не широкая, надпойменные террасы эрозионные и эрозионно-аккумулятивные [1]. Характерными русловыми процессами являются ленточно-грядовый, побочневый и ограниченное меандрирование. Основные процессы: делювиальный смыв, оползнеобразование, линейная эрозия, суффозия.

Вогнутые участки приурочены к Столбцовой равнине, Любчанской низине, Скидельской низине (рисунок 1). Глубина вреза речной долины составляет 10—20 м, ширина поймы 4—5 км, сужаясь в районе города Мосты до 0,1—0,15 км [4]. Выделяются первая аккумулятивная и вторая эрозионно-аккумулятивная террасы. Преобладают процессы меандрирования (свободное, ограниченное, незавершенное). Для этих участков характерны процессы блуждания русел, заболачивание и подтопления.

Для реки Днепр характерен спрямленный продольный профиль, с некоторой вогнутостью в пределах Стрешенской и Речицкой низин (рисунок 2). Участок от границы с Россией до Жлобина характеризуется хорошо разработанной трапецевидной ассиметричной долиной, с сужением в районе Орши, где поперечный профиль ящикообразный, глубина вреза от 15 до 30 м, ширина поймы варьирует от первых сотен метров до 3—3,5 км, активно проявляются ленточно-грядовый, побочневый русловые процессы и ограниченное меандрирование. Развита первая аккумулятивная и вторая эрозионно-аккумулятивная террасы. Активно развиваются процессы делювиального смыва, оползнеобразование, линейная эрозия, суффозия, блуждание русла, подтопление.

На участке ниже Жлобина преобладают процессы меандрирования, русловой и пойменной многорукавности, наиболее характерными процессами являются подтопление, заболачивание, блуждание русла.

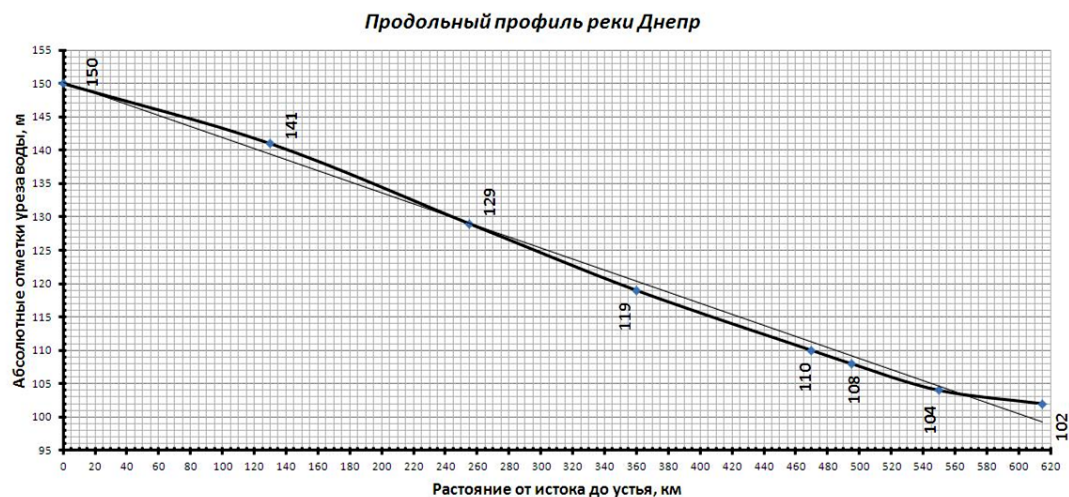


Рисунок 2 — Продольный профиль реки Днепр

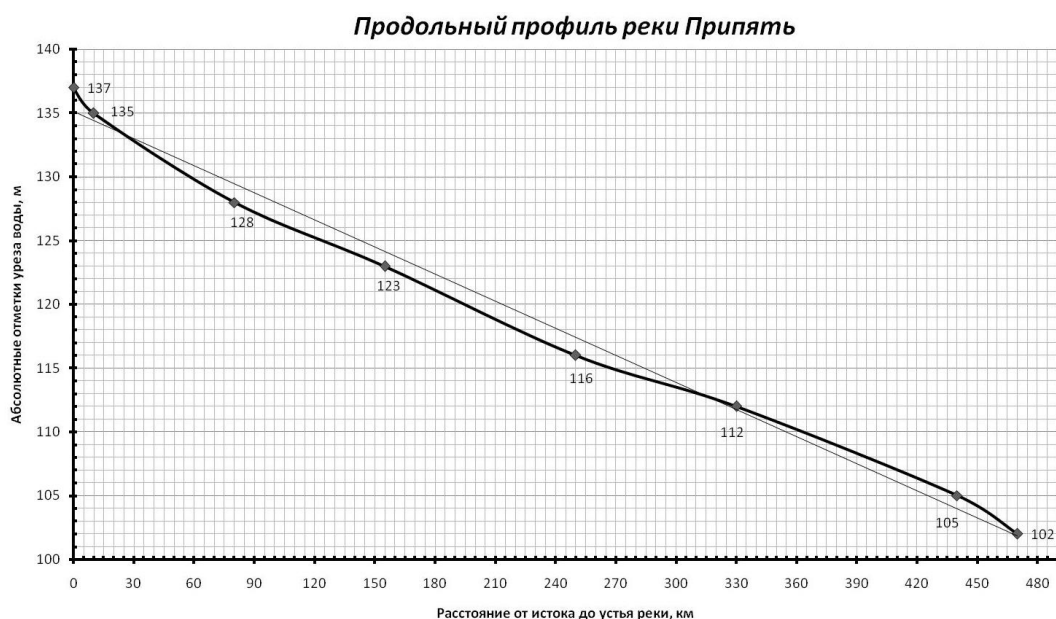


Рисунок 3 — Продольный профиль реки Припять

Припять имеет чётко выраженный вогнутый профиль, с небольшой выпуклостью в районе Мозырской возвышенности (рисунок 3). Ширина долины достигает 75 км. В долине выделяются пойма и две надпойменные террасы. На всем протяжении ширина поймы изменяется в широких пределах — от 1—2 км вдоль Мозырской гряды до 18 км в месте впадения Пины и Горыни [4]. Наиболее характерными русловыми процессами являются различные виды меандрирования, активно развиваются процессы подтопления, заболачивания, блуждание русла. В районе Мозырской возвышенности протекают процессы делювиального смыва, оползнеобразование, линейная эрозия, суффозия.

Таким образом, проанализировав продольные профили крупных рек Беларуси, можно сделать вывод о том, что их форма (выпуклые и вогнутые части) связана с морфологическим обликом территории и литологическим составом, слагающих пород. Освоение речных долин ведет к проявлению разнообразных инженерно-геологических процессов, обусловленные оврагообразованием, оползнями и обвалами, деятельностью рек и прочее.

1. Вознячук Л. Н., Вальчик М. В. Морфология, строение и история развития долины Нёмана в неоплейстоцене и голоцене. Минск: Наука и техника, 1978. 168 с.
2. Гриневич А. Г., Емельянов Ю. Н. Река Западная Двина. Минск: Университетское, 1989. 94 с.
3. Дрозд В. В., Ревера О. З. Река Припять. Минск: Университетское, 1988. 77 с.
4. Пеньковская А. М., Юревич Р. А. Река Нёман. Минск: Университетское, 1990. 75 с.

ПРОЯВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Магистральные трубопроводы представляют собой потенциально-опасные объекты для прилегающих к ним территорий. Эта опасность связана с тем, что по ним транспортируются легко-воспламеняемые и токсичные вещества. Любая нештатная ситуация может привести к нарушениям взаимосвязи между компонентами природных комплексов, к их трансформации и уничтожению и повреждению инфраструктуры территории.

Прежде чем вести разговор об инженерно-геологическом риске требуется разобраться в понятии «риск», которое существует в современной литературе. Проведённый анализ обобщённых публикаций по данной проблеме позволяет сформулировать определение риска, под которым понимается вероятность возникновения какого-либо события с предсказуемыми последствиями за определённый промежуток времени [3, 5]. Исходя из этого определения, под инженерно-геологическим риском будем понимать изменения в инженерно-геологических условиях, которые приведут к разрыву трубопроводов с последующим загрязнением окружающей среды и (или) повреждению транспортной инфраструктуры. Источником инженерно-геологического, как и экологического риска выступает взаимодействие природных и антропогенных факторов окружающей среды.

Так риск оценивается как мера опасности, включающая вероятность ущерба, т. е. риск — это мера подверженности объекта опасным природным или техногенным воздействиям или уязвимость к этим воздействиям [5], поэтому под объектом понимается магистральный трубопровод, а под опасностями изменение инженерно-геологических условий. Но в данном случае магистральный трубопровод выступает сам в качестве риска для природных комплексов. Следовательно, область применения риска расширяется и охватывает не только магистральный трубопровод, но и территорию по которой он проложен — т. к. любое изменение инженерно-геологических условий в результате которых существует вероятность повреждения магистрального трубопровода повышает вероятность опасности для природных комплексов.

Особенность инженерно-геологического риска заключается в том, что из всех видов риска, существующих для трубопроводного транспорта он самый антропоцентрический, т. к. во многом определяется человеческими решениями. С одной стороны изменение инженерно-геологических условий происходит в результате строительства и реконструкции магистральных трубопроводов, когда не соблюдение технологий земляных работ могут привести к изменению территории. Со второй стороны решение на стадии проекта может привести к возникновению аварийной ситуации.

Проиллюстрируем подобную ситуацию примером, приведённым в [4]. В данном примере рассмотрим проявления инженерно-геологического риска на всех стадиях существования магистрального трубопровода.

В результате недочёта инженерно-геологических условий не произошло равномерного отпирания на грунт трубы. Она опиралась на выступы прочных пород, расположение в траншее которых было случайным. Давление трубопровода даже после подбивки грунта воспринималось только первоначальной поверхностью. В проекте был использован расчёт нефтепровода как балки, уложенной на упругое основание, которое в данной ситуации было некорректно. Таким образом, недостоверность инженерно-геологических изысканий привела к ошибкам проектирования, когда данные проекта были недостоверны, а соответственно сам проект некорректным.

На стадии эксплуатации данный риск получил своё развитие, которое выразилось в том, что произошла сильная прогрузка трубы за счёт её обсыпки и обваловки. В результате давление на грунт превысило его расчётное сопротивление, что привело к тому, что выполненная подушка была выдавлена, прежде всего, на прочных породах и началась деформация трубы за счёт образования вмятин в её опорах. Данный процесс протекал интенсивно и был обусловлен тем, что участки трубы между прочными грунтами продолжали оседать. Оседание было обусловлено следующими причинами: выдавливанием грунта из-под трубы в связи с тем, что нагрузка от трубы превышала расчётное сопротивление грунтов; быстрым выветриванием и разрушением глинистых сланцев под влиянием воды, накапливающейся в траншее за счёт инфильтрации поверхностных вод через крупнообломочные грунты обратной засыпки; суффозионным выносом песчаных и глинистых пород потоком воды, образующимся в траншее при прокладке нефтепровода на склоне.

С одной стороны существующая в настоящее время нормативная база, где прописаны практически все опасности, которым подвергается магистральный трубопровод, и даётся их анализ, должна была не допустить образование подобной ситуации [6], однако формальное отношение к проведению инженерно-геологических изысканий и сформировало цепочку событий, которая привела его к разрушению магистрального трубопровода. Но самое интересное, что в описываемом случае ремонтные работы не только не ликвидировали условия образования вмятин на магистральном нефтепроводе, но и способствовали их дальнейшему развитию. Они проводились путём врезки поврежденных участков трубы и срезки прочных пород в местах образования вмятин. Во-первых, срезка прочных пород не обеспечивает однородности условий, как правило, труба ложится на другие выступы, которые залегают ниже срезанных. Во-вторых, в связи с тем, что изоляция замененного участка трубы проводилась после её сварки в

траншее, под трубой остаются пустоты даже при засыпке их с подбивкой грунта под нижней образующей трубы. Таким образом, проблема возникает вновь и вновь.

Данный пример показывает влияние человеческого фактора на магистральный трубопровод, где причина реализации инженерно-геологического риска — недоброкачественное отношение к проведению изысканий на таком опасном объекте как магистральный трубопровод. В данном случае — это часть информационного риска. При ответственном отношении подобная составляющая инженерно-геологического риска сведена к минимуму. Но надо понимать, что этот вид риска может выступать в качестве составляющей экстремальной эколого-геоморфологической ситуации [2], когда происходит резкое непредвиденное изменение природных условий, в т. ч. и геологической среды, а, следовательно, магистральный трубопровод подвергается опасности. Данные изменения трудно спрогнозировать, поэтому инженерно-геологический риск выступает и в качестве риска для территории, в пределах которой расположена трасса магистральных трубопроводов.

Чтобы избежать последствий проявления инженерно-геологического риска не только для магистрального трубопровода, но и территории требуется комплексный подход. Он позволяет оценить не только инженерно-геологические условия трасс, но выявить ряд элементов, представляющих ценность территории. При этом надо учитывать границу воздействия магистральных трубопроводов и примерную площадь поражения в результате аварий на них, которая может составлять около 1 000 м² (авария в Ногинском р-не Московской обл.).

Таким образом, инженерно-геологический риск является одной из составляющей геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов при проведении которой выявляются участки, где в случае реализации инженерно-геологического риска последствия его будут наиболее значимыми. К ним относятся: инфраструктура территории (пути сообщения, жилые и промышленные здания), сельскохозяйственные земли и особо охраняемые природные территории [1]. Проектировщику, строителю или изыскателю может не хватить знаний, чтобы определить уникальность территории. К этому следует добавить, что с финансовой точки зрения преобладает мнение, что привлечение специалистов из других областей знаний, не связанных с технической или экономической составляющей проекта, нецелесообразно. Это удешевляет проект, однако повышает проявление инженерно-геологического риска, как на магистральном трубопроводе, так и для территории.

Как мы видим, инженерно-геологический риск нельзя рассматривать без увязки с последствиями для территории, но в тоже время нельзя игнорировать и техническое состояние трубы. Резкая смена инженерно-геологических условий может привести к инициации разрыва в тех местах трубопровода, где был совершен брак в результате монтажных работ, однако до этого момента они существовали спокойно. Спрогнозировать резкое изменение инженерно-геологических условий очень сложно и практически невозможно спрогнозировать.

Таким образом, инженерно-геологический риск представляет собой один из факторов безопасного функционирования магистрального трубопровода. Он может проявляться на стадии проектирования, функционирования и реконструкции трубопроводного транспорта. Чтобы понять к чему может привести последствия его реализации, требуется провести оценку ценности территории, а сделать это без геоэкологических критериев довольно сложно. Если данные критерии не будут учитываться при проведении и анализе инженерно-геологического риска, то предотвратить ущерб для территории будет очень сложно. Большое влияние человеческого фактора, что делает его одним из важнейших критериев при проведении геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов.

1. *Мякота В. Г.* Критерии геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов // Навук. зап. Сумського держ. пед. ун-ту. Геогр. науки. Суми: СумДПУ, 2012. Вип. 3. С. 34—36.
2. *Мякота В. Г.* Оценка опасных геологических процессов на трассах магистральных трубопроводов республики Беларусь с использованием материалов дистанционных съёмок. Минск: «Ривш», 2006. С. 145—147.
3. *Павлейчик В. М.* Оценка экологических рисков (на примере Оренбургской области) // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 118—124.
4. *Пендин В. В., Овсянникова О. С., Дубина Т. П.* Геоэкологический мониторинг объектов магистральных трубопроводов // Изв. высш. учебн. заведений. Геология и разведка. 2002. № 5. С. 109—114.
5. *Хомич В. С., Кукарека С. В., Кухарчик Т. И. и др.* Методические подходы и опыт оценки экологического риска // Природопользование 2005. № 11. С. 13—22.
6. *Швырев А. А.* Анализ риска для опасных производственных объектов транспортных предприятий АОА «Газпром» // Энергия: экономика, техника, экология. 2011. № 11. С. 53—58.

Л. А. Нечипоренко, А. К. Карабанов, А. В. Матвеев

Институт природопользования НАН Беларуси

О СТРУКТУРЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС

При размещении АЭС, согласно Техническому кодексу установившейся практики (ТКП), особое внимание отводится учёту процессов, явлений и факторов природного происхождения как обязательному условию обоснования экологической безопасности таких объектов. Данное требование не менее важно учитывать и после ввода АЭС в эксплуатацию, поскольку на этом этапе возможна активизация природных процессов под влиянием техногенных нагрузок [1—4].

В Национальной системе мониторинга окружающей среды (НСМОС) Республики Беларусь, как информационной базе о состоянии различных её сред, природоохранительными организациями и ведомствами осуществляются разнообразные наблюдения и контроль за отдельными параметрами этой среды. Изучение структуры НСМОС в ходе проведения геодинамических исследований в районе строящейся Белорусской АЭС показало, что из тех 13 включённых в структуру отдельных видов мониторинга за геодинамическими параметрами геологической среды осуществляются наблюдения лишь с помощью сейсмических станций. Однако, даже такие исследования Центра геофизического мониторинга Национальной академии наук на ближайшем пункте (Нарочанский стационар) проводятся за пределами района АЭС. Другие виды мониторинга (комплексный — БелНИЦ «Экология», физических явлений — РЦГЭ при участии БелНИСГИ, радиационный — ЦРКМ Госкомгидромета, гидросферы — ЦРКМ Госкомгидромета и ПО «Беларусьгеология» и т. д.) также направлены на конкретные наблюдения на ранее созданных стационарах, полигонах, постах, пунктах, объектах за пределами района размещения АЭС. Данные этих наблюдений, объединенные общностью целей, назначением, информационным единством, могут служить в дальнейших исследованиях лишь дополнительной контрольной базой.

Вместе с тем, система НСМОС предполагает в случае необходимости создание локальных мониторинговых сетей в районах со сложной экологической и геодинамической обстановками и на территориях размещения экологически опасных объектов народного хозяйства. Следовательно, создание системы комплексного геодинамического мониторинга геологической среды в районе строящейся АЭС является необходимой и неотъемлемой частью исследований природной обстановки на территории республики.

Для получения комплексной информации о состоянии окружающей среды в пределах размещения инженерных сооружений площадки и района воздействия АЭС предлагается следующая схема основных составляющих геодинамического мониторинга (рисунок).

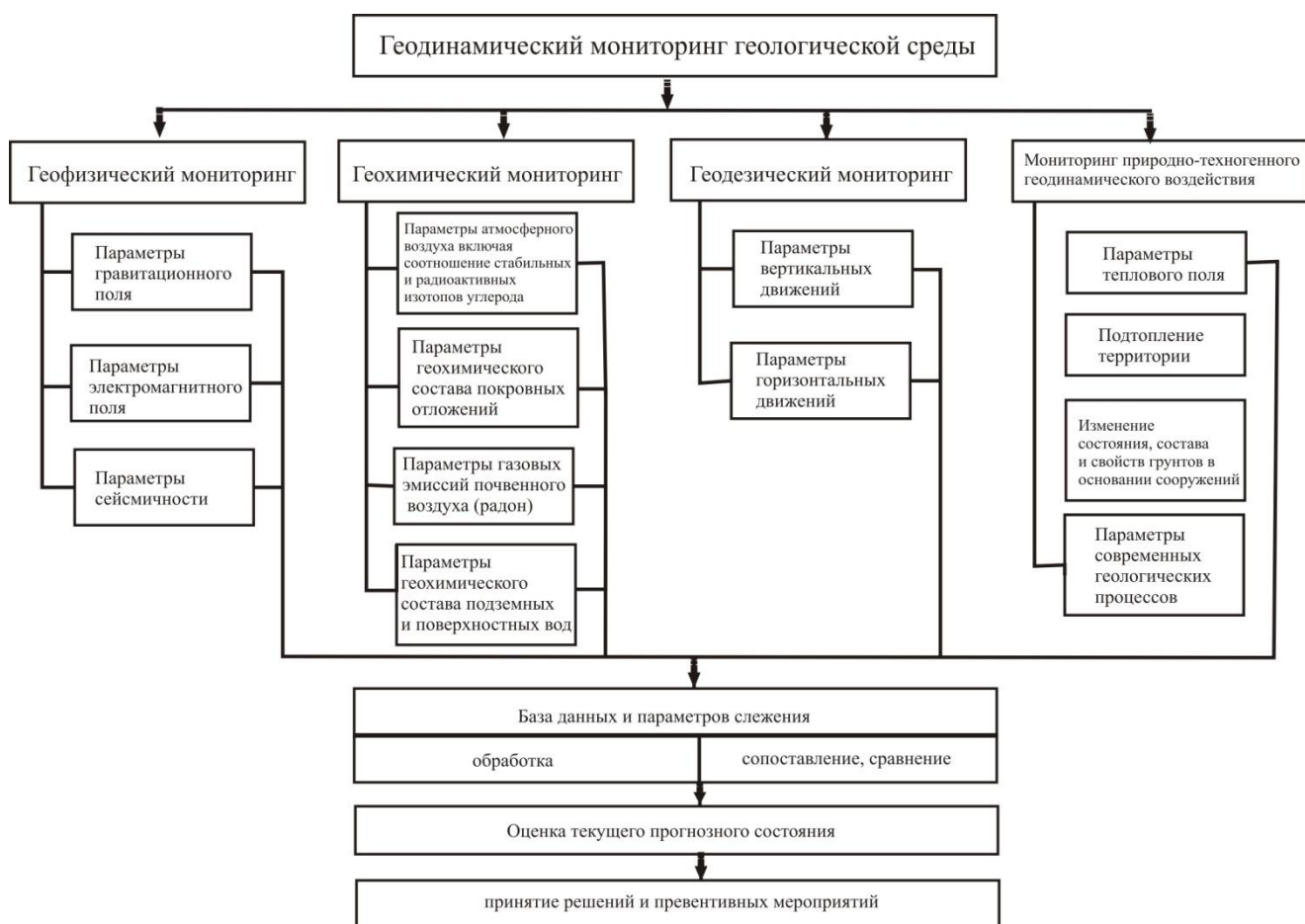


Рисунок — Схема комплексного геодинамического мониторинга в районе строящейся АЭС

Для осуществления подобных наблюдений на начальном этапе были намечены линии опорных профилей, по которым выполнен ряд режимных измерений (гравиразведка и радонометрия). Анализ состояния реперной сети, а также учёт требований по мониторингу окружающей среды районов АЭС, выявил определённую неполноту проводимых наблюдений (по ряду причин), которую необходимо ликвидировать при формировании окончательной структуры геодинамического контроля.

В связи с тем, что в районах размещения АЭС формируются специфические природно-техногенные условия, отличающиеся определёнными тенденциями, которые могут иногда приводить к негативным эколого-экономическим последствиям, необходим более детальный и систематический учёт факторов, которые отражают такие изменения.

Прежде всего, следует расширить границы слежения за состоянием окружающей среды, находящейся под влиянием будущей АЭС, и, следовательно, целесообразно заложить дополнительную режимную сеть или восстановить ранее существующую для пополнения базы фоновой геолого-геофизической, геохимической и иной информации с обязательным пересечением установленных зон динамического влияния разрывных нарушений.

Особо следует подчеркнуть на необходимость некоторых видов предлагаемой схемы мониторинга, которые в настоящее время либо не проводятся, либо осуществляются в ограниченном объёме. Так, обязательными составными частями наблюдений за геодинамической обстановкой в районе АЭС должны стать компоненты магнитного, электрического и температурного полей, процессы тепломассопереноса, геодезические измерения вертикальных и горизонтальных движений земной коры, проявления экзогенных процессов. Важное значение имеет также организация контроля за геохимическими особенностями покровных отложений, воздушной среды, растительности, подземных и поверхностных вод. При этом наряду с определениями концентраций основных макро- и микроэлементов, особого внимания заслуживает анализ соотношений стабильных и радиоактивных изотопов С.

Все получаемые материалы геодинамического мониторинга позволят создать базу данных состояния и направлений изменения геологической среды в районе АЭС, давать их прогноз на перспективу. Эти данные явятся одним из звеньев той организационно-функциональной мониторинговой структуры, которая будет осуществлять наблюдения за районом АЭС в целом и всеми возможными природно-техногенными изменениями окружающей среды.

1. *Королев В. А.* Мониторинг геологической среды // Под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2009 / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Минск: БелНИЦ «Экология», 2010. 344 с.
3. Размещение атомных станций. Руководство по разработке и содержанию обоснования экологической безопасности атомных станций. ТКП 099-2007(02120/02300) утверждён постановлением Министерства природных ресурсов ... от 10 октября 2007 г. № 6-т. 88 с.
4. *Яковлев Е. А., Графский Б. В., Лисиченко Г. В., Саботович Э. В.* Итоги и задачи изменений геологической среды в районах возведения атомных электростанций // Проблемы рационального использования геологической среды. М.: Наука, 1988. С. 203—224.

М. П. Оношко¹, И. В. Джуро¹, В. А. Ганич²

¹ Государственное предприятие «БелНИГРИ»

² Белорусский государственный университет

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Исследования проводились в северо-западной части Беларуси, в административном отношении это была в основном территория Островецкого р-на, а также северо-запад Сморгоньского, запад Мядельского и юго-запад Поставского р-нов.

Основными элементами строения поверхности исследованной территории являются долина р Вилии, плоско-волнистая Вилейская равнина по обе стороны долины и моренные возвышенности: Свирская — на северо-востоке и Ошмянская — на юго-западе.

В геолого-тектоническом отношении исследуемая территория расположена в средней части Прибалтийской моноклинали, между Вилейским погребённым выступом кристаллического фундамента и далеким крылом Балтийской синеклизы. Глубина залегания фундамента и общая мощность осадочного чехла изменяется от 347 до 410 м.

Большая часть исследованной территории расположена в пределах области поозёрского оледенения (Белорусское Поозерье), юго-западная часть её относится к области припятского оледенения.

Опробовались современные покровные отложения. Проведена аналитическая обработка геохимического материала по 330 пробам пород исследованной территории. Из них в 130 пробах спектральным эмиссионным методом сделано количественное определение микроэлементов и в 230 пробах рентгено-флюоресцентным методом определён макроэлементный состав отложений.

Содержание макроэлементов (SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2) и микроэлементов (Pb , Ni , Co , Cr , V , Mn , Ti , Zr , Cu , Ba) в покровных отложениях исследованной территории изменяется в значительных пределах. Коэффициент вариации (КВ) в целом по исследованной территории среди макроэлементов изменяется от 14 % у SiO_2 до 230 % у CaO . Очень широкий разброс значений концентраций у P_2O_5 (от «не обн.» до 3,30 %) и у K_2O (от «не обн.» до 46,9 %), что при расчёте КВ дало значения свыше 480 % — для P_2O_5 и около 540 % — для K . Для микроэлементов КВ значительно ниже — колеблется от 20 % у Ba до 58 % у Mn .

Таблица — Кларки концентрации химических элементов в покровных отложениях листа N-35-41 (Свирь), глубина отбора 0,10—0,15 м (отбор — август 2012 г.)

Показатели	Pb	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu	Ba	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O
Кларк четвертичных пород Беларуси	14,9	11,9	7,8	34,2	29,0	369	2170	182	16,2	—	2,2	2,6	4,3	72,5	—	1,4	10,9	0,50
супесчаные отложения	0,98	2,21	0,50	6,36	1,40	0,92	0,72	2,23	1,25	—	0,73	0,34	0,68	1,07	—	0,72	0,57	1,36
песчаные отложения	0,60	2,13	0,45	6,40	1,21	0,69	0,54	1,99	1,10	—	0,60	0,17	0,61	1,08	—	0,59	0,50	1,19
суглинистые отложения	1,26	2,71	1,03	6,32	1,79	1,46	0,99	2,00	1,36	—	0,95	0,44	0,86	0,98	—	0,94	0,70	1,43
в целом по опробованной территории	0,96	2,24	0,54	6,33	1,40	0,94	0,73	2,16	1,23	—	0,74	0,33	0,70	1,05	—	0,72	0,57	1,33
Кларк моренных поозёрских отложений	14,0	21,0	15,0	45,0	39,0	473	3230	157	12,0	115	3,0	3,6	5,6	67,4	0,09	2,0	13,4	0,46
супесчаные отложения	1,05	1,25	0,26	4,83	1,04	0,72	0,49	2,59	1,68	3,30	0,54	0,24	0,47	1,15	0,62	0,50	0,46	1,48
песчаные отложения	0,64	1,21	0,23	4,87	0,90	0,54	0,36	2,30	1,49	2,96	0,44	0,14	0,66	1,16	0,15	0,41	0,41	1,30
суглинистые отложения	1,34	1,53	0,54	4,89	1,33	1,14	0,66	2,31	1,84	3,27	0,70	0,32	0,41	1,06	0,59	0,66	0,57	1,55
в целом по опробованной территории	1,03	1,27	0,28	4,81	1,04	0,74	0,49	2,51	1,67	3,24	0,54	0,24	0,53	1,13	0,66	0,51	0,46	1,44
Кларк почв Беларуси	12,0	20,0	—	36,0	34,0	247	1562	336	13,0	—	1,65	0,94	1,71	86,3	0,16	0,66	6,81	0,64
супесчаные отложения	1,22	1,31	—	6,04	1,19	1,38	1,01	1,21	1,55	—	0,92	0,89	0,86	0,94	0,35	1,87	0,98	1,01
песчаные отложения	0,75	1,27	—	6,08	1,03	1,03	0,75	1,08	1,37	—	0,76	0,52	0,78	0,85	0,08	1,52	0,86	0,89
суглинистые отложения	1,57	1,61	—	6,00	1,53	2,19	1,37	1,08	1,70	—	1,19	1,17	1,09	0,23	0,33	2,43	1,20	1,06
в целом по опробованной территории	1,20	1,33	—	6,01	1,20	1,41	1,01	1,17	1,54	—	0,92	0,89	0,88	0,91	0,37	1,88	0,98	0,99

Сравнение содержаний химических элементов в покровных отложениях территории с кларками четвертичных пород Беларуси [1, 2], в т. ч. с моренными поозёрскими отложениями [3], показало, что концентрации Ni, Cu, Zr, Ba превышают кларк по Беларуси от 1,2 до 3,3 раза. Особенно значительное превышение кларка у Cr — в 4,8 раза. По химическому составу покровные отложения обследованной территории в 1,2—1,5 раза по отношению к почвам Беларуси обогащены микроэлементами, особенно Cr — в 6,0 раза [4]. На уровне кларка содержание Zn и Zr. Среди макроэлементов выше содержание Mg, ниже — P [5]. Геохимический индекс исследованных минеральных почв по отношению к кларку почв Беларуси имеет следующее выражение:

$$Ti, Na, Al, Si, Fe, Ca, (0,9 - 1,1) \frac{Cr(6,0), Mg(1,9), Cu(1,5), Mn(1,4), Ni(1,3), Pb, V, Zr(1,2)}{P(0,3)}$$

Анализ местных геохимических полей изученной территории показал, что фон участков, сложенных суглинистыми отложениями, по сумме микроэлементов равен 3 776 мг/кг. Фон участков супесчаного состава немного ниже — 3022 мг/кг, что в 1,5 и 1,2 раза выше фона участков с песчаными отложениями (2 442 мг/кг) соответственно.

Сопоставление максимальных величин содержаний химических элементов, определяющих возможность концентрирования элементов и формирование геохимических барьеров, с величиной концентраций расчётного нормального геохимического поля свидетельствует о наличии превышений, особенно на участках суглинистого и супесчаного литологического состава. По этим участкам отмечены аномальные содержания химических элементов, особенно микроэлементов, при уровне значимости 0,05.

1. Бордон В. Е., Матвеев А. В., Аношко Я. И. и др. Кларки микроэлементов в четвертичных отложениях Беларуси // Докл. НАН Беларуси. 2002. Т. 46, № 6. С. 85—84.
2. Бордон В. Е., Матвеев А. В., Аношко Я. И. и др. Кларки породообразующих элементов в четвертичных отложениях Беларуси // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 47, № 1. С. 104—106.
3. Матвеев А. В., Бордон В. Е., Бордон С. В. Кларки микроэлементов в основных генетических типах четвертичных отложениях Беларуси // Литосфера. 2007. № 1(26). С. 122—126.
4. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1992. Т. 36. № 5. С. 461—465.
5. Лукашев К. И., Петухова Н. Н. Химические элементы в почвах. Минск, 1970. 232 с.

И. В. Оснюк, Д. Л. Творонович-Севрук

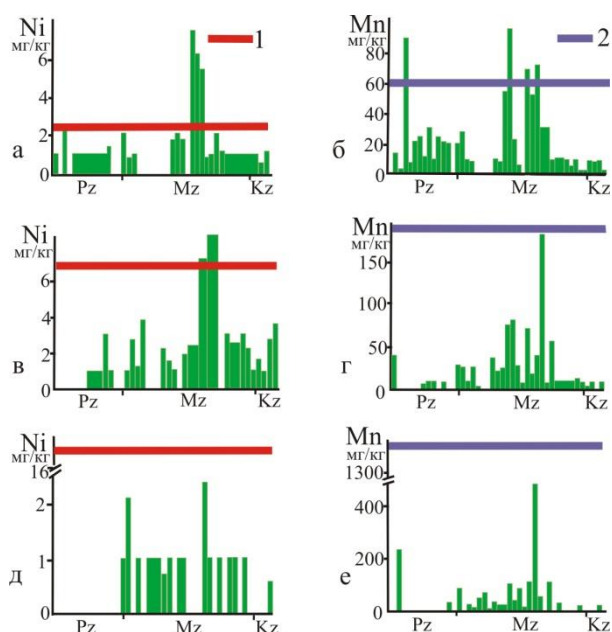
Белорусский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ Fe В СОВРЕМЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Продукты выветривания скальных пород, по-видимому, в большинстве случаев являются основным источником поступления Ni, Co и Cr в трансаквальные ландшафты [1, 2]. Подобные закономерности отчётливо проявляются при распределении Ni и Cr в аллювии 100 рек Японии. Установлено, что в пределах дренирования реками пояса серпентиновидных горных пород происходит увеличение валовой концентрации Ni и Cr в поверхностных слоях аллювиальных отложений. Коэффициенты корреляции между Ni и Cr в этих районах достигают +0,91, тогда как в пределах водосборов, находящихся под воздействием техногенеза, корреляция снижается до +0,51 [3]. 10-летние наблюдений за изменениями концентрации Mn, Ni, Cr и Co в эстуарии р. Мерси (Франция) и эстуарии р. Чандзян (Янцзы) (Китай) позволяют установить взаимосвязь между содержанием металлов, органического вещества и глинистой фракции [1, 3]. Установлено, что среднее содержание Mn в тонкопелитовой фракции больше, чем в субколлоидной: 0,50 % и 0,34 % соответственно; данный металл, активно поглощая Ni, увеличивает его концентрацию в

тонкопелитовой фракции взвеси. Об определённой близости процессов гранулометрического и химического фракционирования осадочного материала в водосборах Беларуси и иных регионов с гумидным типом литогенеза свидетельствует повышенное содержания Mn и Ni в тонкопелитовых фракциях покровных отложений: 4 500 мг/кг и 103 мг/кг по сравнению с песчаной — 800 мг/кг и 17,3 мг/кг соответственно [4, 5].

Горные выработки являются выраженными источниками поступления Mn, Ni, Cr и Co в аквальные и трансаквальные ландшафты. Интенсивность переноса металлов водами находится в прямой зависимости от содержания органического вещества, которое образует комплексные соединения с металлами, что показано на примере национального парка Донана (Испания) [2]. С другой стороны, помимо источников естественного и техногенного поступления металлов, содержание Ni и Cr в аллювиальных отложениях р. Эльба на территории Германии зависит не только от их минерального состава и геологии дренируемых водотоком водосборов, но и от закономерностей преобразования вещества в процессе аллювиального литогенеза. Схожие результаты отмечаются при изучении распределения точечных и неточечных источников Mn, Ni, Cr и Co в реках Рио-Гранде и Ред-Ривер на севере шт. Нью-Мексико (США). Установлено, что увеличение концентраций Mn может обуславливаться не только поступлением в виде стоков антропогенного происхождения, но и при выщелачивании молибденовых руд. Показано, что неточечные источники поступления Mn и Fe играют большую роль в поступлении металлов в водотоки. Роль речной долины в миграции металлов отчётливо выражена в бассейне р. Дервент (Великобритания) в районе добычи полиметаллических руд, где Mn, Ni, Cr и Co, накапливающиеся в долинном комплексе аллювиальных отложений, способны к ремобилизации из осадков [6]. Изучение особенностей распределения Mn, Ni, Cr и Co в донных отложениях канадских озёр Святого Лаврентия и Сент-Луи показало, что в условиях сильных течений поступление Co и Cr происходит из местных источников загрязнения, тогда как Mn более связан с природными источниками поступления [6]. При изучении распределения Cr в водосборах установлено, что данный элемент поступает в покровные отложения преимущественно со сточными водами. Установлено, что между содержанием Cr, Mn и Fe есть тесная корреляция, Mn выступает приёмником электронов, когда Fe способствует окислению Cr^{3+} . Геологический фактор обуславливает рост концентрации Co в покровных отложениях крупнейших водосборов Китая. Наличие глинистого и органического вещества в отложениях речной долины, а также наличие Mn и Fe является определяющим фактором концентрации Co [7]. Источниками фонового поступления Ni и Cr в водную среду в Новой Зеландии являются вулканическая и гидротермальная деятельность, выщелачивание из горных пород и в меньшей степени — выпадения из атмосферы [8]. Таким образом, в зоне гипергенеза поступление Mn, Ni, Co и Cr в современные аллювиальные отложения из пород фундамента и осадочного чехла отчётливо выражено.



содержание Mn и Ni: а, б — в аллювиальных песках; в, г — в глинистых разностях аллювиальных отложений; д, е — в карбонатных породах; 1 — содержание Ni в современных аллювиальных отложениях вне урбанизированных территорий; 2 — содержание Mn и в современных аллювиальных отложениях вне урбанизированных территорий

Рисунок — Содержание Mn и Ni в породах платформенного чехла Беларуси от протерозоя до кайнозоя, мг/кг (составлено по данным [11, 12])

Особенности распределения Mn и Ni в породах кристаллического фундамента и осадочного чехла Беларуси. Среднее содержание Mn в породах кристаллического фундамента составляет 278,8 мг/кг, кларк в литосфере — 1 000 мг/кг, в кристаллических породах Белорусского кристаллического массива практически вдвое ниже — 530 мг/кг. Осадочные породы Беларуси содержат повышенное количество Mn (до 2 178 мг/кг). В направлении с севера на юг происходит снижение концентраций Mn в покровных отложениях квартала — от 256,6 мг/кг до 98,6 мг/кг. Данное обстоятельство, вероятно, может быть обусловлено выносом Mn из более древних отложений юга, или его поступлением из областей за пределами Беларуси.

Породы кристаллического фундамента Беларуси содержат в среднем 38,2 мг/кг Co, кислые — 19,4, средние — 43, основные — 91,8 мг/кг. Кларк Co для осадочного чехла Беларуси составляет 1,5 мг/кг [9].

На рисунке показаны региональные кларки Mn и Ni пород осадочного чехла и кристаллического фундамента Беларуси (PR—KZ) и среднее содержание данных элементов в современных аллювиальных отложениях малых и средних рек вне урбанизированных территорий.

В покровных отложениях Беларуси среднее содержание Mn (мг/кг) составляет 165,5 мг/кг, в северной части — 256,6, в центральной — 172,1, в южной — 98,6 мг/кг. Повышенное содержание элемента наблюдается в областях распределения озёрно-ледниковых образований — 891 мг/кг, а также аллювии р. Днепр и р. Нёман [9, 10]. Центральнo-Нёманский район отличается максимальным содержанием Ni (50 мг/кг), близкие значения характерны для областей с хорошо развитыми озёрно-ледниковыми отложениями (40 мг/кг). Одной из важных черт геохимии Ni является его тяготение к аллювиальным отложениям.

Таким образом, наблюдается рост содержания Mn и Ni в современных аллювиальных отложениях Беларуси по сравнению с более древними породами. Концентрации данных химических элементов увеличиваются как в песчаных, так и в глинистых и карбонатных разностях.

1. Xu K., Huang S., Wu L. Исследования содержания тяжёлых металлов в донных отложениях эстуария Чандзян (Янцзы) (Китай) // Acta oceanol. sin. 1982. Vol. 4, N 4. P. 440—449.
2. Baluja G. Sources and transport of organochlorine compounds and heavy metals into waters of the National Park of Donana // Bull. Environ. Contam. And Toxicol. 1983. Vol. 5. P. 482—489.
3. Taylor D. Changes in the distribution patterns of trace metals in sediments of the Mersey estuary in the last decade (1974—83) // Sci. Total Environ. 1986. Vol. 49. P. 257—295.
4. Лукашѐв О. В., Седых К. С., Творонович-Севрук Д. Л., Осмоловская И. Г. Распределение микроэлементов в тонкодисперсной фракции антропогенных отложений Беларуси // Современные проблемы геохимии: Матер. респ. науч. конф., посвящ. 95-летию акад. К. И. Лукашѐва, Минск, 8—9 янв. 2002 г. Минск, 2002. С. 141—142.
5. Творонович-Севрук Д. Л., Лукашѐв О. В. Применение геохимических методов при поисках месторождений марганца // География XXI века: проблемы и перспективы: Матер. междунаро. науч. конф., посвящ. 70-летию географ. факультета БГУ, Минск, 4—8 окт. 2004 г. Минск, 2004. С. 307—308.
6. Rukavina N. A., Mudroch A., Joshi S. R. The geochemistry and sedimentology of the surficial sediments of lac St. Louis, St. Lawrence River // Sci. Total Environ. 1990. Vol. 97—98. P. 481—484.
7. Zucconi C., Zheng L. Поглощение Co в почвах Китая // Хуаньцзин кэсюэ сюэбао. Acta sci. Circumstantial. 1990. N 3. P. 272—279.
8. Smith D., Roy J. Sources of heavy metal input to the New Zealand aquatic environment // Soc. N. Z. 1985. Vol. 15, N 4. P. 371—384.
9. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашѐва. Минск: Наука и техника, 1969. 476 с.
10. Прикладная геохимия Беларуси и государств Балтии. Минск: ИГГиГ АН Беларуси, 1992. 212 с.
11. Геология и полезные ископаемые кристаллического фундамента и нижней части платформенного чехла Беларуси / Под. ред. А. С. Махнач. Минск: ИГН НАН Беларуси, 1995. 232 с.
12. Бордон В. Е., Ольховик Е. Т. Геохимия мезозойских отложений Белоруссии. Минск: Вышэйшая школа, 1974. 176 с.

А. А. Парфианович, Ю. А. Черняк

Барановичский государственный университет

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ НЕКОТОРЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ ГОРОДОВ

Оценка содержания химических элементов в почвах проводилась на территории городов Барановичи (Беларусь), Дрезден и Ландсхут (Германия), Падуя (Италия), Будапешт (Венгрия). Фактическим материалом работы послужили результаты приближенно-количественного спектрального анализа проб почв, отобранных в 2012 г. в указанных городах в процессе прохождения летней учебной практики под руководством В. А. Алексеевко. Для геохимического анализа отбиралась проба массой около 200 г из гумусового горизонта почвы. Геохимический анализ кернов почв был произведѐн в аналитической лаборатории ОАО «Магадангеология» г. Магадан. Результаты приближѐно-количественного спектрального анализа, а также средние содержания химических веществ по каждому городу отображены в таблице.

Анализ данных в сравнении с ПДК показал, что содержание W, V, Cn, Sr, Bi, Mn, Ba, Be, P, Mo, Sn, Ag, Cd, Li, Y, Yb не превышает допустимые нормы. Превышение ПДК получено по Pb, Cr, Cu и Zn.

Повышенная концентрация Pb, превышающая или близкая к уровню ПДК (6,0 мг/кг), выявлена в большинстве проб исследуемых почв. Среднее содержание Pb в почвах на территории г. Падуя составляет 8,0 мг/кг, г. Барановичи — 7,6 и г. Дрезден — 7,1 мг/кг. Меньше всего загрязнены Pb почвы Будапешта и Ландсхута. Главный источник загрязнения почв Pb — выхлопные газы автомобилей. Большинство соединений тяжѐлых металлов аккумулируются как раз в гумусовом горизонте. Этот металл вовлекается в биологический круговорот, передаѐтся по цепям питания и вызывают целый ряд заболеваний у животных и человека, при высоких концентрациях губительно влияют на растения, понижает биологическую активность почв.

Содержание Cr во всех пробах превышает ПДК. Допустимая концентрация для него составляет 6,0 мг/кг. В Дрездене оказалась самая большая концентрация Cr — средний показатель по городу составил 98,6 мг/кг. Это более чем в 16 раз превышает допустимое значение. В Падуе среднее содержание Cr — 53,3 мг/кг, что более чем в 8,5 раз превышает ПДК. В почвах Ландсхута Cr больше в 7,5 раз, в Будапеште более чем в 5 раз, в Барановичах — в 6,5 раз. Главными источниками Cr являются промышленные отходы (гальванические осадки, отходы кожевенных заводов и производств, где Cr входит в состав пигментов и красителей), осадки сточных вод. Высокая скорость поступления Cr в городах связана с повышенными концентрациями его в дождевых и поверхностных водах.

Средний показатель Cu превысил допустимую норму (3 мг/кг) в почвах городов Барановичи — 4,4 мг/кг и Падуя 3,7 мг/кг. В почвах Дрездена среднее содержание Cu составило 3 мг/кг. Меньше всего Cu как химического элемента, загрязняющего почвы городов, оказалось в Ландсхуте — 1,3 мг/кг. Аккумуляция в верхних горизонтах — обычная черта распределения Cu в почвенном профиле. Это явление — результат действия разных факторов, но прежде всего концентрация Cu в верхнем слое почвы отражает её биоаккумуляцию, а также современное антропогенное влияние. Загрязнение почв соединениями Cu — результат использования медьсодержащих веществ: удобрений, растворов для опрыскивания, сельскохозяйственных и коммунальных отходов, а также поступления из индустриальных источников.

Среднее содержание Zn в почвах всех рассматриваемых европейских городов не превышает ПДК (23 мг/кг), однако в отдельных пробах наблюдаются значительные количества, что является свидетельством его техногенного происхождения. Среднее содержание Zn в почвах Дрездена составляет 20 мг/кг, в Падуи — 18 мг/кг, Баранович — 16,8 мг/кг.

Таблица — Результаты приближённо-количественного спектрального анализа почв городов Европы, мг/кг

Город	Pb	Cr	W	V	Ni	Cu	Sr	Bi	Mn	Ba	Be	P	Mo	Sn	Cu	Ag	Zn	Cd	Li	Y	Yb
Дрезден	4	150	0,13	3,0	2,0	1,0	20	0,05	50	60	0,10	50	0,40	0,8	2,0	0,20	16	—	3	2,0	0,20
	10	130	0,13	3,0	2,0	1,0	20	0,06	60	60	0,10	50	0,60	2,3	3,0	0,25	20	—	4	3,0	0,30
	13	100	0,10	4,0	3,0	1,0	20	0,06	50	60	0,13	60	0,50	1,0	2,5	0,30	16	—	3	3,0	0,30
	4	80	0,10	5,0	2,5	1,0	16	0,06	50	60	0,13	60	0,50	1,0	3,0	0,20	16	—	4	3,0	0,30
	8	50	0,10	6,0	3,0	1,0	20	0,04	60	80	0,30	60	0,50	1,6	5,0	0,60	30	0,5	5	4,0	0,40
	5	100	0,10	5,0	3,0	1,0	13	0,04	60	50	0,20	80	0,60	1,3	3,0	0,60	20	—	3	2,0	0,20
Падуя	6	80	0,17	5,0	1,6	1,0	20	0,05	60	60	0,16	80	0,50	1,0	2,5	0,25	20	—	5	3,0	0,30
	13	50	—	1,0	1,3	0,8	10	0,05	60	50	0,10	60	0,25	0,6	3,0	0,10	10	—	3	2,0	0,20
	5	60	0,10	1,0	1,6	1,0	16	0,05	60	60	0,16	60	0,25	0,5	3,0	0,10	13	—	4	3,0	0,20
Ландсхут	6	50	—	0,6	1,6	1,0	20	—	50	80	0,20	60	0,30	0,5	5,0	0,10	30	—	3	2,0	0,20
	1	40	—	0,6	1,3	0,8	25	0,06	60	60	0,20	50	0,22	0,4	1,3	0,10	1	—	3	3,0	0,30
Будапешт	1,6	50	—	2,0	1,6	1,0	30	0,05	50	80	0,16	80	0,30	0,5	1,3	0,13	6	—	4	2,0	0,30
	10	50	0,10	2,0	2,1	0,6	10	—	60	60	0,13	60	0,30	1,0	4,0	0,10	30	—	3	3,0	0,30
	3	8	0,10	1,0	1,3	0,8	20	0,50	50	30	0,10	60	0,10	0,6	2,0	0,25	10	—	2	2,0	0,30
	6	40	—	1,6	2,0	0,6	10	0,60	50	60	0,20	80	0,40	0,8	3,0	0,25	16	—	2	2,0	0,20
	2	60	—	3,0	3,0	0,6	20	—	50	50	0,16	60	0,40	0,6	2,0	0,13	10	—	3	3,0	0,30
	3	30	—	1,0	1,6	0,8	60	—	50	60	0,13	60	0,20	0,8	3,0	0,20	6	—	3	2,0	0,20
	3	25	0,10	2,0	2,0	0,5	30	0,02	50	40	0,16	60	0,20	0,6	2,5	0,30	8	—	3	3,0	0,30
	8	20	—	3,0	1,6	0,8	90	0,03	60	80	0,16	50	0,16	0,5	3,0	0,40	10	—	2	3,0	0,30
	3	16	0,10	6,0	4,0	1,6	16	0,05	60	40	0,20	80	0,20	0,5	3,0	0,10	10	0,5	4	3,0	0,30
	1,6	25	—	2,0	1,0	1,0	40	0,06	50	80	0,16	65	0,13	0,5	2,0	0,08	8	—	4	2,0	0,20
Барановичи	1,6	20	—	1,6	1,3	0,6	30	0,06	50	60	0,16	65	0,20	0,4	2,0	0,10	10	0,5	3	2,0	0,20
	6	25	—	2,5	1,6	0,3	40	0,06	60	60	0,30	500	0,20	0,5	3,0	0,20	13	—	4	5,0	0,50
	1,3	50	—	1,0	1,6	0,6	30	0,06	50	60	0,13	80	0,20	0,5	2,0	0,10	10	—	2	9,0	0,30
	10	50	—	2,5	3,0	0,6	20	0,06	50	60	0,13	130	0,40	1,0	5,0	0,30	20	—	2	2,0	0,30
	13	40	0,16	2,0	3,0	0,1	10	0,06	60	80	0,16	130	0,40	1,0	8,0	0,50	13	—	3	2,0	0,30
	25	50	—	3,0	3,0	1,0	16	0,06	80	80	0,16	130	0,50	1,3	10,0	0,40	50	0,5	2	9,0	0,30
	2,5	60	0,10	2,5	2,0	0,6	40	0,06	60	60	0,10	80	0,40	0,3	3,0	0,10	10	—	3	2,0	0,30

Таким образом, геохимическое изучение почв европейских городов Барановичи, Дрезден, Ландсхут, Падуя, Будапешт выявило следующую ожидаемую тенденцию — загрязняющими элементами для почв являются лишь тяжёлые металлы. Эти элементы вместе с их соединениями характеризуются высокой токсичностью, многие из них — способностью к накоплению в живых организмах. Они широко применяются в различных промышленных производствах городов, поэтому, несмотря на очистительные мероприятия, содержание соединения тяжёлых металлов в почвах довольно высокое. Содержание микроэлементов в почвах городов, в основном, находится в рамках норм, определённых ПДК. Если выстроить изученные города по степени загрязнённости почв, то самым загрязнённым городом следует признать Дрезден. На втором месте Барановичи. Третье место занимают Падуя и Ландсхут. Самым чистым из рассмотренных городов является итальянская Падуя.

Д. В. Пислегин, Н. С. Пислегина

Тюменский государственный университет, научно-исследовательский институт экологии
и рационального использования природных ресурсов

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Наибольшую экологическую опасность при проведении буровых работ и строительстве геологоразведочных скважин представляет химическое загрязнение геологической среды, почвенного покрова, поверхностных и грун-

товых вод буровым раствором (БР), химреагентами, буровыми отходами (БО) и продукцией скважин. Источниками длительного загрязнения после проведения буровых работ являются шламовые (буровые) амбары (ША), предназначенные для сброса буровых отходов и продукции скважин.

Объекты исследований. Геохимическое изучение донных отложений ША геологоразведочных скважин проводилось с 2004—2011 гг. в Тюменской, Томской и Омской обл. (рисунк).

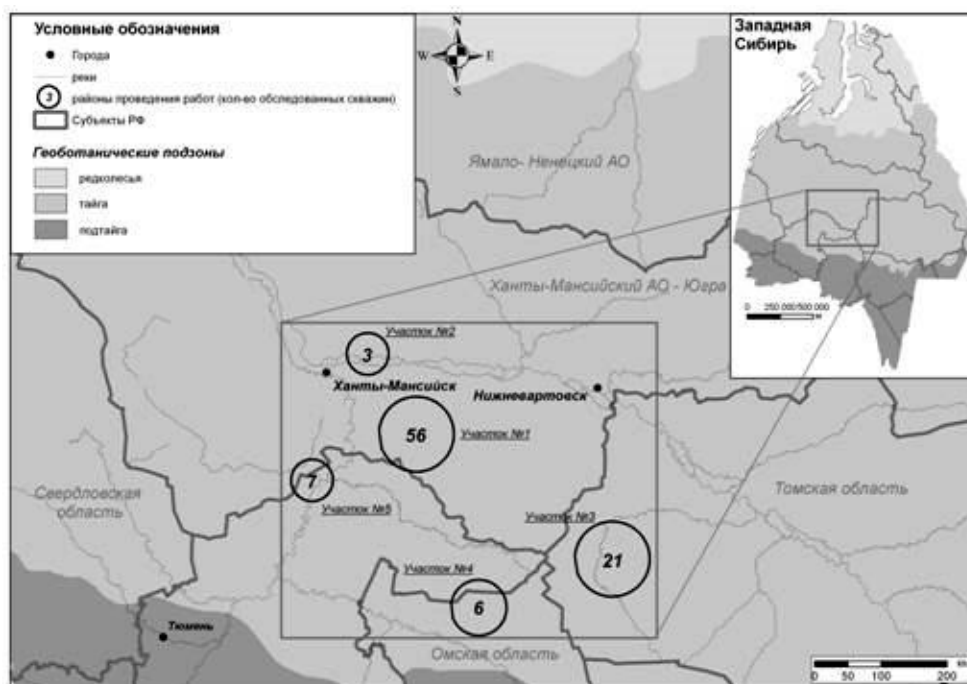


Рисунок — Схема расположения районов исследований

В ходе работ было обследовано 84 разведочные скважины и отобрано более 100 проб донных отложений из 81 амбара. Кроме этого были отобраны 14 проб в различных подтипах подзолистых почв за пределами площадок разведочного бурения для определения фоновых концентраций органических веществ (ОВ).

Результаты и их обсуждение. Бурение скважин в Западной Сибири осуществляется в осадочных отложениях, сложенных глинистыми породами. Их доля составляет 65—80 %. Химический состав БШ определяется как литологическим составом разбуриваемых пород, так и химическими реагентами, входящими в состав БР и промывочных жидкостей. При этом соотношение химических элементов в породе и шламе может существенно изменяться по мере углубления скважины [1].

Органические вещества (ОВ) донных отложений ША представлены продуктами биохимической трансформации нефти. Органолептический анализ содержания донных отложений, подтверждённый результатами лабораторных испытаний, показал, что в среднем по всем районам работ каждый третий амбар содержал нефтепродукты. Водная поверхность многих амбаров загрязнена свободной нефтью в виде слоя или плёнки. Результаты анализов ОВ нефтесодержащих донных седиментов представлены в таблице 1.

Установлено, что среднее содержание нефтепродуктов (ТРН анализ) составляет 33 703 мг/кг, что более чем в 1,6 тыс. раз превышает региональный норматив ПДУ для нефтепродуктов в донных отложения водных объектов ХМАО-Югры (20,0 мг/кг в соответствии с Постановлением Правительства ХМАО от 10.11.2004 г, №441-п). Фоновые подзолистые почвы в районе работ содержат 21 мг/кг (min 6 мг/кг и max 37 мг/кг при 95 %-м доверительном интервале), абсолютный максимум составил 83 мг/кг, что более чем в 400 раз ниже усреднённых значений по ША. Абсолютные максимумы фона и шлама различаются более чем 3 144 раза.

Средний уровень содержания нефтяных углеводородов в почвах и донных отложениях в подзоне северной тайги восточной части Западной Сибири составляет менее 80 мг/кг и 17 мг/кг, соответственно, что свидетельствует о чрезвычайно высоких концентрациях нефтепродуктов в загрязнённых донных осадках ША геологоразведочных скважин, бурившихся даже более 20 лет назад.

Среднее содержание 10-и основных ПАУ в донных отложениях ША составляет 27 285 мкг/кг (таблица 1). Чистые подзолистые почвы содержат всего от 58 до 235 мкг/кг (среднее 146 мкг/кг) указанных ПАУ, что 187 раз меньше средней концентрации суммы ПАУ в ША, а разнице в абсолютных максимальных значениях составляет 756 раз. Согласно российским нормативам, уровень ПДК установлен только для содержания бензо(а)пирена в почве 20,0 мкг/кг [2]. Российских нормативов на содержание ПАУ в донных отложениях в настоящее время нет. По Европейским нормам установлено предельное суммарное содержание в почве и донных отложениях десяти ПАУ: нафталин, антрацен, фенантрен, флюорантен, бензо(а)антрацен, хризен, бензо(а)пирен, бензо(ghi)периллен, бен-

зо(к)флюорантен, индено(1,2,3-сд)пирен — оно не должно превышать 40 мкг/кг [4]. Максимальная концентрация бензо(а)пирена в фоновых почвах района исследований составляет 14 мкг/кг, что укладывается в ПДК. В то же время, если сравнить минимальное значение концентрации бензо(а)пирена в пределах 95 %-го доверительного интервала (confidence interval) значений концентраций этого вещества в донных отложениях ША, то превышение по сравнению с фоновыми почвам составляет 6 раз, а с ПДК в почвах — в 4,2 раза.

Таблица 1 — Содержание полиароматических углеводородов (ПАУ) и суммы углеводородов (ТРН анализ), мкг/кг

Вещество	n	Mean (95 % confidence interval)			SD
		Mean	Min	Max	
Naphthalene	46	8 825,0	3 935,1	13 714,9	16 210,3
Acenaphthene	46	1 517,7	749,9	2 285,5	2 548,4
Acenaphthylene	46	540,4	254,4	826,3	948,6
Fluorene	46	3 626,9	1 588,4	5 665,4	6 756,5
Phenanthrene	46	7 792,3	3 351,3	12 233,3	14 717,3
Anthracene	46	517,4	228,4	806,4	957,9
Fluoranthene	46	445,9	232,5	659,4	708,8
Pyrene	46	988,9	538,7	1 439,0	1 496,3
Benzo[a]anthracene	46	179,9	109,2	250,6	235,7
Chrysene	46	1 436,3	602,2	2 270,4	2 763,3
Benzo[b+j]fluoranthene	46	210,3	129,7	290,9	268,4
Benzo[k]fluoranthene	46	57,9	28,5	87,2	97,2
Benzo[e]pyrene	46	562,5	319,6	805,4	808,0
Benzo[a]pyrene	46	127,2	84,2	170,1	143,5
Perylene	46	197,1	149,9	244,2	160,1
Indeno[1,2,3-сd]pyrene	46	80,9	55,8	106,0	83,9
Dibenzo[a,h]anthracene	46	55,1	23,3	86,9	105,2
Benzo[ghi]perylene	46	133,4	92,8	173,9	135,8
ΣПАУ*	46	13 862,9	13 862,9	40 707,6	44 564,7
ТРН суммы C ₁₁ —C ₄₀ , мкг/кг	77	37 379,6	18 561,9	48 843,5	62 244,8

* — сумма Naphthalene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Indeno[1,2,3-сd]pyrene, Benzo[g,h,i]perylene

Концентрации ЛАБ в донных отложениях ША приведены в таблице 2. Как следует из представленных данных, донные отложения содержат значительных концентраций алкилбензолов — в среднем около 100 мкг/кг. ПДУ содержания летучих алкилбензолов почве, принятые в разных странах, могут различаться на порядок. В России отсутствует нормирование ПДУ ЛАБ в донных отложениях, в то время как в некоторых странах Европы такое нормирование одинаково как для почвы, так и донных отложений. Среднее содержание в донных седиментах ША бензола, толуола, ксилолов, изопропилбензола и стирола более чем в 3,4, 3,6, 15,9, 3,1 и 18,7 раз превышают значения ПДУ РФ для почв соответственно. Из всех анализируемых ЛАБ, максимальное среднее содержание в ША зафиксировано для 1,2,4-Триметилбензола (9 705 мкг/кг). Однако, содержание этого вещества в РФ не нормируется, а по сравнению с западноевропейским нормативом его средняя концентрация более чем в 2,6 раз ниже значений ПДК [3]. Необходимо отметить, что значения предельно допустимые уровней нормируемых в Российской Федерации ЛАБ значительно ниже европейских.

Таблица 2 — Содержание алкилбензолов в донных отложениях ША разведочных скважин, мкг/кг

Вещество	n	Mean (95 % confidence interval)			SD
		Mean	Min	Max	
Бензол	59	1 005,9	0,0	2 709,8	505,6
Толуол	59	1 063,5	0,0	2 160,3	2 244,7
Этилбензол	59	2 621,0	383,6	4 858,4	5 760,3
м,п-ксилолы, сумма	59	8 604,1	0,0	17 607,1	30 531,0
Стирол	59	1 867,2	126,4	3 608,0	5 390,7
о-ксилол	59	4 765,6	426,7	9 104,6	14 412,9
Изопропилбензол	59	1 544,3	302,9	2 785,7	3 573
н-пропилбензол	59	1 877,2	425,0	3 330,5	3 974,7
1,3,5-триметилбензол	59	6 069,1	401,0	11 737,2	19 744,1
1,2,4-триметилбензол	59	9 705,2	0,0	19 845,3	34 293,2
Трет-бутилбензол	59	324,5	14,2	63,8	1 080,6
Втор-бутилбензол	59	1 159,9	313,1	2 006,6	2 754,3
4-изопропилтолуол	59	3 685,1	1 251,7	6 118,5	8 368,8
н-бутилбензол	59	1 695,3	336,4	3054,1	4 679,5
Σ алкилбензолы	59	99 879,2	17 282,9	182 480,0	272 821,7

Выводы. Наиболее опасными объектами, оставшимися после поисково-разведочных работ, являются геолого-разведочные скважины. Долгие годы вопросу состояния донных отложений на нефтегазоносных месторождениях

не уделялось практически никакого внимания. В настоящее время известно, что донные отложения шламовых амбаров являются хорошим сорбентом загрязняющих веществ и служат источником вторичного загрязнения природных компонентов.

1. Балаба В. И. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море // Бурение и нефть. 2004. № 1. С. 18—21.
2. ГН 2.1.7.020-94 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжёлых металлов и мышьяка в почвах (дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК 6229-91). Утв. Пост. Госкомсанэпиднадз. РФ от 27 дек. 1994 г. № 13.
3. Тяжёлые металлы в окружающей среде. М.: МГУ, 1980. 130 с.
4. Criteria for Managing Contaminated Sites in British Columbia. B. C. Environment. Canada, 1995. 38 p.

Г. В. Плескунова, С. А. Хорева

Белорусский национальный технический университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА ОБОГАЩЕНИЯ СИЛЬВИНИТОВЫХ РУД ФЛОТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Калийные руды являются основным сырьём для производства калийных и комплексных удобрений, а также других химических веществ. Калий, в основном, представлен минералом сильвин (KCl), породообразующий минерал — галит (NaCl) с примесями карналлита, ангидрита и силикатно-карбонатных материалов.

Переработка калийных руд началась в XIX в. в Страсбурге методом термического выщелачивания с последующей кристаллизацией калийных солей из насыщенных солевых растворов (*галургический метод*). Известны также флотационный, гидротермический, гравитационный и электростатические способы обогащения руды.

Среди способов обогащения главное место занимают механический (флотация) и химический (метод галургии). Процесс флотации основан на различной способности поверхностей минералов, входящих в состав обогащаемой руды, смачиваться водой или насыщенными растворами солей. При флотации через пульпу обогащаемой руды продувают пузырьки воздуха. Частицы несмачиваемых минералов прилипают к пузырькам и всплывают на поверхность, с которой удаляются в виде минерализованной пены, а смачиваемые водой частицы опускаются на дно. Таким образом, осуществляется флотационное разделение минеральных составляющих обогащаемой руды.

Большинство минералов хорошо смачивается водой, поэтому при обогащении природных руд чаще всего приходится использовать флотационные реагенты. Под воздействием этих реагентов можно направленно изменить смачиваемость поверхности того или иного минерала и таким путём регулировать процесс флотации.

Сущность галургического метода состоит в том, что хлористый К выщелачивают из сильвинита горячим оборотным щелоком, а оставшийся не выщелоченный К направляют в отвал. Полученный горячий крепкий щелок проходит очистку от солевого и глинистого шламов путём отстаивания. Из осветленного горячего щелока производят кристаллизацию хлористого К. Полученные кристаллы хлористого К отделяют от охлажденного маточного щелока, сушат и выпускают в качестве готовой продукции, а маточный щелок после подогрева возвращают на выщелачивание новых порций хлористого К.

В результате горных работ повсеместно на территории четырёх шахтных полей наблюдается деформация покрывающей толщи пород и оседание земной поверхности над отработанными горными выработками. Оседание поверхности земли над отработанными горными выработками, начинающееся через 1-2 года после выемки полезного ископаемого, достигает конечной величины 3,5—4,0 м при отработке 2-х калийных горизонтов.

Оседания земной поверхности на территории Старобинского месторождения, расположенного в равнинной северной части Припятского Полесья с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод, приводят к затоплению и заболачиванию отдельных участков шахтных полей, влиянию которых к концу отработки запасов двух горизонтов будет подвержено до 50 % площади шахтных полей. К концу процесса сдвижения их общая площадь может составить около 5 800 га.

Направления работы по снижению риска подтопления и заболачивания подрабатываемых территорий следующие: 1) применение новых технологий разработки калийной руды (селективные выемки), 2) применение закладки пустой породы в выработанное пространство. Кроме того, добываемая руда имеет относительно невысокое содержание полезного компонента (хлористого К), в среднем от 20 до 30 %. Это определяет образование значительного количества отходов при обогащении руды. Ежегодно, при существующем объёме производства в ОАО «Беларусь-калий», образуется 23—24 млн т галитовых отходов и более 2,5 млн т глинисто-солевых шламов, для складирования которых отведено под солеотвалы и шламохранилища свыше 1,9 тыс. га земель.

В настоящее время общее количество складированных в солеотвалах и шламохранилищах отходов превышает 850 млн т. Для сокращения количества отчуждения площадей под солеотвалы, в настоящее время применяется высотное складирование (100—125 м). Но это не решает проблему пылимости тонкой соляной фракции в сухую погоду, которая составляет 6 т с 1 га в год.

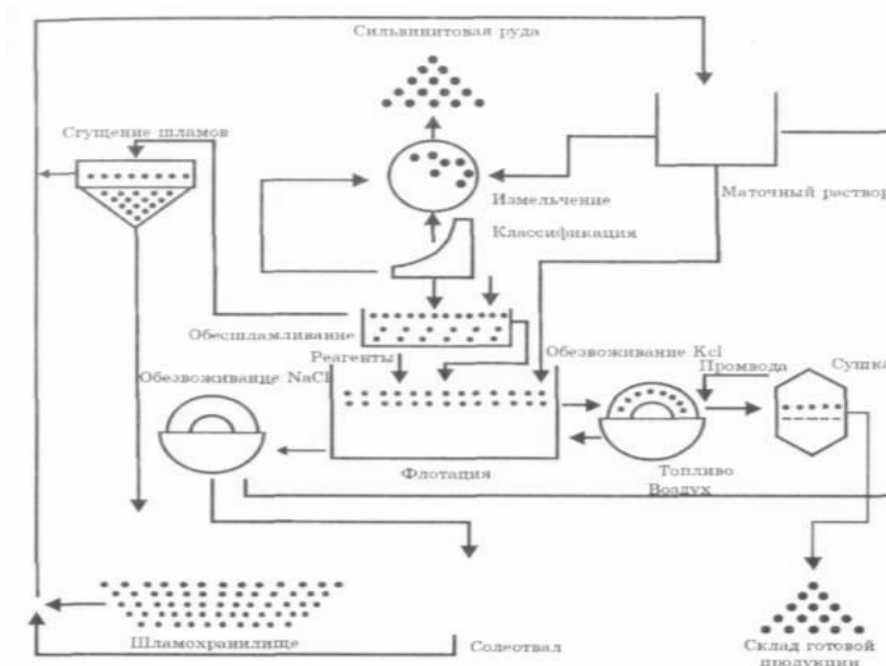


Рисунок 1 — Принципиальная схема флотационного обогащения калийных солей

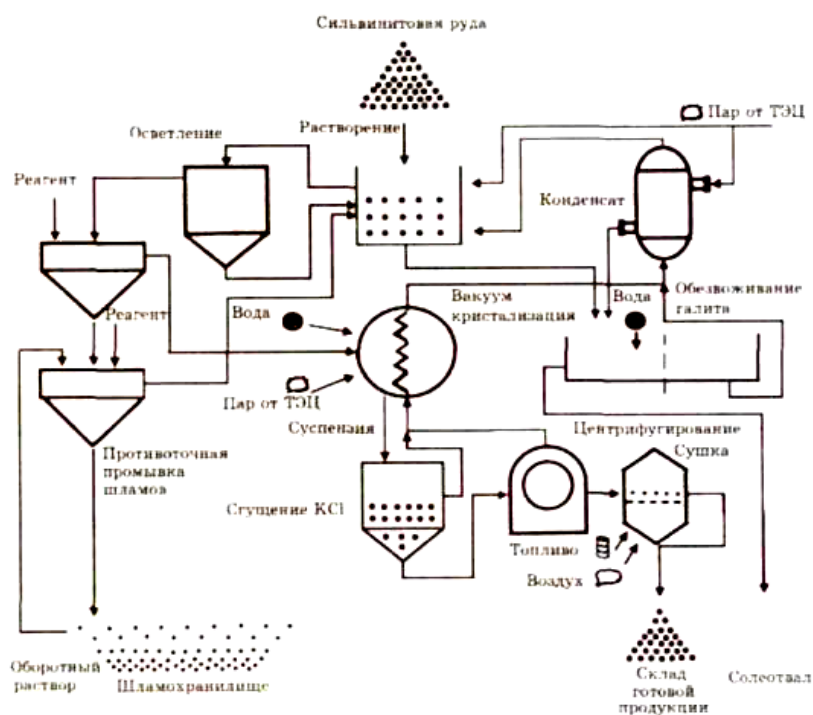


Рисунок 2 — Принципиальная схема производства хлористого К химическим (галургическим) методом

ОАО «Беларуськалий» имеет около 637 источников пылегазовыбросов в атмосферу, из них 556 организованных. Все рудоуправления и котельни не превышают установленные нормативы на выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ). Улавливаемая пыль калийного концентрата на двух первых стадиях сухой очистки входит в объёмы полезной продукции KCl. Однако её выбросы в атмосферу после очистки составляют около 2 700 т/год.

Для решения проблем, связанных с производством калийных удобрений, предлагается расположить часть корпусов обогатительной фабрики под землей в околоствольном пространстве.

Обогатительные фабрики ОАО «Беларуськалий» располагаются на поверхности. Данное расположение предполагает доставку полезного ископаемого с разрабатываемого горизонта на поверхность вместе с пустой породой содержащийся в необогащённой руде.

Недостатком данного расположения обогатительной фабрики являются: зависимость процесса обогащения от изменяющихся климатических условий на поверхности; дополнительные затраты на доставку руды до поверхности; нерациональное использование хвостов после обогащения.

Предлагается подземное расположение обогатительной флотационной фабрики, т. е. доставка необогащённой руды осуществляется только до околоствольного двора, где расположены корпуса дробления, измельчения и флотации. Концентратная пульпа после процессов дробления, измельчения и флотации подаётся к трубопроводу (расположенному в главном стволе) по которому выдаётся на поверхность. На поверхности расположено отделение обезвоживания, в котором происходит заключительный этап обогащения, и готовую продукцию перемещают на склад. Хвосты, полученные в результате обезвоживания, перемещают в бункер пустой породы, а технологическая вода доставляется по трубопроводу в корпус флотации для повторного использования. Хвосты, полученные в результате основного процесса флотации, по трубопроводу доставляются до отрабатываемого участка, где проходят процесс обезвоживания и с помощью роторных метателей помещаются в выработанное пространство, а оставшаяся технологическая вода доставляется в корпус флотации для повторного использования.

Применение подземного расположения корпусов обогатительной фабрики обеспечит: снижение затрат на транспортировку полезного ископаемого; поможет исключить зависимость процессов обогащения от климатических условий на поверхности; снизит негативное влияние горных работ на экологию района.

1. Титков С. Н., Мамедов А. И., Соловьев Е. И. Обогащение калийных руд. М.: Недра, 1982. 216 с.
2. Турко М. Р., Махлянкин И. Б., Подлесная З. С., Зеленкина В. Г. Результаты исследовательских работ по совершенствованию флотационного способа обогащения калийных руд Старобинского месторождения // Совершенствование процессов обогащения калийной промышленности. Л.: ВНИИГ, 1974. С 19—24.

Л. Н. Рябова

Институт природопользования НАН Беларуси

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА КАК ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Вопросам разработки карт, характеризующих геохимические особенности территории, в разное время были посвящены работы А. И. Перельмана, М. А. Глазовской, Н. П. Солнцевой, В. В. Добровольского. На территории Брестской обл. в настоящее время проводятся работы по геоэкологической съёмке, которые позволят составить карты загрязнения подземных и поверхностных вод, почв, пород зоны аэрации, донных отложений и др. Для составления обобщённой карты загрязнения территории исследований необходим учёт ландшафтно-геохимической обстановки и создание эколого-геохимической карты, отражающей условия миграции и накопления элементов на геохимических барьерах, ассоциации концентрирующихся на них элементов.

Примером составления эколого-геохимической карты масштаба 1 : 100 000 послужила территория Столинского р-на Брестской обл. Здесь преобладают пойменные ландшафты с хорошо выраженными поймой и надпойменными террасами, встречаются древнеозёрные котловины, занятые болотами, часто осушенными, юг участка приурочен к краевой зоне Давид-Городокско-Туровского ополья. Разнообразная природная обстановка на участке исследований способствовала развитию пестрого почвенного покрова, контрастному по классу водной миграции элементов — от кальциевого до глеевого.

Количественная и качественная оценки экологического состояния ландшафтов исследованной территории даётся на основании суммарного показателя концентраций (СПК), определяемого как сумма превышений концентраций микроэлементов над фоновыми значениями. При выделении на карте участков различного уровня загрязнённости территории микроэлементами использовались следующие показатели: при СПК: до 8 — фоновое содержание микроэлементов; 8—16 — слабый уровень загрязнения ландшафтов микроэлементами; 16—32 — средний уровень; 32—64 — сильный уровень загрязнения ландшафтов микроэлементами.

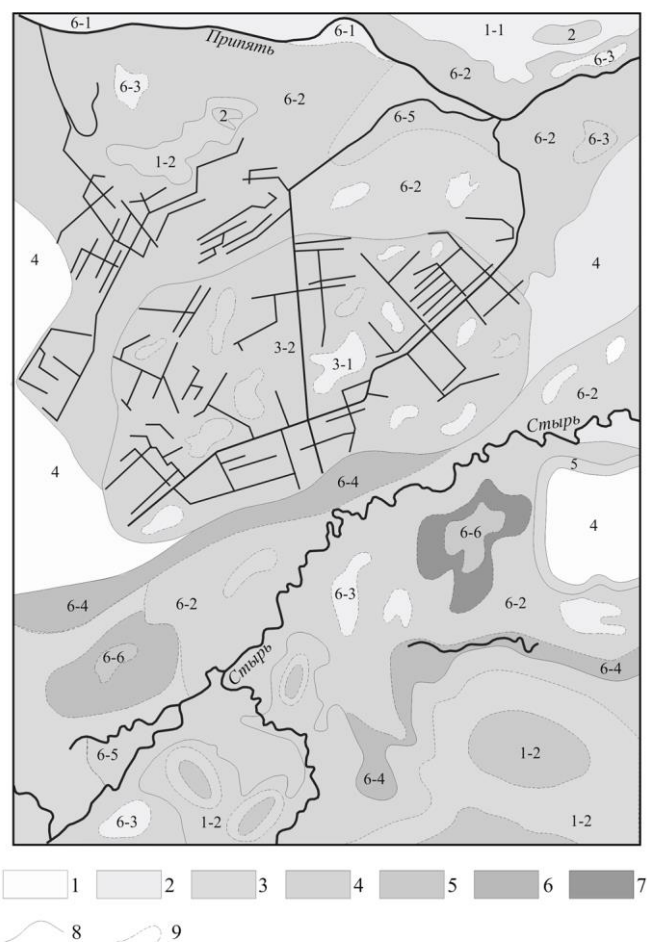
На модельном участке «Федоры-Лопатино» Столинского р-на Брестской обл. было выделено семь геохимических ландшафтов и фации, которые определяются режимом увлажнения (рисунок).

К *элювиальному ландшафту* относятся плосковолнистая водно-ледниковая равнина, сложенная песками, подстилаемыми опесчаненными суглинками, местами с включением гальки. Преобладают типы миграции: окислительный $[H^+]$ и периодически слабовосстановительный $[H^+ \leftrightarrow H^+ - Fe^{2+}]$.

Основные геохимические барьеры — кислородный и сорбционный, на которых фиксируются вышефоновые концентрации Fe, V и Pb, величина СПК равняется 8,0, что позволяет отнести ландшафт к категории слабого (близкого к фоновому) уровня загрязнения микроэлементами.

Вторые надпойменные эрозионно-аккумулятивные террасы сложены карбонатными суглинками, песками, супесью. Почвы — дерново-карбонатные в сочетании с дерново-глеевыми типами, полностью распаханы (старопа-

хотные земли). Преобладают типы миграции элементов: кальциевый $[Ca^{2+}]$, окислительный $[H^+]$, периодически слабовосстановительный на глубине $[H^+ \leftrightarrow H^+ - Fe^{2+}]$. Отмечаются вышефоновые концентрации в почвах на карбонатных песках и супесях V, Mn, Y, Yb, Co, Ni, Cu, Pb, Ti, Ba, величина СПК равняется 36,0, что свидетельствует о сильном уровне загрязнения микроэлементами. В дерново-глеевых почвах накапливаются Fe, V, Ni, Cu, Co, Mn, величина СПК достигает 18, ландшафт относится к категории со средним уровнем загрязнения территории микроэлементами.



СПК: 1 — менее 8 (ниже фона), 2 — 8—16, 3 — 17—20, 4 — 21—30, 5 — 31—40, 6 — 41—50, 7 — более 50, 8 — граница ландшафта, 9 — граница фации

Рисунок — Эколого-геохимическая карта участка исследований Федоры-Лопатино Столинского р-на Брестской обл.

К аккумулятивно-элювиальному ландшафту относятся верховые болота. Преобладают периодически восстановительно-окислительный и глеевый типы миграции химических элементов. Действуют в этих ландшафтах биогеохимический, сорбционный, глеевый барьеры, на которых концентрируются Zn, Pb, V, Mn, Cu, Fe, величина суммарного превышения концентрации микроэлементов над фоновыми достигает 22, что позволяет отнести ландшафт к территории со средним уровнем загрязнения.

К элювиально-аккумулятивному ландшафту приурочены древнеаллювиальные равнины с повышениями и понижениями в рельефе. Почвы этого ландшафта мелиорированы и почти полностью распаханы. Здесь преобладают окислительный в гумусовом горизонте и периодически слабовосстановительный в минеральном профиле типы водной миграции элементов. Действуют кислородный слабоокислый и, в нижних слоях почв, глеевый барьеры, на которых концентрируются Cu, Fe, Pb, V, Mn, Ni, Co. Величина СПК в почвах колеблется от 14 до 18, что позволяет отнести ландшафт к категории территории со слабым, близким к среднему уровню загрязнения микроэлементами.

На понижениях формируются торфяно-болотные и дерново-глеевые почвы, где на биогеохимическом, кислородном, глеевом и сорбционном барьерах накапливаются Fe, Ni, Mn, Pb, V, Cu, Co, Ba. Суммарное превышение концентраций элементов над фоновыми составляет 21—23, что позволяет отнести эти ландшафты к территории со средним уровнем загрязнения микроэлементами.

К трансэлювиальному ландшафту относятся пологоволнистые I надпойменные террасы с дюнами и западинами, сложенные песками мощностью более 3 м. Почвы — дерново-подзолистые слабоподзоленные глееватые. Гео-

химические барьеры — кислородный слабокислый, нейтральный, в нижних слоях глеевых. Содержание элементов в почвах находится в пределах или ниже фоновых концентраций.

К *трансаккумулятивному геохимическому ландшафту* относятся нижние части склонов надпойменных террас. Здесь формируются дерново-подзолистые глееватые почвы на делювиальных песках и супесях. Преобладают окислительный в верхней части почвенного слоя и периодически слабовосстановительный на глубине типы водной миграции элементов. На механическом, кислородном, кислом геохимических барьерах, накапливаются Fe, Mn, V, Cu, Ni, Cr. Суммарное превышение концентраций элементов над фоновыми содержаниями 15—17, что позволяет отнести территорию к категории со слабым уровнем загрязнения.

К *супераккумулятивному геохимическому ландшафту* относятся прирусловая пойма с прирусловыми валами и понижениями, центральная пойма с понижениями, старицами и вторичными водотоками, центральная пойма с повышениями, притеррасная пойма с понижениями, староречьями, устьевые участки притоков, древнеозёрные котловины, занятые низинными болотами.

В прирусловой пойме преобладают кислородный слабокислый, сорбционный, в нижних слоях глеевый геохимические барьеры, на которых концентрируются Fe, Ni, Pb, величина СПК колеблется от 1 до 6, что свидетельствует о фоновом содержании элементов в пределах этого ландшафта.

Для центральной поймы характерны периодически восстановительно-окислительный $[H^+ \leftrightarrow H^+ - Fe^{2+}]$, окислительный $[H^+]$ и глеевый $[H^+ - Fe^{2+}]$ типы миграции элементов. На повышенных участках рельефа формируются геохимические барьеры — сорбционный, кислородный слабокислый, глеевый, на которых концентрируются V, Cr, Mn, Cu, Pb, Ni. Величина СПК 12, что характеризует центральную пойму с повышениями в рельефе как территорию со слабым уровнем загрязнения микроэлементами.

На пониженных участках рельефа центральной поймы формируются в почвах биогеохимический, механический, сорбционный, кислородный и глеевый барьеры, на которых концентрируются Fe, Pb, Mn, Cu, Ni, Cr, Co, Ba, Y, Yb. Величина СПК колеблется от 18 до 24, что позволяет отнести ландшафт по уровню загрязнения микроэлементами к среднему.

В притеррасной пойме доминируют торфяно-глеевые и дерново-глеевые почвы, в которых на механическом, биогеохимическом, сорбционном, кислородном, глеевом геохимических барьерах накапливаются Sr, Fe, V, Cu, Pb, Ni, Y, Yb, Cr, Mn, Co, Ba, Ti. СПК колеблется в пределах 41—50, фиксируется аномалия сильного уровня загрязнения почв микроэлементами.

Для устьевых участков свойственно концентрирование на механическом, биогеохимическом, кислородном слабокислым, нейтральным, глеевом барьерах Fe, V, Mn, Pb, Cu, Co, Ti, величина СПК составляет 30—32 и территория относится по уровню загрязнения к среднему.

Древние озёрные котловины, в пределах которых развиваются торфяно-болотные и торфяно-глеевые почвы отличаются аномально высоким показателем СПК 40—56. Отмечаются наибольшие значения этого показателя в краевых зонах, где на биогеохимическом, сорбционном, кислородном кислом и глеевом барьерах накапливаются выше значений ПДК Zn, Co, V, Cu, Ni, Cr, Pb. В центральной части осушенного болотного массива накопление элементов, по отношению к фону, значительно ниже, при этом порядок их накопления сохраняется.

К *субаккумулятивному (подводный) ландшафту* относятся донные осадки р. Припять, Стирь, илы старичных и озёрно-старичных водоёмов. В песчаных и супесчаных донных отложениях реки и озёр незначительно накапливаются Co, V, Pb, Cr. Ландшафт имеет фоновый уровень содержания микроэлементов. В донных илах стариц концентрируются V, Mn, Cu, Cr, Pb, величина СПК достигает значений 20—22 и ландшафт относится к категории среднего уровня загрязнения микроэлементами.

В целом, анализ эколого-геохимической обстановки на модельном участке Столинского р-на Брестской обл. показывает, что ситуация складывается неоднородная. Наиболее благоприятные экологические условия создаются на террасах, сложенных песчаными отложениями, а наиболее экологически опасная обстановка возникает в заболоченных ландшафтах. В них формируются аномалии сильного уровня загрязнения (СПК 40—56), где накапливаются Sr, Zn (в других ландшафтах эти элементы не фиксировались). В краевых зонах болот выше значений ПДК отмечаются концентрации Ni (1,8), Cu (1,6), Pb (1,4).

А. Ю. Сивенков

Белорусский государственный университет

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ОСВОЕНИЯ МИКАШЕВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ ПО ДАННЫМ РАДАРНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

Эколого-геологические исследования по материалам радарной интерферометрической съёмки (SRTM) из космоса являются инновационной научно-методической основой познания изменений верхней части литосферы в условиях техногенеза. С помощью космического зондирования радарными системами стало реальным получение

высокоточной оперативной информации о состоянии и динамике геологической среды территорий освоения месторождений полезных ископаемых карьерным способом и проведение здесь эколого-геологического мониторинга.

Высокой трансформацией геологической среды отличается район разработки крупнейшего в Беларуси месторождения строительного камня «Микашевичи». Месторождение расположено в восточной части Лунинецкого р-на Брестской обл., в 1 км западнее п. г. т. Микашевичи в междуречье Припяти и Случи (рисунок 1).

Полезным ископаемым служат породы микашевичского интрузивного комплекса нижнего протерозоя. В настоящее время размеры карьера составляют $1,5 \times 1,3$ км, его глубина более 140 м, проектная мощность предприятия — 7,5 млн м³ щебня в год. Дальнейшее развитие предприятия предусматривает увеличение площади отработки до $1,7 \times 2,5$ км и глубины — до 210 м, расчётный срок функционирования составляет примерно 60 лет.

Разрабатываемое полезное ископаемое представлено диоритами, гранодиоритами, гранитами. Общая площадь в границах подсчёта запасов месторождения составляет 382 га. Кровля кристаллических пород залегает с большим уклоном в северном направлении, в связи с чем, мощность вскрышных пород увеличивается с 10—15 м у южного борта выработки до 50—60 м у северного (рисунок 2). Породы рыхлой вскрыши представлены песками с примесью супесей, глин и суглинков, торфом и сильнотрещиноватыми выветрелыми гранитами и диоритами.

Для использования материалов радарной интерферометрической съёмки (SRTM) в эколого-геологических исследованиях следует учитывать исходные точностные параметры и характеристики съёмочного оборудования. Анализ данных радарной съёмки при построении геоинформационной модели Микашевичского месторождения строительного камня осуществлялся в рамках проекта SRTM с целью получения цифровой модели поверхности планеты с разрешением около 30 м (1"). Выбранные параметры полета (высота орбиты 233 км, наклонение 57°, период обращения 89,2 мин) обеспечивали выполнение радиолокационной съёмки 85 % поверхности Земли, заключенной между 60° с. ш. и 54° ю. ш. [1, 2].

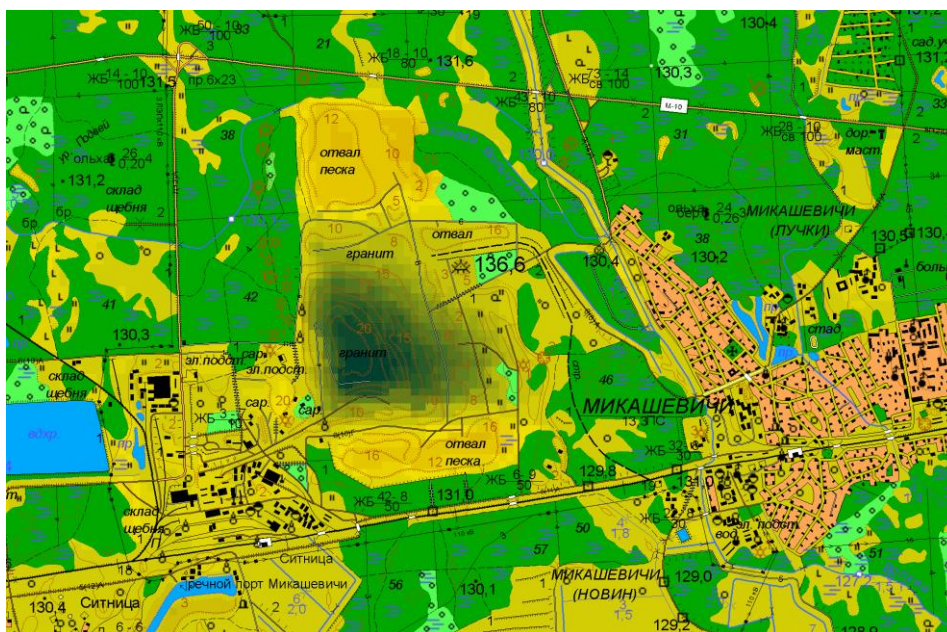


Рисунок 1 — Микашевичское месторождение строительного камня

Для съёмки использовались два установленных на борту корабля радиолокационных сенсора SIR-C и X-SAR, осуществляющих локацию поверхности планеты в диапазонах С (длина волны $\lambda = 3,75 \div 7,5$ см) и Х ($\lambda = 2,5 \div 3,75$ см) соответственно с дискретностью через 1 сек. Всего за 11 дней и 5,5 ч шаттл-носитель аппаратуры совершил 182 витка, с которых получено около 12 терабайт радиолокационных данных [1].

Использованные в построении геологической трёхмерной модели данные в 2005 г. прошли дополнительную обработку — выделение береговых линий, водных объектов, фильтрация ошибочных значений и пр. [3, 4].

При решении вопроса о возможности использования аналогичных данных SRTM в эколого-геологических исследованиях, первостепенное значение имеет их точность, заявленные значения которой составляют 20 м в плане и 16 м по высоте [1, 2]. Однако фактическая точность оказалось несколько выше расчётной (особенно для диапазона Х с более короткой длиной волны), а численные значения погрешностей для различных регионов планеты различаются в два и более раза [2]. Вместе с тем, в специальных исследованиях отмечается, что в ряде случаев, в частности, — в равнинных и слабовсхолмленных районах, данные имеют более высокую точность, а во всхолмленных и горных районах — более низкую точность [1], и содержат систематические ошибки, вызванные осреднением высот в области пятна радиолокатора, причём, высоты вершин всегда занижены, а дна узких ущелий — завышены [2].

В процессе работы предприятия возникают сложные эколого-геологические ситуации, которые, если не принимать соответствующих мер, могут привести к необратимым изменениям компонентов геологической среды как на

данной территории, так и в регионе Центрального Полесья в целом. Проблемы связаны со строительством и разработкой карьера, с вещественным составом добываемых в карьере пород, а также с поступлением в карьер подземных минерализованных вод хлоридного состава. Среди трансформаций геологической среды, определяющих эколого-геологическую обстановку в районе месторождения, выделяются следующие: изменения рельефа земной поверхности; нарушения гидрогеологических условий; преобразования состояния и свойств горных пород; нарушения гидро- и геодинамического равновесия в зоне действия карьера [4].

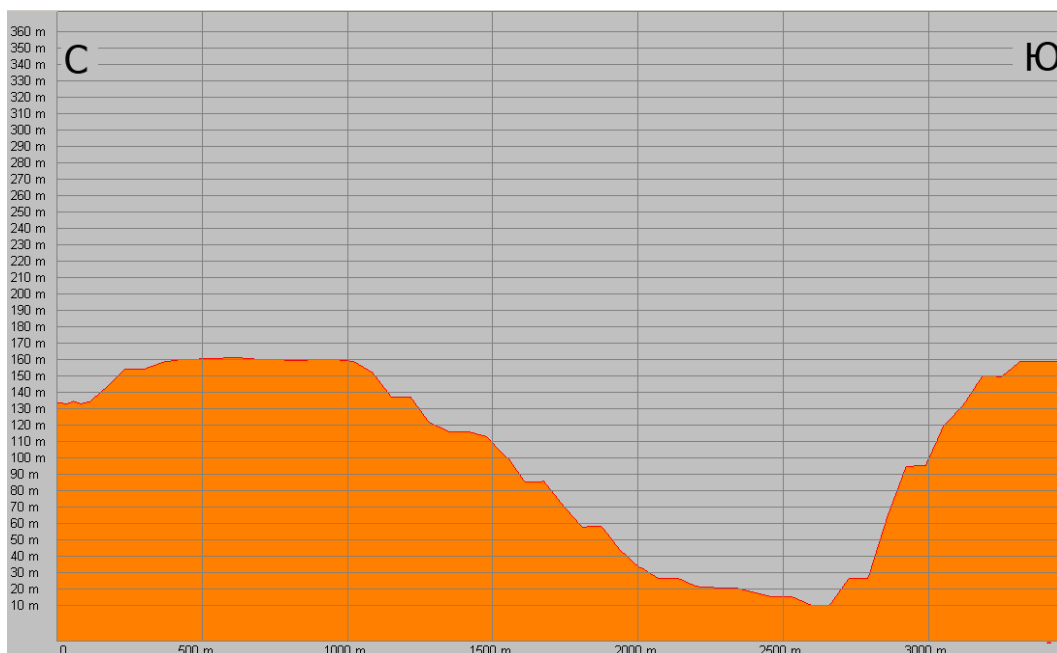


Рисунок 2 — Меридионально-ориентированный поперечный профиль Микашевичского карьера

В результате многолетней добычи строительного камня образована огромная выемка Глубиной более 120 м. Породы вскрыши складированы в отвалы, высота которых уже достигает 20 м, общий объём их 3,5 млн т, площадь — около 315 га. Почвенно-растительный слой, используемый в дальнейшем для рекультивации отработанных участков, снимается и размещается на свободных непродуктивных площадях. Отвалы образовали крупные положительные формы Рельефа с максимальной высотой 140 м, отрицательно воздействующие на общую экологическую обстановку [4].

Значительная техногенная нагрузка возникает в результате формирования элементов строительной индустрии: создаётся новая сложная городская инфраструктура, увеличивается население, расширяются границы п. г. т. Микашевичи, осваиваются новые сельскохозяйственные земли, происходит вырубка лесов, строятся дороги, сооружены канал и речной порт. Выполнение работ технологического цикла создаёт сильное шумовое загрязнение.

Разработка месторождения ведётся с постоянным водоотливом, вызвавшим снижение уровня подземных вод (УПВ) и изменение водного режима на прилегающих территориях. Значительный по площади и глубине карьер создаёт понижение почти всех водоносных горизонтов, развитых в геологическом разрезе [3]. Заболоченное понижение в рельефе существовало и до начала разработки карьера, к тому же выработкой вскрыты залегающие ниже водоносные горизонты, в результате чего образована гигантская воронка депрессии подземных вод. Снижение УПВ влечёт за собой иссушение почв и грунтов на прилегающей территории, высыхание лесов, ухудшение использования сельскохозяйственных земель. Понижение уровня грунтовых вод на 2—8 м привело к исчезновению (пересыханию) двух малых рек на территории месторождения [4].

1. Farr T. G., Hensley S., Rodriguez E. et al. The shuttle radar topography mission // CEOS SAR Workshop. Toulouse 26—29 Oct. 1999. Noordwijk. 2000, С. 361—363.
2. Карионов Ю. И. Оценка точности матрицы SRTM. [Электронный ресурс]; режим доступа: <http://www.racurs.ru>.
3. Спутниковые технологии в геодинамике / Под ред. В. Н. Губина. Минск: Минсктиппроект, 2010. 90 с.
4. Губин В. Н., Ковалёв А. А., Сладкопевцев С. А., Ясоев М. Г. Экология геологической среды. Минск.: БГУ, 2002. 120 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
И СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ**

Обеспечение населения качественной питьевой водой — важная задача современного водного хозяйства, т. к. качественная питьевая вода — это залог здоровья населения. Нами проведён анализ проблем водоснабжения Минской агломерации и населённых пунктов Клецкого р-на Минской обл.

Минская агломерация — крупнейшая урбанизированная территория Беларуси, снабжаемая водой из 12 групповых водозаборов, отдельных ведомственных скважин, Минско-Вилейской водной системы. Территория формирования водных ресурсов, используемых для водоснабжения, является зоной интенсивной хозяйственной деятельности [4]. Существующие природные условия Минской обл., в частности равнинный, слабо расчленённый рельеф, низкая интенсивность современных геологических процессов, обильность подземных вод, предопределяет средний уровень устойчивости гидрогеологической среды к техногенному воздействию. Однако степень защищённости у разных источников водоснабжения различается [4].

Водозаборы «Новинки», «Петровщина», «Зелёновка» и «Дражня» полностью или частично находятся в пределах городской территории; остальные расположены в более благоприятных экологических условиях. Добыча подземных вод осуществляется артезианскими скважинами глубиной 80—300 м, которые оборудованы на днепровско-сожском водно-ледниковом, вендском и рифейском терригенном водоносных горизонтах. На сегодняшний день в балансе водоснабжения примерно 15 % составляют поверхностные воды, которые по некоторым показателям качества уступают подземным водам. Кроме того, в связи с незащищённостью поверхностных вод от загрязнения перед подачей потребителям они требуют хлорирования, что ухудшает их органолептические показатели [1—3].

Водоносный днепровско-сожский водно-ледниковый горизонт, эксплуатируется на всех групповых водозаборах Минска, на воды горизонта приходится около 90 % поступающих в столицу подземных вод.

Формирование качества вод горизонта происходит под воздействием безнапорного горизонта грунтовых вод, через который происходит питание залегающего глубже напорного водоносного горизонта днепровско-сожских отложений. Разделяющая их толща сожской морены имеет многочисленные «литологические окна», через которые загрязнение из приповерхностной зоны может поступать в днепровско-сожский водоносный горизонт [3]. Самый высокий уровень загрязнения зафиксирован на старейшем водозаборе города — «Новинки»; во многих скважинах, расположенных вблизи частной застройки и сельскохозяйственных угодий, фиксируется высокое содержание нитратов. Кроме того, есть случаи загрязнения Cr, нефтепродуктами (1,7—8 ПДК), аммонийным N — до 3,1 мг/дм³ (1,2 ПДК), Al — до 0,7 мг/дм³ (1,5 ПДК), Cd — 0,004 мг/дм³ (4 ПДК). Наблюдается повышенное содержание B, Ba, Mn.

На групповых водозаборах сухой остаток не превышает норму, часто наблюдается недостаток F и повышенное фоновое содержание Fe. Иногда фиксируется повышенное содержание Fe, Ba, B; в некоторых показатели превышают ПДК. На водозаборе «Зелёновка» следы нитратного загрязнения фиксируются в скважинах, расположенных вблизи частной городской застройки (до 35—43 мг/дм³), в ряде скважин наблюдается загрязнение вод Cr до 0,42 мг/дм³ (8 ПДК).

Вендский и рифейский терригенный комплекс (Vgr, Vvl, Vrd, Vkt, Vvd, R, R₂pn) эксплуатируется водозаборами «Новинки», «Петровщина», «Зелёновка», «Дражня», «Вицковщина» и ведомственными скважинами. Если четвертичный водоносный комплекс получает атмосферное питание на всей территории распространения, то для протерозойского горизонта области питания и эксплуатации удалены друг от друга. К тому же нижний пресноводный горизонт отдален от насыщенной водой четвертичной толщи водоупорами. Воды обычно бесцветны, без запаха и привкуса, полностью прозрачны, без осадка и изменений при отстаивании [3].

Помимо групповых водозаборов горизонты эксплуатируются ведомственными скважинами, которые, как правило, располагаются на территориях промышленных предприятий. Наиболее высокие уровни загрязнения формируются на промышленных площадках, полигонах складированных промышленных отходов, полях фильтрации, хранилищах шлама.

На территории Клецкого р-на проживает около 10 тыс. человек, из них около 60% употребляют воду из централизованных систем водоснабжения, которое осуществляется из артезианских скважин. Скважины оборудованы на водоносном березинско-днепровском водно-ледниковом комплексе с глубиной залегания 62—104 м. Шахтные колодцы оборудованы на безнапорный горизонт грунтовых вод, которые подвергаются наибольшей техногенной нагрузке. На исследуемой территории основными загрязняющими веществами являются содержания N (нитраты до 3 ПДК) и Fe (до 3 ПДК). Азотные соединения поступают в водоносные горизонты с сельскохозяйственных угодий. Величины загрязнения вод нитратами вод централизованного водопровода меньше чем в колодцах, что обусловлено тем, что в централизованных системах водоснабжения вода поступает из более глубоких водоносных подземных горизонтов, более защищённых от загрязнения, чем верхние. Что касается содержания Fe_{общ}, его концентрации, как в воде колодцев, так и с водопровода выше нормы ПДК. В высоких концентрациях Fe велика роль фонового загрязнения. В а. г. Яновичи дополнительным источником загрязнения служит неудовлетворительное состояние водопроводных сетей.

Таблица — Относительная значимость факторов техногенного воздействия на водные ресурсы, вовлечённые в водоснабжение (в баллах)

Факторы	Баллы	
	урбанизированная местность	сельская местность
Транспортная и прилегающая к ним инфраструктура	2	1
Рекреация и туризм	1	1
Фоновое содержание в воде отдельных химических элементов	2	2
Разработка и добыча полезных ископаемых	2	0
Полигоны ТКО и ТПО	1	1
Склады хранения опасных химических веществ и нефтепродуктов	2	0
Застройка, не охваченная централизованными системами водоотведения	2	3
Интенсивный сосредоточенный отбор подземных вод	2	0
Сельское хозяйство	2	3
Сточные воды промышленности, ЖКХ, поля фильтрации	3	2
Колесование стока рек, вызывающее наводнения, паводки, засухи	1	2
Косвенные источники техногенеза	3	2

На основании проведённого исследования причинно-следственных связей между качеством вод, структурой и интенсивностью техногенной нагрузки оценена относительная значимость влияния отдельных факторов на экологическое состояние водных ресурсов, используемых для водоснабжения по 4-х бальной шкале по следующей методике: 0 — практическое отсутствие влияния, 1 балл — локальный уровень и умеренная интенсивность, 2 балла — локальный уровень, но существенная интенсивность, 3 балла — региональный уровень и умеренная интенсивность, 4 балла — региональный уровень, но существенная интенсивность (таблица).

Как следует из таблицы, влияние отдельных факторов различно для урбанизированных территорий и для сельских населённых пунктов. Важную роль в загрязнении вод играют сточные воды предприятий промышленности, наличие застроек с отсутствием централизованных систем водоотведения, АПК, косвенное техногенное воздействие промышленности и транспорта, включая выбросы в атмосферу с последующим попаданием в гидросферу загрязнённых атмосферных осадков.

Улучшения качества вод Минской агломерации можно достичь путём общей минимизации техногенного воздействия, проведением строгого мониторинга и усовершенствования коммунально-технической благоустроенности потенциальных источников загрязнения, расположенных в пределах зон санитарной охраны. Кроме этого, следует проводить фторирование и обезжелезивание вод.

В сельской местности рекомендуется минимизировать техногенное воздействие на водные ресурсы, вовлечённые в водоснабжение. В частности на территории Клецкого р-на участки, прилегающие к водозаборным скважинам, необходимо использовать как сенокосы, а не как пашни; провести работы по коммунальному благоустройству объектов животноводства и жилого сектора. Проводить просветительскую работу среди населения о влиянии качества воды на здоровье, о необходимости кипячения воды из колодцев, ограничении водопользования из нецентрализованных источников во время весеннего половодья и др.

Качество воды из водопроводов в столице является самым высоким в стране. По данным за 2006—2012 гг., всего 5 % проб воды из коммунальных водопроводов не соответствовало требованиям, тогда как в целом по стране этот показатель колеблется от 15 до 20 %. В Минске и Минской обл. несоответствие качества воды требованиям часто связано с повышенным содержанием общего Fe. Наблюдается эпизодическое превышение норм ПДК по общей жёсткости, содержанию Mn, соединениям N, Cl [4]. Согласно руководству по качеству питьевой воды Всемирной организации здравоохранения, концентрация Fe в воде 2 мг/дм³ не представляет опасности для здоровья людей, однако в Беларуси ПДК по Fe для питьевых вод составляет 0,3 мг/дм³. Более жёсткие требования, предъявляемые к питьевой воде в Беларуси, предопределяют высокий удельный вес проб, не отвечающих требованиям по содержанию Fe [4].

Минимизация техногенного воздействия на окружающую среду позволяет улучшить качество водных ресурсов, однако, в силу высокой доли трансграничного загрязнения воздуха и развитой структуры хозяйства решение этой задачи представляется проблематично. Наиболее доступным путём повышения качества водных ресурсов, используемых в водоснабжении, является техническо-коммунальное благоустройство локальных источников загрязнения отдельных водозаборов.

1. Коммунальная гигиена // М-во здравоохранения Республики Беларусь. Минск, 2011. Вып. 1 (11). 120 с.
2. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Минприроды РБ. Минск, 2012. Режим доступа: <http://minpriroda.by>. Дата доступа: 27.07.2012.
3. Пояснительная записка к серии гидрогеологических карт территории Беларуси масштаба 1 : 500 000 / «БелНИГРИ». Минск, 2010. 102 с.
4. Ясоев М. Г., Таликадзе Д. Д., Шеринев О. В. Геоэкологические проблемы водоснабжения городов Минска и Тбилиси // Вести БГПУ. Сер. 3. 2012. № 1. С. 38—42.

**КАРТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Ni и Co В СОВРЕМЕННОМ АЛЛЮВИИ
МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК БЕЛАРУСИ**

Под современными аллювиальными отложениями можно понимать несцементированные осадки постоянных водотоков, находящиеся на стадии седиментогенеза [1]. Данные осадки перекрывают аллювиальные отложения, вышедшие из процесса осадкообразования и находящиеся вне воздействия процессов современного аллювиального седиментогенеза.

Геохимия аллювия крупных рек Беларуси детально изучалась на протяжении второй половины прошлого столетия рядом исследователей (В. А. Кузнецов и др.), тогда как соответствующее изучение современных отложений малых и средних рек Беларуси проводилось в меньшей степени. Указанные образования представлены продуктами сочетания перстративного (перестилаемого) и констративного (циклического) аллювия. Малые и средние реки, вместе с тем, имеют низкую эрозионную способность, вследствие чего в составе современного аллювия существенную роль играют различные субфациальные образования (наилки), содержащие, по сравнению с отложениями русловой фации, значительное количество органического вещества.

На территории Беларуси представлены равнинные реки 1—4 порядков. Данные водные объекты могут быть классифицированы согласно Положению о порядке установления размеров и границ водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов и режима ведения в них хозяйственной деятельности (утверждено Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 24.03.2006 г. № 377) как *крупные* реки (Нёман, Западная Двина, Днепр, Припять), протяжённостью более 500 км, *средние* (Бережина, Друть, Котра, Сож, Птичь и др.) — протяжённостью от 200 до 500 км и *малые* — протяжённостью менее 200 км (Лошица, Полота, Бельчица, Цна, Нератовка и др.). Следует отметить определённую условность данной классификации, т. к. даже крупные реки, протекающие в пределах Беларуси, по площади водосбора и водности несопоставимы с крупнейшими реками мира, например, Амазонкой, Нилом, Янцзы и т. д. Изучаемые нами реки могут быть расчленены исходя из их протяжённости (рисунок 1). В принципе, геохимические обстановки, существующие на крупной реке, последовательно изменяются в ряду верховье → средняя часть → низовье. При этом специфика геохимического поведения элементов в верховьях средней или крупной реки будет эквивалентна малой реке, а в верховье и средней части крупной реки — средней реке в целом.



Сравнение аллювиальных отложений, отобранных на однотипных участках рр. Птичь, Ипа, Талька и Ясельда и др. (рисунки 2, 3), показывает, что содержание Ni и Co уменьшается в направлении от верховья к низовью (таблица) [7]. Схожий характер изменения концентраций отмечается в средних реках гумидного типа литогенеза [8—10]. Так, содержание Cr в донных отложениях р. Тринити (штат Техас, США) в верхнем течении реки больше, чем в нижнем по причине меньшей водности [11].

Таким образом, вышеизложенное позволяет констатировать следующую особенность распределения рассматриваемых элементов (таблица): *Валовое содержание Ni и Co в современных отложениях малых и средних рек*

Беларуси на фоновых и вне урбанизированных территориях уменьшается в направлении от верховья к низовью; что связано с увеличением степени выноса данных элементов из аллювия в результате его гипергенного изменения.

Данная тенденция нарушается в случае выраженного техногенного воздействия на водотоки в отношении Ni для р. Свислочи и её притока р. Титовки, данные по Co — для р. Припяти и р. Титовки).

Современный аллювий является субстратом, как аккумулирующим изучаемые металлы, так и являющимся их источником [8]. При прочих равных условиях, интенсивность выноса и аккумуляции Ni и Co (рисунки 2, 3) из аллювия в условиях минимального воздействия техногенеза, будет, по-видимому, определяться водностью рек [3]. Пространственное распределение Ni и Co в современном аллювии можно отображать в виде протяжённых ореолов в направлении от верховья к низовью внесмаштабными знаками, значения концентраций — при помощи диаграмм.

Таблица — Содержание Ni и Co в аллювиальных отложениях верховий (В) и низовий (Н) рек Беларуси, мг/кг (по данным автора, а также [2—6])

Участок реки (число проб)	р. Свислочь (61)	р. Титовка (5)	р. Птичь (20)	р. Припять (339)	р. Днепр (159)	р. Неман (66)	р. Березина (21)	р. Зап. Двина (120)	р. Бельчица (3)	р. Полота (5)
Ni										
В	5,1	7,9	12,9	7,8	4,0	29,0	11,6	30,0	22,7	30,0
Н	22,0	10,3	7,8	10,0	2,0	2,0	7,0	59,0	14,3	24,5
Co										
В	1,8	2,5	4,6	2,5	—	2,0	5,0	—	—	—
Н	2,6	4,8	2,4	10,0	—	2,0	3,0	—	—	—

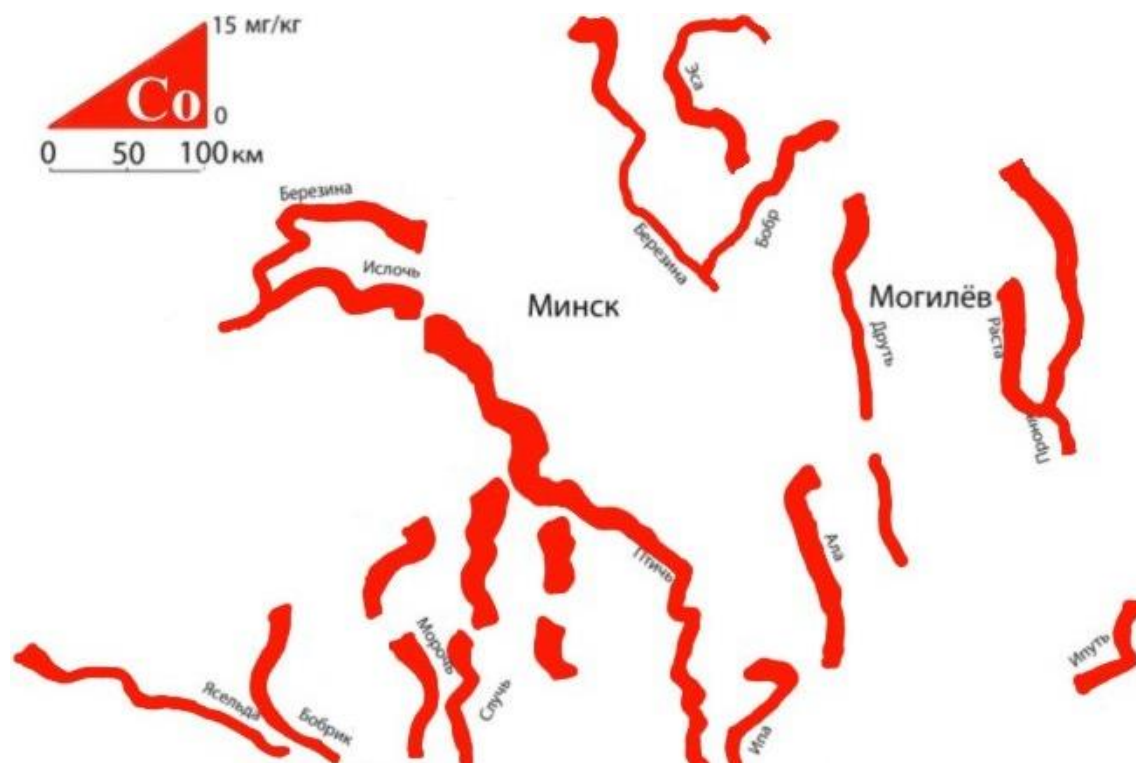


Рисунок 2 — Распределение Co в аллювиальных отложениях малых рек Беларуси вне урбанизированных территорий, мг/кг

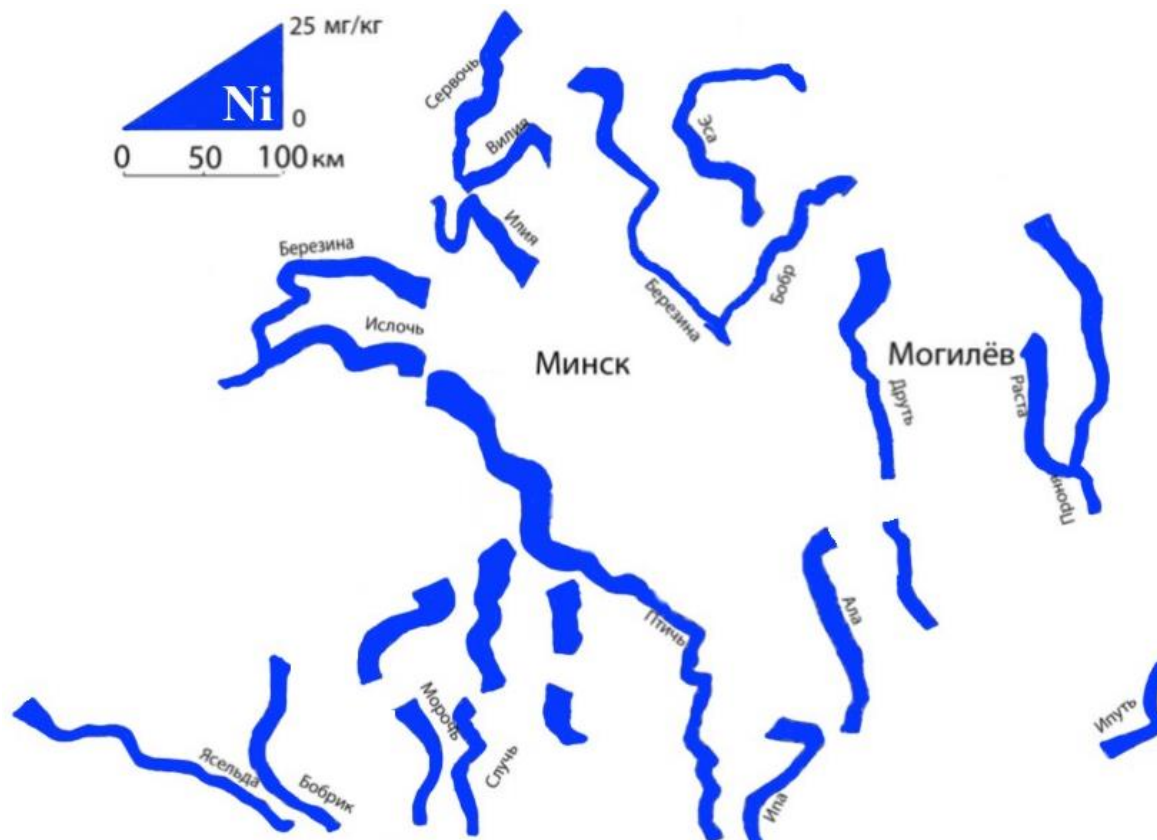


Рисунок 3 — Распределение Ni в аллювиальных отложениях малых рек Беларуси вне урбанизированных территорий, мг/кг

1. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза: в 3 т. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 1. 280 с.
2. Кузнецов В. А. Геохимия аллювиально-литогенеза. Минск: Наука и техника, 1973. 288 с.
3. Национальный атлас Беларуси. Минск: Белкартография, 2002. 292 с.
4. Кузнецов В. А. Геохимические поиски полезных ископаемых в речных долинах. Минск: Наука и техника, 1973. 278 с.
5. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. Минск: Наука и техника, 1969. 476 с.
6. Кузнецов В. А. Геохимия речных долин. Минск: Наука и техника, 1986. 303 с.
7. Творович-Севрук Д. Л. Распределение Mn в аллювиальных отложениях р. Птичь // Геохимия четвертичных отложений Беларуси: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-й годовщине со дня рожд. чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра геол.-минер. наук В. А. Кузнецова, Минск, 31 марта—1 апреля 2011 г. Минск, 2011. С 145—146.
8. Mudroch A. Distribution of metals in different size fractions from the Niagara river // J. Great Lakes Res. 1986. Vol. 12, N 2b. P. 491—499.
9. Lochani M. B., Singh D. C., Rupainwar D. N. Seasonal variations of heavy metal contamination in river Gomti of Lucknow city region // Environ. Monit. and. Assess. 2008. Vol. 147, N 1. P. 235—263.
10. Mira. D., Sarkunan V., Mishra A. K., Nayak P. K. Chromium oxidation in soils // J. Indian Soc. Soil Sci. 1990. Vol. 38, N 1. P. 161—163.
11. Syed O. R. Quality of water and bottom sediments in the Trinity river // Water Resour. Bull. 1980. Vol. 16, N 3. P 522—531.

Е. Ю. Трацевская

Гомельский государственный университет

ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ ВЛАЖНОСТИ СЛАБОСВЯЗНЫХ НЕВОДОНАСЫЩЕННЫХ НЕПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИХ ТЕХНОГЕННОМ ПОДТОПЛЕНИИ

Геологическая среда — динамичная, развивающаяся система. Изменение её состояния происходит при всех видах инженерно-хозяйственной деятельности человека. Одним из наиболее опасных техноприродных процессов, происходящих на осваиваемых территориях, является подтопление, которое приводит в частности к изменению влажности грунтов (подтопление грунтов) [5]. Были исследованы грунты различных генетических типов наиболее распространённых в юго-восточной части Беларуси: поозёрские аллювиальные суглинки, супеси и пески пылеватые (aIIpz); ледниковые сожские (gIIsz) и днепровские (gIIld) супеси. Слабосвязным неводонасыщенным грунтам свойственны смешанные структуры. В них кулоновское трение между частицами меньше, чем в чистых песках, а коагуляционная сетка слабая и прерывистая [2]. Ввиду неоднородности структурных связей и низкой гидрофильности даже небольшое увеличение влажности обуславливает ослабление межагрегатных связей, увеличение подвиж-

ности частиц по мере утолщения их гидратных оболочек. Это ведет к изменению консистенции грунтов до текучей, снижению показателей прочности, изменению деформируемости грунтов. В результате могут осложняться условия строительства и эксплуатации застроенных территорий.

Деформируемость грунтов. Увеличение влажности усиливает деформируемость грунтов, как при статическом, так и при динамическом характере нагружения. Для всех изученных грунтов при увеличении влажности (ω) в интервале 7—16 % модуль общих деформаций уменьшается от 2,5 до 4,6 раз [5]. При этом наиболее тесная зависимость модуля деформации от влажности наблюдается для моренной супеси, причём коэффициент корреляции практически не зависит от коэффициента пористости.

Практически на любой застроенной территории рельсовый транспорт, строительная техника, колесный транспорт, технологическое оборудование и т. п. передают не только статические, но и динамические нагрузки на основания. Термин динамические свойства грунтов в специальной литературе трактуется неоднозначно [2]. С одной стороны, динамические свойства грунтов характеризуют их как среду распространения колебаний (упругие, демпфирующие и др.), а с другой это различные формы реакции грунтов (динамическая неустойчивость) на техногенные динамические нагрузки. Под динамической неустойчивостью грунтов понимают увеличение деформируемости и снижение прочности грунта при динамическом нагружении по сравнению со статическим.

По нашим данным, при прочих равных условиях (постоянные параметры амплитуды и частоты вынуждающих колебаний, а также первоначальная плотность сложения супеси моренной gII_d) при увеличении влажности от максимальной гигроскопической (ω_r) до влажности нижнего предела пластичности (ω_p) сжимаемость грунта может увеличиваться в 3,4 раза. Причём, отношение коэффициентов сжимаемости грунтов при динамическом ($a_{дин.}$) и статическом ($a_{ст.}$) нагружении увеличивается более чем в 5 раз [4]. Определённые показатели динамических свойств грунтов уменьшаются: жёсткость (α), частоты собственных колебаний образцов (ω), коэффициенты нарастания амплитуды (k_d) более чем в 3 раза и логарифмические декременты затухания (D) в 1,1 раза. Т. е. при увеличении влажности показатели демпфирующих свойств образцов грунтов уменьшаются. Явление резонанса с увеличением влажности проявляется более чётко, и резонансные пики смещаются в сторону уменьшения частот вынужденных колебаний. В случае увеличения влажности (ω) свободные колебания системы «фундамент-грунт» при возмущающей нагрузке постоянной интенсивности могут изменяться в большом диапазоне частот в связи, как с увеличением жёсткости грунта (α) при уплотнении, так и возрастанием его сжимаемости (a) уменьшением жёсткости (α). Поэтому при эксплуатации различных инженерных сооружений резонансная область может достигаться неоднократно и обусловить возобновляющиеся осадки грунта.

В тонкодисперсных глинистых системах, переходящих в водонасыщенное состояние при подтоплении, в условиях динамического нагружения возможно проявление тиксотропии. При разжижении пылеватых песков и супесей могут сформироваться истинные плывуны, поведение которых определяется специфическими динамическими свойствами, обусловленными составом и структурой этих пород [2]. Сочетание пылеватых и глинистых частиц, склонных к образованию коагуляционных контактов и тиксотропным явлениям, с песчаными зёрнами, контактные взаимодействия которых определяются чисто механическими эффектами, определяет одновременное развитие в них тиксотропных и гравитационных явлений, что и обуславливает формирование истинных плывунов.

Прочность грунтов. Наиболее значительное уменьшение прочностных характеристик происходит в диапазоне изменения степени влажности 0,4—0,5 и 0,6—0,7. На изменение влажности больше реагирует удельное сцепление (C), которое может уменьшиться в 1,4—2,5 раза; тогда как угол внутреннего трения (ϕ) — на 10—15 % [1].

Снижение прочностных свойств грунтов при техногенном подтоплении может привести, например, к активизации оползневых процессов. Нами был обследован оползневой правый борт оврага (Киевского спуска) на территории Гомельский дворцово-парковый ансамбль Румянцевых и Паскевичей. Склон сложен моренной супесью (gII_d), локально подверженной техногенному подтоплению вследствие утечек из водонесущих коммуникаций, а также из-за увеличения инфильтрации дождевых и талых вод при отсутствии растительного покрова и нарушениях поверхностного стока. Устойчивость склона определена методом расчёта по круглоцилиндрической поверхности скольжения. В расчётах использовались следующие показатели физико-механических свойств: удельный вес $\gamma = 21,8 \text{ кН/м}^3$ при естественной влажности $\omega = 0,09$; угол внутреннего трения $\phi = 33^\circ$; удельное сцепление $C = 53 \text{ кПа}$ (показатели прочностных свойств определены в соответствии с [3]). Предполагается, что в результате подтопления грунт достигнет полного водонасыщения и тогда показатели его свойств изменятся следующим образом: удельный вес грунта $\gamma = 22,8 \text{ кН/м}^3$ при влажности $\omega = 0,14$; угол внутреннего трения $\phi = 24^\circ$; удельное сцепление $C = 20 \text{ кПа}$.

Полученные значения коэффициентов устойчивости на настоящий момент времени больше единицы, что характеризует склон как устойчивый. При реализации процесса подтопления и увеличении влажности грунтов до полного водонасыщения минимальный коэффициент устойчивости может снизиться на 55 %.

Коррозионная активность грунтов проявляется в разрушении металлических сооружений главным образом в результате их электрохимического взаимодействия с грунтом [2]. Она определяется многими факторами и, в общем, зависит от его химико-минерального состава, влажности, содержания газов, структуры, электропроводности и бактериального состава. При прочих равных условиях на коррозионную активность грунтов существенно и по-разному влияют различные категории воды. В слабосвязных грунтах при значениях влажности близкой к максимальной гигроскопической (ω_r) аномальные свойства связанной воды и практически отсутствия электролита, необходимого для создания коррозионных элементов, определяют их низкую коррозионную активность. При увлажнении

начинает проявляться капиллярная конденсация и в грунтах формируется влага переходного состояния капиллярно-конденсированная, что соответствует, например, полутвёрдому состоянию супесей. При этом скорость коррозии возрастает до максимальной величины (критическая влажность, ω_k). Затем в глинистых и пылеватых не засоленных грунтах обычно одновременно реализуются два механизма формирования влаги капиллярный и осмотический. Максимальное количество капиллярных менисков в грунте образуется при влажности максимальной молекулярной влагоёмкости (ω_{mmw}) и ориентировочно соответствует нижнему пределу пластичности (ω_p). Формирование осмотической воды особенно интенсивно происходит в интервале от влажности нижнего предела пластичности (ω_p) до влажности верхнего предела пластичности (ω_L). Именно в данном интервале влажности, соответствующему числу пластичности (I_p), глинистый грунт обладает максимальной коррозионной активностью. Так, в рассматриваемых грунтах для супесей интервал критической влажности (ω_k) составляет 10,3—25,1 % [6]. Дальнейшее увлажнение грунта до полной влагоёмкости ($\omega_{sat} = 14—26$ %) приводит к переходу его в скрыто-текучее состояние и скорость коррозии существенно уменьшается.

Опасность проявления коррозии заложена не в абсолютных значениях природной влажности грунтов, а в соотношении естественной (ω) и критической (ω_k) влажностей. Если значения естественной влажности грунта попадают в диапазон критической влажности или превосходят его, то техногенное подтопление грунтов не опасно с точки зрения коррозионной активности. Но, если грунты находятся в твёрдом состоянии, что часто встречается у моренных супесей, то увеличение влажности при техногенном подтоплении представляет существенную опасность.

Кроме того, при влажности 7—8 %, начинает проявляться жизнедеятельность большинства бактерий [2]. Это значит, что при влажности более 7 % воздействие грунтовой влаги на металлические конструкции начинает усиливаться действием находящихся в грунте микроорганизмов.

Морозное пучение. Опасность от процесса морозного пучения грунтов, приводящего к подъёму земной поверхности и деформациям лёгких зданий и сооружений, проявляется на локальных участках, сложенных в основном верхнечетвертичными-современными грунтами озёрно-болотного происхождения (а, bIII-IVpz-h), подстилаемыми супесями днепровской морены (gIIId). В процессе подтопления их влажность может увеличиваться до полной влагоёмкости (ω_{sat}), что приводит к морозному пучению грунтов деятельного слоя. Неглубокое залегание уровня грунтовых вод способствует подтоку влаги к фронту промерзания, что активизирует процесс пучения. Оттаивание таких грунтов сопровождается усадочными деформациями, которые иногда не полностью компенсируют деформации сезонного (зимнего) пучения. Особую опасность этот процесс представляет для фундаментов сооружений и инженерных коммуникаций, заложенных выше подошвы деятельного слоя.

- 1 Бусел И. А. Прогнозирование строительных свойств грунтов. Минск: Наука и техника, 1989. 246 с.
- 2 Грунтоведение / Под ред. В. Т. Трофимова и др. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1023 с.
- 3 СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. М: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985. 40 с.
- 4 Трацевская Е. Ю. Изменения динамических свойств неводонасыщенных супесчаных грунтов в основаниях инженерных сооружений // Актуальные проблемы прикладной механики и прочности конструкций: Тр. Международ. науч.-техн. конф. Днепропетровск, 2010. С. 326—332
- 5 Трацевская Е. Ю. Геологическая опасность развития подтопления грунтов и оценка экономических рисков при её реализации // Природные ресурсы. 2009. № 1. С. 102—109
- 6 Трацевская Е. Ю., Харчиков Ю. В. Естественная коррозионная активность дисперсных грунтов юго-востока Беларуси // Литосфера. 2010. № 2 (33). С. 111—116

М. Г. Ясовеев, Аль-Дулейми Хамид Дахил Айад, Г. К. Худайкулыева

Белорусский государственный педагогический университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИРАКА

Характеристика промкомплекса по добыче и переработке нефти. Общее количество нефтедобывающих скважин и установок по переработке нефти в Ираке в настоящее время трудно оценить по причине неоднократных боевых действий и последовавшей за этим разрухой и оккупацией иностранными войсками. Вместе с тем, имеющиеся материалы позволяют дать следующую картину нефтедобычи и нефтепереработки в стране [2].

На территории Ирака располагаются тысячи нефтяных скважин и крупные нефтеперерабатывающие предприятия (рисунок).

Кроме огромного количества нефтедобывающих скважин на территории страны, в междуречье Тигра и Евфрата в настоящее время располагается более сорока крупнейших предприятий нефтеперерабатывающего комплекса. Долина «перерезана» магистральными и локальными трубопроводами общей протяжённостью в несколько десятков тысяч километров. Только за одни сутки эта инфраструктура способна пропускать десятки миллионов баррелей нефти. Скопление нефтяных скважин в южных и центральных районах можно сравнить с «плотностью хвойных пород в смешанном лесу». В случае нанесения ударов по этой территории, разрушения объектов и горения нефтепродуктов превышение предельно-допустимой концентрации сажи в атмосфере будет наблюдаться на 53 % территории Ирака и 27 % территории Кувейта. Анализируя опыт операции «Буря в пустыне», специалисты пришли к

выводу, что при разрушении нефтезаводов и нефтепроводов Кувейта в воды Персидского залива может попасть как минимум 11 млн баррелей нефти, которая образует пятно площадью примерно в 140 км² [3].

Кроме того, нефть из горящих месторождений, попадающая в воды Тигра, Евфрата и Персидского залива, представляет большую опасность.

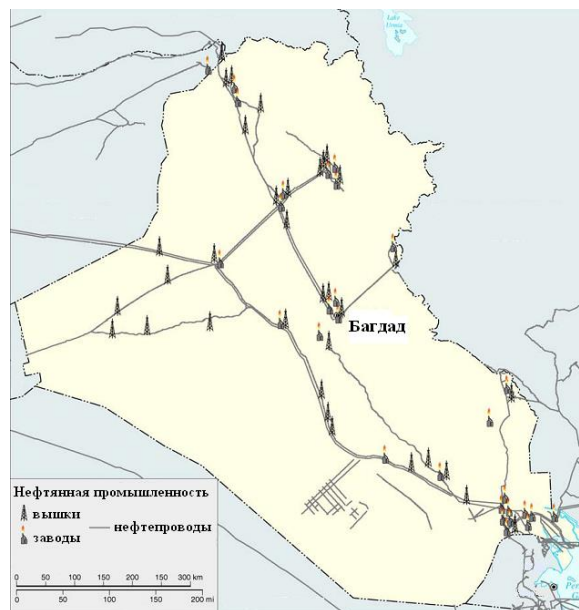


Рисунок — Схема распределения нефтяной промышленности Ирака

Помимо этого, нефтяная промышленность является главным источником твёрдых отходов. Вокруг городов и предприятий нефтехимической промышленности образовались свалки твёрдых отходов.

Большинство промышленных предприятий по нефтепереработке не имеют очистных сооружений.

Стоки с высокой концентрацией вредных веществ без какой-либо очистки поступают в реки. Вода из рек повторно используется в промышленных и бытовых целях, что увеличивает уровень загрязнения. Тигр и Евфрат, таким образом, выступают в роли «склада отходов». Ситуация осложняется современным состоянием промышленного производства и его техническим обеспечением [1].

Дым от пожаров на нефтяных скважинах и сжигание разливов нефти вызвали локальное загрязнение воздуха и почв. Факторы, обуславливающие резкое ухудшение состояния окружающей среды и оказывающие негативное влияние на качество жизни населения, пополнила террористическая угроза.

От террористического акта, направленного на трубопроводы и нефтеперерабатывающие заводы может пострадать Средиземноморье, находящееся за пределами Ирака.

На территории Ирака располагаются крупнейшие предприятия нефтеперерабатывающего комплекса, тысячи нефтяных скважин. Нанесение ударов по данной территории может привести к разрушению объектов и горению нефтепродуктов, превышающих предельно допустимую концентрацию вредных веществ, в т. ч. сажи, соединений U в атмосфере. Пожары такого масштаба могут привести к сплошному задымлению атмосферы, выпадению сажи на больших площадях, загрязнению особо опасными веществами далеко за пределами Ирака. В связи с этим Всемирная метеорологическая организация (ВМО) ООН приступила к реализации программы по снижению ущерба от пожаров в Ираке в результате поджога нефтяных резервуаров и скважин [4].

Все потенциально опасные объекты в районе нефтедобычи и её переработки находятся как бы в природной аэродинамической трубе, вход в которую располагается в пойме Тигра, а выход — по линии средиземноморского побережья Сирии. При неблагоприятной сложившейся ситуации загрязнение устремится в восточную часть Средиземного моря, оседая на курортах Кипра, Греции, Турции и даже Италии. Существует также угроза для морских экосистем Персидского залива: сброс больших объёмов нефти может привести к длительному загрязнению береговой полосы [4].

Геоэкологические проблемы нефтедобычи и нефтепереработки:

1. Нерегулярная добыча нефти и газа из месторождений обуславливает опасные деградиционные процессы в литосфере (обвалы, локальные землетресения, провалы и др.). Одной из причин частых землетрясений является увеличение напряжения земной коры под воздействием закачиваемой в скважины воды для поддержания пластового давления.

2. Одним из крупнотоннажных загрязнителей атмосферного воздуха при добыче нефти является попутный газ, который наряду с фракциями лёгких углеводородов содержит сероводород. Миллионы кубометров попутного газа десятки лет сжигались на факельных установках, что привело к образованию сотен тысяч тонн оксида N, оксида C,

диоксида S и продуктов неполного сгорания углеводородов. Несмотря на довольно высокую степень использования попутного газа, ежегодно десятки миллионов кубометров этого ценного сырья ещё сжигается или просто теряется при добыче нефти. Нефть представляет собой смесь около 1 000 отдельных веществ, из которых более 500 составляют жидкие углеводороды. После попадания в почву или на водную поверхность из нефти в атмосферу выделяют-ся легколетучие фракции углеводородов [5].

3. При концентрации нефти в воде 200—300 мг/м³ происходит нарушение экологически равновесного состояния отдельных видов рыб и других обитателей водных сред. Нефть также активно взаимодействует со льдом, который способен поглощать её в количестве до одной четвёртой своей массы. При таянии такой лёд становится источником загрязнения любого водоёма. С этими водами в водоём поступило более десяти тысяч тонн загрязняющих веществ. Подземные воды подвергались загрязнению продолжительное время. Изучение процессов загрязнения подземных вод показало, что 60—65 % загрязнений происходит при авариях водоводов сточных вод и бурении скважин, а 30—40 % загрязнение происходит из-за неисправностей глубинного оборудования скважин, что приводит к перетоку минерализованных вод в пресноводные горизонты [5].

4. Ежегодно под бурение нефтяных скважин, прокладку трубопроводов и автомобильных дорог отводится более 1 000 га земель, из них большая часть рекультивируется. Однако, несмотря на проведение рекультивационных работ, часть земель возвращается с ухудшенной агрохимической структурой или вовсе становятся непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур.

5. При переработке нефти возникают экологические проблемы, связанные прежде всего с первичной очисткой нефти и её обессериванием. В 2006 г. при первичной переработке нефти в окружающую среду поступило около 100 тыс. т загрязняющих веществ (оксиды S, сероводород и другие химические вещества).

1. Бахрам Хидра Али Хусейн Саади. Экология и загрязнение окружающей среды. Багдад: Багдадский университет, 2001. 120 с.
2. Верма М. К., Албрэндт Т. Аль-Гайлани М. Нефть, газ и энергетика в газовой промышленности. ИРЦ «Газпром». 2006. № 2. С. 9—18.
3. Саид Мохаммед. На пути к улучшению состояния окружающей среды, концепции и проблемы.
4. Экологические последствия современных войн. М., 2000. С. 23
5. www.yandex.ru. Влияние нефтяной промышленности на окружающую среду.

М. Г. Ясовеев, Г. К. Худайкулыева, Аль-Дулейми Хамид Дахил Айад

Белорусский государственный педагогический университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТУРКМЕНИСТАНА

В общей техногенной нагрузке, создаваемой промышленностью, энергетикой и отходами различного происхождения на территории Туркменистана, основную роль играет деятельность на добыче, переработке и транспортировке углеводородного сырья. Ниже приводится краткий обзор возникающих при этом экологических проблем [3, 8, 9].

1. *Загрязнение при добыче углеводородов.* Главными источниками загрязнений являются бурение и оборудование скважин, а также связанные с этим утечки, аварийные выбросы и стоки нефтепереработки. В меньшей степени сказывается влияние собственно добычи, переработки и транспортировки нефти.

В морской среде Каспия, наряду с углеводородами, загрязнителями являются тяжёлые и переходные металлы — продукты как естественного происхождения (растворенные и осадочные формы), так и привнесёнными в виде компонентов промышленных отходов с речным стоком. Металлы склонны к различным видам воздействия и преобразования окружающей среды (физические, химические, биологические). Металлы имеют большое значение в жизни рыб и других гидробионтов. Они входят в состав ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в биохимических процессах, протекающих в организмах рыб. Но, однако, находясь в воде в больших количествах, денатурируют белки, блокируют тиоловые группы, оказывают антибиотическое влияние на проявление жизненных процессов и вызывают генетические изменения [2, 9].

Существенным и недооцениваемым фактором риска являются также попутные воды. Как правило, после сепарации воды и нефти вода сливается в так называемые «пруды-испарители», в качестве которых используются естественные понижения рельефа (такыры и солончаки, реже межбарханные понижения). Поскольку попутные воды имеют высокую минерализацию (100 г/л и более), вместо испарения происходит медленное просачивание их в грунт — по направлению движения грунтовых вод. Эти воды содержат остатки нефти, ПАВ, тяжёлые металлы. Нередко приходится наблюдать массовую гибель птиц на подобных «водоёмах» из-за нефтяной пленки на их поверхности. Многие такыры в прошлом использовались населением для сбора воды, в том числе в тех районах, куда сейчас вода доставляется по многокилометровым водоводам. В частности, такой такыр на п-ове Челекен снабжал водой до 10 тыс. человек и всех домашних животных, а в настоящее время он загрязнен нефтью и попутными водами [1, 8].

2. *Добыча нефти при помощи нефтяных платформ.* Основной объём нефтедобычи на шельфе производится вблизи г. Хазар. Здесь действуют 56 морских платформ со 116 скважинами. Из них 28 скважин, размещённые на 22 платформах, являются производящими, остальные ликвидированы, заглушены, либо законсервированы. В пери-

од активного освоения месторождений имели место 6 открытых фонтанов с возгораниями и разливами нефти, 2 открытых фонтана с выбросом газа и воды, а также множество так называемых «нештатных ситуаций». Все серьёзные аварии произошли в процессе бурения и оборудования скважин. Общая причина — технологические нарушения и ошибки персонала. Последняя авария длилась три недели с ориентировочным выбросом до 10 000 м³ водонефтяной смеси в день, несмотря на активные действия и сбор нефти, пленка нефти достигла берега. После завершения цикла разведочных работ количество аварий резко уменьшилось, экологическое состояние акватории удовлетворительное [4].

3. *Комплекс нефтеперерабатывающих заводов в г. Туркменбаши.* Мощность заводов по переработке нефти составляет 7,0 млн т нефти в год. Все технологические установки работают на морской воде, общий объем потребления её составляет около 7 млрд м³/год. В недалеком прошлом, до 1970-х гг. применялась крайне примитивная система очистки сточных вод. Стоки сливались в бухту Соймонова (площадь 8 км²) которая была отдалена от моря дамбой. Часть загрязненных вод попадала и в прилегающие участки залива, где сотрудниками Хазарского заповедника неоднократно отмечались случаи гибели рыбы и птицы. Ситуация еще более усложнилась в период подъема уровня моря, когда были затоплены сильно загрязненные участки побережья, что привело к поднятию уровня загрязненных нефтепродуктами грунтовых вод.

Ввод в действие новых очистных сооружений и реализация серии экологических проектов, привели к оздоровлению экологической обстановки, что немедленно сказалось на состоянии биоты. Заросли харовых водорослей в последние годы покрыли практически весь Туркменбашинский залив, что служит показателем чистоты воды. Креветки появились даже в максимально загрязненной бухте Соймонова. Содержание фенолов и нефтяных углеводородов в районе завода и нефтебазы по сравнению с показателями 1980-х гг. снизилось с 10—20 до 2—3 ПДК [1, 4].

В г. Хазар находится ряд предприятий, загрязняющих окружающую среду: «Челекен-нефть», завод технического углерода, Хазарский химический завод, где имеются радиоактивные отходы с удельной активностью приблизительно 80 000 Бк/кг в количестве 15—18 тыс. т. В настоящее время построен могильник РАО, планируется транспортировка этих отходов и дезактивация территории завода [5].

4. *Транспортировка нефти.* Кроме г. Туркменбаши, являющегося крупным транспортным узлом (аэропорт, морской порт, железная и автомобильные дороги), на побережье Каспия действуют причалы в заливе. Гарабогаз-гол (отгрузка сульфата Na и др. солей), пос. Аладжа на п-ве Челекен и пос. Экерем (отгрузки нефти), пос. Куулимак (поваренная соль).

Вывоз нефти и нефтепродуктов из Туркменистана осуществляется через Туркменбашинский порт (пропускная способность — 3 млн т/год), а также через терминалы Аладжа (перевалка нефти, пропускная способность — 2,4 млн т/год) и Экерем (пропускная способность — 1,2 млн т/год). Терминал Аладжа способен обслуживать танкеры дедевойтом до 5 тыс. т., а Экерем — до 7 тыс. т.

Для обеспечения растущих экспортных потребностей планируется расширение и модернизация портовой инфраструктуры, а также создание флота нефтеналивных танкеров. Расширение портовой инфраструктуры по перевалке нефти и нефтепродуктов включает в себя реконструкцию Туркменбашинского порта, в результате которой перевалка нефтепродуктов возрастет до 5 млн т/год. Для этого осуществляется строительство третьего нефтепирса и реконструкция двух существующих, строительство терминала пропускной способностью 6 тыс. т/год для хранения и перевалки сжиженного газа, реконструкция паромного терминала, реконструкция и строительство судоремонтной базы, а также складских помещений. В порту завершено строительство сухогрузного причала, рассчитанного на прием морских судов любого типа и класса, а также реконструкция существующего нефтепирса на терминале Экерем [3, 4].

Выводы. Нефтегазовая отрасль — основной загрязнитель окружающей среды страны. Причем, загрязнение носит как локальный и региональный, так и глобальный характер. Это аварийные разливы нефти и выбросы газа при транспортировке (трубопроводами, танкерами, железнодорожными составами и др.); технологические сбросы УВ, пластовых и технологических вод при бурении скважин, эксплуатации месторождений, переработке нефти и газа, а также реализации нефтепродуктов. Таким образом, негативное воздействие нефтегазового комплекса на природную среду проявляется на всех стадиях его работы, что влечет за собой глобальное увеличение парникового эффекта, загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод, деформацию рельефа земной поверхности, техногенные землетрясения, неблагоприятного влияет на биоразнообразие и, в конечном счете, ухудшает условия жизни людей. Экологические проблемы, связанные с горнодобывающей и перерабатывающей деятельностью в Туркменистане имеют специфику, обусловленную резким преобладанием в стране легкоуязвимых пустынных экосистем, которые даже при небольшом техногенном воздействии могут быть выведены из состояния равновесия. Поэтому необходимо уделять особое внимание природоохранным мероприятиям в этой отрасли [6].

1. Бабаев А. Г. Пустыня Каракумы. Ашхабад: Изд-во АН ТССР, 1989. 244 с.
2. Мамай И. И. Динамика ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1992. 168 с.
3. Национальный план действий по охране окружающей среды Туркменистана. Ашхабад: Ылым, 2002.
4. Охрана окружающей среды и использование природных ресурсов в Туркменистане. Ашхабад: Туркменмиллихасабат, 2005.
5. Транспорт и связь Туркменистана / Стат. сб. Ашхабад, 2006.
6. Ясоев М. Г. Экология рационального природопользования. Минск: Право и экономика, 2005. 373 с.
7. Esenov A, Turkmen collieri. Renkli atlas, 20-nji nesir. Asgabat: Ruh, 1999. 286 p.
8. http://www.oilgas.gov.tm/_ekolog_problem.html
9. http://nature-tm.narod.ru/ekologicheskaya_obstanovka/

СОДЕРЖАНИЕ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА

Антипенко С. В., Саченко Т. Ф., Кручек С. А. Палеогеографические особенности формирования нижнефаменских нефтеперспективных образований северо-западной части Припятского прогиба.....	3
Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. Геолого-геофизическая модель зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии.....	5
Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И., Айзберг Р. Е., Карабанов А. К., Святогорев А. А. Космотектоническая карта Беларуси.....	8
Губин В. Н. Геодинамика и перспективы нефтегазоносности северного сегмента Полесской кольцевой структуры.....	11
Иванова Т. А., Стефанский В. Л. Микропалеонтологические особенности шельфовых фаций киевских отложений среднего Приднепровья (средний эоцен, Украина)	13
Конищев В. С. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа Беларуси	15
Конищев В. С. Палеогеодинамика девонского магматизма Припятско-Днепровской рифтовой зоны.....	17
Логачёв И. А. Ключ к определению четырёхлучевых кораллов.....	19
Макеев В. М., Карфидова Е. А., Микляев П. С., Авхимович А. Н., Дорожко А. Л., Коробова И. В. Метод изучения структурных несогласий при геодинамических исследованиях.....	20
Макеев В. М., Суханова Т. В., Дорожко А. Л., Коробова И. В., Карабанов А. К., Комаровский М. Е., Полеводова С. Н. Структурно-геодинамическая зональность запада Восточно-Европейской платформы.....	22
Мамчик С. О., Каримова Л. А., Саченко Т. Ф., Глаз А. С. Сводный стратиграфический разрез палеозойско-мезозойских отложений Брестской впадины.....	25
Махнач А. А. О периодизации истории белорусской геологии.....	27
Махнач В. В. Корреляция и сопоставление юрских отложений трансграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации.....	29
Микляев П. С., Макеев В. М., Петрова Т. Б., Беляшов А. В., Плоскин С. М., Захаров А. А. Опыт индикации геодинамически активных зон эманационным методом.....	31
Мурашко Л. И. Проблемы терминологической грамотности в геологии.....	33
Обуховская Т. Г., Кручек С. А., Обуховская В. Ю., Плакс Д. П. К вопросу о подъярусном расчленении отложений эйфельского яруса среднего девона в Беларуси.....	35
Павловец Р. Р. Способ выявления современных тектонических деформаций.....	37
Плакс Д. П. Ихтиофауна костюковичского горизонта эйфельского яруса Беларуси.....	38
ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
Жогло В. Г., Махнач А. А., Демяненко Н. А., Гримус С. И., Виницкая Н. М., Будник Н. И. Некоторые проблемы разведки и разработки залежей нефти в засоленных низкопроницаемых породах-коллекторах (на примере Геологического месторождения Беларуси).....	41
Кондратенко А. В. Изучение нефтегазоносных бассейнов и прогнозно-поисковые работы на нефть и газ методом дистанционного зондирования.....	44
Кутырло В. Э., Стрельцова Г. Д., Самодуров В. П. Вторичные изменения пород фосфоритовой толщи участка Ла Линда месторождения фосфатных пород Навай (Венесуэла).....	45
Макат Д. К. Железо-марганцевые конкреции как нетрадиционный источник металлов.....	47
Мецераков Е. Г. Монацитовый концентрат из гранитоидов токрауского плутона.....	48
Петрова Н. С., Денисова Н. Ю. Методология проведения прогнозно-технологической оценки калийных руд Припятского калиеносного бассейна.....	50
Петрова Н. С., Денисова Н. Ю. Сравнительная характеристика калийных руд залежей Смоловского, Нежинского участков и действующих шахтных полей Старобинского месторождения.....	52
Самодуров В. П., Кутырло В. Э. Стадии галогенеза эвапоритов Верхнекамского месторождения калийных солей.....	54
Самодуров В. П., Кутырло В. Э., Разводовский А. А. Опыт интерпретации инклинометрических исследований в скважинах Стрельцова Г. Д., Мурашко О. В., Петранис П. П. Ценные и токсичные элементы в угленосных визейских отложениях северного участка Лельчицкого месторождения бурых углей.....	59
Унукович А. В., Краковецкий А. В. Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.....	61
Юдаев С. А. Перспективы разработки и подготовки Бринёвского месторождения гипса с целью создания на его базе горного предприятия.....	63
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ	
Абдуназаров У. К., Стельмах А. Г. Морфологические особенности палеопочв лёссовых отложений Чирчик-Ахангарского региона.....	66
Балашов К. Ю. Особенности петрографического состава днепровской морены на юго-востоке Беларуси.....	68
Богдасаров М. А., Гречаник Н. Ф., Мазец О. А. Генетическое разнообразие полезных ископаемых четвертичных отложений территории Подляско-Брестской впадины.....	69
Большаков В. А. Некоторые хроностратиграфические результаты сопоставления орбитально-климатической диаграммы с глобально осреднённой изотопно-кислородной записью LR04 для интервала времени 0—1,5 млн лет назад.....	71
Вашков А. А. Этапы формирования Городокской возвышенности.....	73
Глушанкова Н. И. Использование спектрофотометрического анализа цветности морен для расчленения и корреляции ледникового комплекса Восточно-Европейской платформы.....	75
Глушанкова Н. И., Длуский К. Г. Геологическое строение и палеогеография плейстоцена в бассейне верхней Оки.....	77
Гречаник Н. Ф. Минералогический состав отложений береговых валов водохранилища Орхово.....	79
Гречаник Н. Ф., Матвеев А. В., Богдасаров М. А. Особенности формирования современного рельефа территории Подляско-Брестской впадины.....	80
Дубман А. В. Лессовидные отложения на территории г. Минска и их инженерно-геологическая характеристика.....	82
Зерницкая В. П., Махнач Н. А. Палинологические и изотопные индикаторы основных климатических событий позднеледниковья и раннего голоцена Беларуси.....	84

Козлов В. Б., Кремень А. С., Шик С. М., Страздин А. Н., Борисенков Е. Т., Дементьева Л. А. Об условиях залегания и возрасте отложений в урочище «Чёртов ров» (Национальный парк «Смоленское Поозерье»)	85
Лаухин С. А. Палеоклиматы аналогов Мисс-3 на севере Сибири.....	86
Лаухин С. А. Палеорастительность времени Мисс-5 в Западной Сибири.....	88
Литвинюк Г. И., Мотузко А. Н., Якубовская Т. В. Некоторые итоги изучения корчёмского межледниковья Беларуси.....	89
Макарова Н. В., Макеев В. М., Матвеев А. В., Суханова Т. В., Санько А. Ф., Дорожко А. Л., Коробова И. В., Зерницкая В. П. Четвертичные отложения и структурно-четвертичные отложения и структурно-геоморфологическая характеристика Свирско-Ошмянской территории Беларуси.....	92
Мотузко А. Н. Ископаемая фауна млекопитающих из отложений припятского горизонта на территории Беларуси.....	94
Мотузко А. Н., Махнач В. В., Логачёв И. А., Смолякова В. Л., Демешкевич Е. Н. Использование материалов музея землеведения географического факультета БГУ для проведения практических занятий по курсу «Палеогеография».....	96
Николаев И. Ю., Иванов Д. Л. Стратиграфическая ярусность и динамика структуры пермско-карбоновых сообществ тетрапод Западной Европы.....	98
Рылова Т. Б., Санько А. Ф., Гурская Е. В. О возрасте плейстоценовых отложений в разрезе Петровщина г. Минск.....	100
Санько А. Ф., Кухарчик Ю. В., Пашкевич Д. А., Хомич А. В. Издание учебной карты «Четвертичные отложения Беларуси»..	102
Санько А. Ф., Рылова Т. Б., Демидова С. В., Хурсевич Г. К., Литвинюк Г. И., Дубман А. В. Припятские ледниковые отложения на территории г. Минска и окрестностей.....	105
Санько А. Ф., Ярцев В. И., Дубман А. В. Проблемы генезиса четвертичных отложений в области материкового оледенения	108
Свиточ А. А., Янина Т. А., Макишев Р. Р. Новокаспийские отложения российского и иранского побережий Каспия (сравнительный анализ и хронологические несоответствия).....	110
Степьян А. Г. Обзор стратиграфической изученности голоценовых отложений Узбекистана.....	112
Тойчиев Х. А., Степьян А. Г. Стратиграфия четвертичных отложений Узбекистана на основе палеомагнитных исследований.....	114
Шик С. М. Новые данные по неоплейстоцену центра Европейской России.....	115
Якубовская Т. В. Флора древнейшего межледниковья у д. Верхнее Березино Докшицкого района.....	117
Янина Т. А., Свиточ А. А., Хомченко Д. С. Моллюски рода <i>Didacna</i> — биостратиграфическая основа корреляции событий неоплейстоцена Понто-Каспия.....	119
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ	
Бельская Г. В., Левданская В. А. Определение степени загрязнения почв нефтепродуктами и возможности её рекультивации.....	122
Гледко Ю. А., Лялюйко О. Д., Васнева О. В. Изучение современного состояния подземных вод приграничной территории Беларуси и Литвы.....	124
Зуй В. И. Энергоносители, охрана климата и тенденции в выработке энергии в Европе и в мире.....	126
Коробейников Б. И. Самый мощный и опасный источник загрязнения пресных подземных вод Беларуси.....	128
Лаптёнок С. А. Роль геодинамических процессов в экологии человека.....	130
Лаптёнок С. А., Левданская В. А., Лазар И. В., Дубина М. А. Социально-медицинские аспекты эколого-геофизической функции литосферы.....	132
Лаптёнок С. А., Морзак Г. И., Хорева С. А., Гордеева Л. Н., Осипов А. В. Геофизические проблемы оценки экологических рисков.....	134
Лукашёнков О. В., Жуковская Н. В. Естественные ассоциации химических элементов в сапропелях Беларуси.....	136
Мележ Т. А., Павловский А. И. Оценка возможных инженерно-геологических опасностей при освоении крупных речных долин Беларуси.....	139
Мякота В. Г. Проявление инженерно-геологического риска на трассах магистральных трубопроводов.....	142
Нечипоренко Л. А., Карабанов А. К., Матвеев А. В. О структуре геодинамического мониторинга в районе строительства АЭС.....	143
Оношко М. П., Джуро И. В., Ганич В. А. Геохимическая оценка покровных отложений северо-западной части территории Беларуси.....	145
Осинок И. В., Творонович-Северук Д. Л. Влияние геологических процессов на концентрирование элементов группы Fe в аллювии бассейна р. Припять.....	146
Парфианович А. А., Черняк Ю. А. Геохимическая характеристика почв некоторых европейских городов.....	148
Пислегин Д. В., Пислегина Н. С. Геохимическое изучение донных отложений шламовых амбаров геологоразведочных скважин таёжной зоны Западной Сибири.....	149
Плескунова Г. В., Хорева С. А. Экологическая направленность инженерных решений при разработке способа обогащения силвинитовых руд флотационным методом.....	152
Рябова Л. Н. Геохимическая карта как оценка экологического состояния ландшафтов Брестской области.....	154
Сивенков А. Ю. Эколого-геологическая оценка территории освоения Микашевичского месторождения строительного камня по данным радарной космической съёмки.....	156
Таликадзе Д. Д., Гайдаш Е. А. Экологические проблемы водоснабжения урбанизированных территорий и сельских населённых пунктов.....	159
Творонович-Северук Д. Л. Картирование распределения Ni и Co в современной аллювии малых и средних рек Беларуси.....	161
Трацевская Е. Ю. Техноприродные опасности, связанные с изменением влажности слабосвязных неводонасыщенных непросадочных грунтов при их техногенном подтоплении.....	163
Ясовеев М. Г., Аль-Дулейми Хамид Дахил Айад, Худайкулыева Г. К. Экологические проблемы нефтедобывающей промышленности Ирака.....	165
Ясовеев М. Г., Худайкулыева Г. К., Аль-Дулейми Хамид Дахил Айад. Экологические проблемы горнодобывающей промышленности Туркменистана.....	167

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ
И ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Материалы VII Университетских чтений

Минск, 4—6 апреля 2013 г.

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *А. Ф. Санько*

Компьютерная вёрстка *О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука*

Подписано в печать 27.03.2013. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная.

Ризография. Усл.печ. л. 19,99 Уч.-изд. л. 19,23.

Тираж 100 экз. Заказ 150

Белорусский государственный университет.

ЛИ № 02330/0494425 от 08.04.2009.

Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика

В республиканском унитарном предприятии

«Издательский центр Белорусского государственного университета».

ЛП № 02330/0494178 от 03.04.2009. Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск