

✓
К-14038

П303138

ВЕСТНИК

ХАРЬКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

№ 228

МАТЕРИАЛЫ ПО ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ
И ГЕОГРАФИИ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ УКРАИНЫ

1 р.



Вестн. Харьк. ун-та, 1982, № 228, 1—84 + 5.

V.N. Karazin Kharkiv National University



00279811

6



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ВЕСТНИК
ХАРЬКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

№ 228

**МАТЕРИАЛЫ ПО ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ
И ГЕОГРАФИИ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ УКРАИНЫ**

Основан в 1970 г.

ХАРЬКОВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ПРИ ХАРЬКОВСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«ВИЩА ШКОЛА»
1982

26.3+26.8

УДК 551.453

**Материалы по геологии, гидрогеологии и географии
Левобережной Украины.** — Вест. Харьк. ун-та, № 228. —
Харьков. Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1982. —
84 с. + 5 с.

В вестнике приведены результаты исследований по минералогии и петрографии, литологии и стратиграфии. Рассмотрены вопросы гидрогеологии, охраны окружающей среды, региональной экономической географии.

Нормативные материалы приведены по состоянию на 1 января 1982 г.

Для научных работников, специалистов и студентов.

Редакционная коллегия: Г. Д. Соболев (отв. ред.),
О. И. Бублай (отв. секр.), Г. П. Дубинский,
А. П. Голиков, П. В. Зарицкий, П. В. Ковалев,
И. И. Литвин, Г. Г. Малеваный, В. П. Макридин

Печатается по решению Ученого совета геолого-географического факультета Харьковского государственного университета (протокол № 3 от 19 декабря 1980 г.)

Адрес редакционной коллегии: 310077, Харьков-77,
пл. Дзержинского, 4, университет, геолого-географический факультет, тел. 40-17-69

Редакция естественнонаучной литературы

В 1904020000—023
M226(04)

© Харьковский государственный
университет, 1982

Центральна наукова

Ю. А. БОРИСЕНКО, Л. В. ЛАПЧИНСКАЯ,
канд. геол.-минерал. наук

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ
СЕВЕРО-ВАРЬЕГАНСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

В течение ряда лет нами проводились работы в содружестве с ВНИИЯГГ по выявлению прямых признаков нефтегазоносности на различных объектах. Одним из таких объектов, работы по которому завершены, является Северо-Варьеганская площадь в Западной Сибири. Цель литогеохимического изучения осадочных пород чехла состояла в выборе рациональной поисковой методики, а также в установлении химических элементов-индикаторов или минералов-индикаторов, находящихся над нефтегазовой залежью в аномальных содержаниях. Опробованы палеогеновые породы некрасовской, чеганской и люленворской свит над контуром залежи и за пределами месторождения. Для детального сопоставления породы были объединены по литологическому признаку в две группы — глинистую и песчано-алевритовую.

Гранулометрические анализы показали, что в законтурных скважинах для всех свит характерна большая контрастность: глины чище, а в песчаниках меньше примеси глинистого материала. Над залежью, напротив, породы гранулометрически менее контрастны: в глинах несколько больше песчано-алевритовой примеси, а в песчаниках — глинистой. Это могло быть при сходном тектоническом и палеогеографическом режиме осадконакопления над залежью. Смешанные породы, по-видимому, образовались в условиях конседиментационного роста структуры, в пределах которой чаще создавались возможности для накопления мелководных отложений, в то время как законтурные породы отражают более устойчивые нормально-морские условия.

Результаты минералогического анализа для статистической обработки и сопоставления пересчитаны на кг/т (г/т). Магнитная + электромагнитная фракция составляет в среднем 50—80% тяжелой фракции. В палеогеновых породах среднее содержание магнитной + электромагнитной фракции — 3—7 кг/т, тяжелой — 4—11 кг/т. В распределении их как в разрезе, так и латерально не удалось заметить закономерности. Усредненные данные свидетельствуют, что в чеганской свите над залежью содержится больше магнитной + электромагнитной и тяжелой фракций, а в некрасовской — наоборот.

Минералы тяжелой фракции можно разделить на две группы:

встречающиеся во всех разрезах (транзитные) — для них посчитаны средние содержания; встречающиеся спорадически — для них определена частота встречаемости. Весь разрез палеогена характеризуется устойчивой гранат-циркон-ильменитовой ассоциацией тяжелых минералов. Закономерности в распределении большинства тяжелых минералов нет. Тем не менее, распределение массового содержания отдельных минералов зависит от места отбора образца (над залежью или за ее пределами).

Лейкоксен — имеет довольно пестрое распределение, но средние данные во всех случаях показывают преобладание его над залежью.

Эпидот — преобладает в песчано-алевритовых породах законтурных скважин, в особенности в некрасовской свите, где среднее содержание его 363 г/т при частоте встречаемости 75% (скв. 1, гл. 62—195 м).

Цоизит — спутник эпидота в том же интервале глубин. При частоте встречаемости 50% среднее содержание его в песчано-алевритовых породах законтурных скважин 200 г/т, в глинистых — 500 г/т.

Актинолит — приурочен к песчано-алевритовым породам законтурных скважин, над залежью встречается реже, хотя примерно в тех же количествах: чеганская свита — 90 г/т, некрасовская — 70 г/т.

Хлорит — над залежью в обломочных зернах тяжелой фракции практически не встречается (в отличие от законтурных пород). При изучении пород в шлифах и под электронным микроскопом существенной разницы в их строении не обнаружено.

Термический анализ глинистой фракции из глинистых и песчано-алевритовых пород также показал, что состав их одинаковый, преимущественно гидрослюдистый. При этом оказалось, что статистически потеря массы у образцов из глинистых пород больше (9,5%), чем из песчано-алевритовых (8,8%). В обоих случаях и для глинистых, и для песчано-алевритовых пород над залежью потеря массы меньше, чем в породах законтурных скважин.

Больше всего фактического материала получено с помощью количественного спектрального анализа валовых проб и фазового анализа гранулометрических фракций, водной, щелочных и кислотных вытяжек. Естественно, что не все элементы несут индикаторную информацию. В породах над залежью в среднем отмечается большее количество Ti, что коррелируется с большим содержанием в них лейкоксена. Помимо того, увеличивается количество V, Si, Fe, Ba, B, Zr и некоторые отношения элементов — Ti/Zr, V/Ni, Cr/Ni, Zn/Ni; одновременно с этим уменьшаются отношения Mg/Ca, Sr/Ba и количество Al, Cr, Mg и Ni.

К сожалению, большие надежды, возлагавшиеся на фазовый анализ, в основном не оправдались. Удалось только установить, что выход кислотных вытяжек из пород над залежью обычно меньше, чем из пород законтурных скважин. Причина меньшего количества «растворимых» вытяжек подвижных элементов над залежью требует дополнительного выяснения, так же как меньшая потеря воды в термическом анализе, более смешанный гранулометрический состав и др. Дальнейшую проверку прямых литогеохимических признаков нефтегазоносности предполагается продолжить на других месторождениях Западной Сибири.

Выводы. Органические флюиды, проникающие из нефтегазовой залежи в осадочный палеогеновый чехол Северо-Варьганского месторождения, оказали наибольшее влияние на неустойчивые вторичные минералы типа лейкоксена и на химические элементы с переменной валентностью (Ti, V, Cr, Fe), поэтому их можно использовать в качестве индикаторов нефтегазоносности.

Предполагается, что определенное воздействие испытали также и неустойчивые обломочные минералы, что привело к уменьшению их количества над залежью (хлорит, эпидот, цоизит, актинолит). Перераспределение или вынос некоторых соединений из пород над залежью позволяет статистически фиксировать увеличение или уменьшение количества некоторых элементов (Si, Al, Mg, Ba, B, Zr, Ni).

Учитывая, что различные по возрасту и фациальному облику породы отличаются в литогеохимическом плане, поиски факторов, минералов и элементов-индикаторов нефтегазоносности нужно проводить для однотипной группы месторождений в каждом регионе.

Поступила в редколлегию 01.05.80.

УДК 56.116(479.24)

С. И. ШУМЕНКО, д-р геол.-минерал. наук, А. А. РАГИМЛИ

ЗОНАЛЬНОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗЕРБАЙДЖАНА ПО НАНОПЛАНКТОНУ

Известковые нанофоссилии позднего мела в ряде регионов мира, в частности в Европейской части СССР, изучены довольно хорошо и успешно используются для зонального расчленения меловых толщ. Однако на Кавказе известковые нанофоссилии до последнего времени не изучались.

Систематическое изучение кокколитов и близких к ним организмов в 16 разрезах Азербайджана, а также района Кюрдаханы на Апшеронском полуострове позволили расчленить верхнемеловую толщу на 13 зон, характеризующихся появлением

соответствующих видов-индексов и содержащих определенные комплексы нанофоссилий. В сеноманских отложениях выделены две зоны: — нижняя — *Lithraphidites alatus* и верхняя — *Chiastozygus anceps*. Зона *L. alatus* соответствует по объему нижнему и среднему подъярису, а также низам верхнего сеномана. Кроме вида-индекса для ее комплекса характерны *Chiastozygus amphipons* (Bram. et Mart.), *Zygodiscus variatus* (Carat.), *Eiffellithus turriseiffeli* (Defl.), *Zygodiscus diplogrammus* (Defl.) и др. Зона *Chiastozygus anceps* отвечает большей части верхнего сеномана. Для ее комплекса типичны *Gartnerago obliquum* (Str.), *Parhabdolithus embergeri* (Noel), *Zygodiscus acanthus* (Reinh.), *Chiastozygus cuneatus* (Lulj.).

В туронских отложениях выделены две зоны. Зона *Microhabdulus decoratus* отвечает нижнему подъярису. Для ее комплекса характерны *Corollithion exiguum* Str., *Micula staurophora* (Gard.), *Tetralithus pyramidus* Gard. Зона *Lithastrinus grilli* по объему эквивалентна верхнему подъярису турона, в составе ее комплекса обычны: *Broinsonia distincta* (Shum.), *B. enormis* (Shum.), *Cretarhabdus decorus* Defl.

Зона *Rucinolithus hayi* отвечает большей части нижнего коньяка, ее комплекс нанофоссилий характеризуется присутствием *Ahmuellerella octoradiata* (Górka), *Watznaueria deflandrei* (Noel), *Zygodiscus fibuliformis* (Reinh.).

Зона *Martnasterites furcatus* отвечает верхам нижнего подъяруса и всему верхнему подъярису коньяка. Для ее нанокомплекса характерны *Corollithion rhombicum* (Str. et Adam), *Cretarhabdus actinosus* (Stov.), *Microhabdulus helicoideus* Defl., *Prediscosphaera intercisa* (Defl.).

Отложения сатонского яруса расчленить по нанопланктону не удалось. Зона *Cribrosphaerella arkhangelskii* — *Ahmuellerella mirabilis* отвечает всему ярусу. Среди 54 видов комплекса этой зоны следует отметить *Arkhangelskiella cymbiformis* Veks., *Broinsonia bevieri* Bukry, *Hexalithus gardetae* Bukry, *Micula concava* Str., *Lithraphidites serratus* Shum.

Отложения кампанского яруса делятся по нанофоссилиям на две зоны. Нижнему подъярису соответствует зона *Arkhangelskiella specillata*, характеризующаяся также присутствием *Tetralithus aculeus* Str., *T. gothicus* Deil. *Reinhardtites anthophorus* (Defl.). Верхнему подъярису кампана отвечает зона *Broinsonia parca*, в составе комплекса нанофоссилий следует отметить: *Discolithina pagei* Bukry, *Zygodiscus elegans* Str., *Tetralithus nitidus*.

Зона *Lithraphidites quadratus* по объему соответствует нижнему и низам верхнего маастрихта. В составе ее нанофлоры насчитывается 66 видов, среди которых характерны: *Corollithion signum* (Str.), *Microhabdulus stradneri* Bram, et Mart., *Tetralithus trifidus* (Str.). Зона *Tetralithus murus* — *Nephrolithus frequens* отвечает примерно верхним двум третям объема верхнего

маастрихта. Для ее определения можно, кроме видов-индексов, использовать также вид неясного систематического положения *Ceratolithoides kamptneri* Bram. et Mart. Всего в верхнем маастрихте обнаружены 70 видов нанофоссилий. На рубеже маастрихта и дания установлена резкая смена комплексов нанофоссилий. Уже в низах датского яруса преобладают остатки нанофоссилий палеогеновых родов. В датских отложениях удалось выделить лишь две зоны. Зона *Cruciplacolithus tenuis* отвечает нижнему подъярису. В ее комплексе отмечено лишь 11 видов, среди которых типичны *Coccolithus cavus* Hay et Mohler, *C. subpertusus* (Hay et Mohler), *Micrantholithus fornicatus* Mart., *Biantholithus sparsus* Bram. et Mart. Почти все верхнемеловые виды в этой зоне исчезают. Зона *Chiasmolithus danicus* отвечает верхнему подъярису дания. В составе комплекса ее нанофлоры, кроме вида-индекса, характерно появление *Heliorthis concinnus* (Mart.), *Prinsius dimorphosus* (Perch.). В верхах датских отложений отмечены в некоторых разрезах редкие кокколиты *Ellipsolithus macellus* (Bram. et Sull.), однако выделить одноименную зону не удалось. Большинство выделенных зон соответствует таковым в других регионах СССР и мира, и лишь зоны *Chiastozygus anceps*, *Lithastrinus grilli*, *Rucinolithus hayi* и *Cribrospaerella arkhangelskii*—*Ahmuellerella mirabilis* носят региональный характер.

Поступила в редколлегию 20.07.80.

УДК 550.4:551.3

П. В. ЗАРИЦКИЙ, д-р геол.-минерал. наук

ПСЕВДОМОРФОЗЫ ВЫПОЛНЕНИЯ — БАРИТОВЫЕ ЯДРА АММОНИТОВ ИЗ НИЖНЕГО МЕЛА п-ова МАНГЫШЛАК

Ядра аммонитов, обнаруженные в обнажениях в слое мелкозернистого зеленовато-серого песчаника верхов нижнего альба (вракон) нижнего мела на южном крыле Кугусемской антиклинали на п-ове Мангышлак (в 10 км к ЮЮВ от колодца Кугусем, район Кугусем-Карамая), были переданы нам для изучения выпускником нашего факультета В. Н. Кривоносом. Поверхность ядер местами покрыта тонкими корочками (до 0,5 мм) гидроокислов железа. Такие же корочки сплошь покрывают и стенки камер в «жилой» части раковин аммонитов, которые остались не заполненными баритом или с небольшими его выделениями на стенках (поверх корочек гидроокислов железа).

Диагностика барита не вызывает затруднений. Это водянисто-прозрачный бесцветный минерал со спайностью совершенной и средней в двух взаимно перпендикулярных направлениях, с невысокой твердостью (3—3,5), стекляннм блеском и перламутровой псевдохроматической окраской на плоскостях спайности, обычной кристаллооптической характеристикой.

На ИК-спектрограмме — типичные для барита полосы поглощения: 616, 640, 990, 1110, 1125, 1185 см^{-1} . Структура его крупнокристаллическая, практически ядра сложены всего лишь несколькими крупными (до нескольких сантиметров) монокристалльными зёрнами. Барит ядер характеризуется повышенным содержанием тяжелой серы ($\delta S^{34} = +27,6 \div +32,5\%$). Местами барит цементирует песчаник в непосредственном контакте с ядром, благодаря чему такие «нашлепки» песчаника прочно срастаются с ядрами, искажая их форму. Под ними всегда сохраняется кристаллическая корка гидроокислов железа, что позволяет с уверенностью предполагать исходное сплошное развитие минералов железа на всей поверхности ядер.

Исходя из изложенного, можно представить такую картину минерализации раковин аммонитов. После отмирания организмов и захоронения их в песчаном осадке в раннем диагенезе внутренние стенки полостей раковин покрывались тонкой кристаллической коркой дисульфида железа. Источником сероводорода служили разлагающиеся в анаэробных условиях тела аммонитов, а железа — вмещающие осадки. В таком виде раковины были погребены в толще нижнемеловых осадков. С момента, когда окаменелости вместе с вмещающими породами попали в зону гипергенеза, началось окисление дисульфида железа, которое, как известно, сопровождается выделением свободной серной кислоты. Кристаллическая корка дисульфида железа псевдоморфно заместила гидроокислами железа с сохранением всех особенностей почковидной поверхности корки. Тонкая известковая раковина аммонитов при этом растворилась под действием серной кислоты. Серная кислота, находящаяся в избытке, послужила причиной локального осаждения сульфата бария в полостях раковин. Поступление бария из вмещающих песчаников осуществлялось, вероятно, в виде истинного раствора (бикарбонаты или хлориды бария). Кристаллическая структура барита свидетельствует о медленной его кристаллизации из слабоконцентрированных растворов, о диффузном подтоке бария. Отложение барита в полостях раковин по секреторному принципу приводило к образованию псевдоморфоз заполнения внутренних ядер.

Таким образом, в минерализации раковин аммонитов после их захоронения можно отчетливо выделить две стадии: ранний диагенез (образование дисульфида железа на внутренних стенках раковин) и гипергенез (образование гидроокислов железа и барита вследствие окисления дисульфида железа). Поэтому можно предполагать, что такие баритовые ядра аммонитов распространены только в выходах заключающего их слоя песчаников на дневную поверхность, подвергшихся интенсивному воздействию гипергенных процессов.

Поступила в редколлегию 26.12.80.

В. Г. КОСМАЧЕВ, канд. геол.-минерал. наук, Н. М. ЖУК

О НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
ПОСТВУЛКАНИЧЕСКИХ ОПАЛОВ УНГВАРИТОВОГО ТИПА

К опалам унгваритового типа мы относим собственно унгвариты — смеси опала с нонтронитом, имеющие зеленый цвет, и постоянно сопровождающие их другие по окраске опалы — обычно коричнево-бурые, пигментированные гидроокислами железа, а также бесцветные, белые или светлоокрашенные. Они широко распространены в пределах Выгорлат-Гутинской гряды Закарпатья [1] и связаны с поствулканическим преобразованием неогеновых вулканитов — преимущественно андезитовых туфов [2, 3]. Проанализировано 23 образца опалов из Каменицкого, Ореховского, Оноковцевского, Колчинского и Рокосовского месторождений. Анализы выполнены на спектрографе СТЭ-1 с приближенным количественным и полуколичественным определением содержания химических элементов [4].

Прежде всего в опалах этого типа отметим обусловленные сингенетичными минеральными включениями переменные, в ряде случаев отвечающие первым процентам содержания Fe и Al. Кроме того, в составе опалов уровня десятых процента достигают содержания Mn, Ca, Mg, Na, сотых — V, Ti, Ba, P, тысячных и меньше — Co, Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, Sn, Nb, Ta, Zr, Y, B, Bi, Ag, Mo, Be. Особенностью описываемых опалов по сравнению с некоторыми другими связанными с вулканизмом опалами Закарпатья (гиалитами, гейзеритами и вулканогенно-осадочными опалами неогеновых буроугольных месторождений [5, 6]) является большое колебание в них содержания Fe (0,15—5,0%), Mn (0,001—0,250%) и V (0,001—0,025%), причем эти элементы существенно в больших количествах обычно содержатся именно в опалах унгваритового типа, обнаруживая здесь положительные взаимосвязи — достаточно сильную для Fe и Mn (выборочный коэффициент корреляции 0,8) и умеренную для V с Fe и Mn (коэффициенты корреляции около 0,5). Формирование состава описываемых опалов в основном определяется значительным выносом щелочей и щелочных земель при ограниченной подвижности Al, Fe, Mn и некоторых других элементов в ходе опалообразования.

Список литературы: 1. Лазаренко Е. К., Лазаренко Э. А., Барышников Э. К., Малыгина О. А. Минералогия Закарпатья. — Львов: Изд-во Львовск. ун-та, 1963. — 614 с. 2. Лазаренко Е. О. Метасоматичні утворення у вулканічних породах Закарпаття. Изд-во Львовск. ун-та, 1960. — 140 с. 3. Лазаренко Э. А. Схема возрастной и генетической классификации неогеновых послемагматических образований Закарпатья. — В кн.: Проблемы геологии и рудоносности неогена Закарпатья. — Львов: Изд-во Львовск. ун-та, 1966, с. 62—64. 4. Космачев В. Г., Жук Н. М. К химической характеристике некоторых магматогенных опалов Украины. — Вестн. Харьк. ун-та. Геология и гео-

графия Левобережной Украины, 1981, вып. 12, с. 23—24. 5. *Космачев В. Г.* О вулканогенно-осадочных проявлениях опала на Украине. — Вестн. Харьк. ун-та. Геология и география Левобережной Украины, 1980, вып. 11, с. 23—25. 6. *Космачев В. Г.* Опалы Закарпатья и их связь с вулканизмом. — В кн.: Мезозойский и кайнозойский вулканизм и связанные с ним полезные ископаемые. Тбилиси: Мецниереба, 1980, с. 299—301.

Поступила в редколлегию 20.01.80.

УДК 552.32(470.21)

В. Н. ГОРСТКА, канд. геол.-минерал. наук

О ПРИРОДЕ ГРАНОФИРОВ СЕРИИ ИМАНДРА-ВАРЗУГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Впервые гранофировые породы под названием «имандриты 1» в пределах развития серии имандра-варзуга описал В. Рамсей [1], который принимал их за ваки или туфы уралит-порфирового и лабрадор-порфирового состава, измененные под контактовым воздействием Хибинского щелочного массива. В дальнейшем многие исследователи [2—6] высказывали свои, часто взаимоисключающие, взгляды на образование гранофировых пород этого района. Повышенный интерес геологов к ним объясняется резким отличием гранофиров от остальных пород серии имандра-варзуга, развитых в Прихибинском районе, как своей структурой, так и высоким содержанием кварца.

Таким образом, вопрос о природе гранофировых пород серии имандра-варзуга остается до сих пор дискуссионным.

Автору настоящей статьи, в течение ряда лет изучавшему этот район, удалось собрать материал, который позволяет высказать суждение о природе гранофировых пород серии имандра-варзуга.

Гранофиры [7] располагаются в западной части полосы развития протерозойских пород серии имандра-варзуга, на восточном берегу оз. Имандра. С востока они граничат с Хибинским щелочным массивом, на юге перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений. К северу гранофиры без видимого контакта переходят в кварцевые метагаббро-диабазы. Общая площадь их развития не превышает 2 км².

Гранофиры представляют собой темно-серые, почти черные, среднезернистые до мелкозернистых породы, иногда слабо рассланцованные, сложенные на 80—90% кварцем и полевым шпатом (альбитом № 9—10 и микроклином). В качестве темноцветного минерала постоянно присутствуют биотит и хлорит, в незначительных количествах наблюдаются эпидот и рудный минерал. Характерной особенностью описываемых пород являются своеобразные гранофировые структуры, обусловленные сростанием кварца с полевым шпатом.

При изучении кварцевых метагаббро-диабазов, расположенных к северу от поля развития гранофилов, в них были установлены зоны тектонических нарушений, которые хорошо фиксируются катаклизмом и милонитизацией. Мощность зон колеблется от нескольких до 400 м, простираение субмеридиональное. Вблизи этих зон кварцевые метагаббро-диабазы претерпевают существенные изменения, которые заключаются в следующем: актинолит кварцевых метагаббро-диабазов замещается мелкозернистым агрегатом биотита и хлорита, увеличивается количество кварца, причем последний образует микропегматитовые сростания с полевым шпатом (гранофировые структуры).

В результате этих изменений образуется порода, которая по своему составу и структуре соответствует гранофирам, развитым к югу от поля распределения кварцевых метагаббро-диабазов, отличаясь от гранофилов лишь несколько меньшим содержанием кварца.

Таким образом, залегание гранофилов среди кварцевых метагаббро-диабазов, а также постепенные переходы между ними указывают на генетическую связь этих двух типов пород. Гранофировые породы произошли, вероятнее всего, из метагаббро-диабазов путем кремниевого метасоматоза последних. Для зон развития гранофировых пород, располагающихся среди метагаббро-диабазов, путями, по которым двигались растворы, богатые кремнеземом, очевидно, были трещины, которые широко развиты в поле развития кварцевых метагаббро-диабазов. Что же касается всей толщи гранофировых пород, располагающейся к югу от кварцевых метагаббро-диабазов, то здесь вопрос об источниках и путях проникновения кремне содержащих растворов, необходимых для возникновения подобных метасоматических образований, решается несколько сложнее. Не исключена возможность, что и здесь имеются тектонические зоны, по которым могли проникать необходимые растворы. На это указывают катаклазированные участки среди гранофилов. Предполагаемым источником растворов, богатых кремнеземом, могут служить кератофиры, выходы которых наблюдаются в нескольких сотнях метров к югу от поля развития гранофилов.

Список литературы: 1. Ramsay W., Haeman U. Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola, 1894, IX, № 2, S. 12. 2. Кассин Н. Г. Геологические исследования вдоль Мурманской железной дороги. — Материалы по общей и прикладной геологии. Тр. Геолкома, 1923, вып. 43, с. 24. 3. Куплетский Б. М. Петрографический очерк Хибинских тундр. Хибинские и Ловозерские тундры. — Тр. Ин-та по изучению Севера, 1928, 2, вып. 39, с. 28. 4. Судиславлев К. К. Некоторые соображения о геологическом строении и внутренней тектонике Хибинского массива в свете новых данных 1935 года. — Изв. Ленингр. геол. треста, 1936, № 2, с. 12—21. 5. Егорова-Фурсенко Е. Н. Контактные роговики и ксенолиты боковых пород в нефелиновых сенитах Хибинского массива. — Зап. Всерос. Минерал. о-ва, 1939, ч. 68, № 2,

с. 245—261. 6. Пазюк Л. И. Гранофировые породы и огнейсованные кварцевые метакератофиры свиты имандра-варзуга на Кольском полуострове. — *Вопр. геологии и минералогии Кольского полуострова*, 1958, вып. 1, с. 14—22. 7. Горстка В. Н. Контактная зона Хибинского щелочного массива. — *Л.: Наука*, 1971.—99 с.

Поступила в редколлегию 26.11.80.

УДК 522.322.2

А. А. ЯРМАК

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД НА СЛЮДОНОСНОСТЬ ПЕГМАТИТОВ МУСКОВИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ

Слюдоносные жилы месторождения Северной Карелии приурочены к породам, метаморфизованным в условиях дистен-силлиманитовой фациальной серии [3]. В пределах этих пород выделяются разные по своему составу (т. е. продуктивные и непродуктивные) орто-, и парагнейсы, оказывающие различное влияние на слюдоносность залегающих в них пегматитовых жил. Непродуктивными на слюдоносные пегматиты породами являются: а) микроклинсодержащие гнейсы всех разновидностей с содержанием микроклина свыше 10%; б) лейкократовые гнейсы и гранитогнейсы, в) амфиболиты и амфиболовые гнейсы, г) все разновидности метаморфических пород с содержанием кварца свыше 40% [1, 2]. К продуктивным на слюдоносные пегматиты относятся биотитовые и другие слюдяные гнейсы (кианит-, гранатосодержащие) с содержанием биотита не менее 15%.

Породы, вмещающие слюдоносные жилы, как правило, в том или ином количестве содержат прослои непродуктивных пород. На мусковитовых месторождениях Северной Карелии поиски и предварительная разведка пегматитовых жил в настоящее время проводится в разрезах с содержанием непродуктивных пород выше 20—30%. Поэтому выявление связи между слюдоносностью пегматитов и составом вмещающих пород имеет большое практическое значение для прогнозной оценки жил на стадии поисков и предварительной разведки.

Для оценки влияния литологического состава на слюдоносность пегматитовых жил выбрана детально изученная скважинами колонкового бурения, подземными горными выработками и в процессе эксплуатации жила 183 одного из месторождений Северной Карелии.

Расчет коэффициента корреляции и уравнения связи приведены в таблице.

Между средним содержанием мусковита и средним содержанием непродуктивных пород, вмещающих жилу, устанавливается обратная корреляционная связь. Коэффициент корреляции равен — $0,78 \pm 0,05$. При $\mu = 2,6$ ($\mu = 15,2$) выявленная

связь достаточно надежна. Уравнение связи между двумя исследуемыми параметрами составляет

$$\bar{C} = 47,1 - 0,8y, \quad (1)$$

где \bar{C} — среднее содержание мусковита; y — среднее содержание непродуктивных пород в разрезах, вмещающих жилу. Используя уравнение связи (1), находим, что промышленно слюдястые жилы залегают в породах, разрез которых характеризуется содержанием непродуктивных пород менее 45% [2]. Исходя из полученного результата можно рекомендовать проведение предварительной разведки пегматитовых жил на месторождениях Северной Карелии в породах, отвечающих условию 2.

№ разреза	Среднее содержание мусковита x , кг/м ³	Суммарная мощность непродуктивных пород y , %	xy	x^2	y^2
2	6	49	294	36	2401
3	11	40	440	121	1600
4	11	35	525	225	1225
5	16	40	640	256	1600
6	17	29	493	289	841
7	19	33	627	361	1089
8	12	38	456	144	1444
9	11	44	484	121	1936
10	15	46	690	225	2116
11	23	40	920	529	1600
12	30	31	930	900	961
13	30	24	720	900	576
14	20	22	440	400	484
15	21	29	609	441	641
16	36	20	720	1296	400
17	39	4	156	1521	16
18	35	10	350	1225	100
19	41	16	656	1681	256
20	50	13	650	2500	169
сумма:	446	583	10800	13171	19655
среднее:	23,4	29,6	568,4	693,2	1034,4

Полученное уравнение связи (1) может быть использовано для подсчета запасов мусковита на месторождении Лоухского озера (Северная Карелия), где в силу низкой достоверности кернового опробования подсчет запасов производится с применением жил аналогов. Причем на этом месторождении имеется только группа жил аналогов, залегающих в гнейсах с содержанием непродуктивных пород менее 3%, а разведываются скважинами в настоящее время жилы, залегающие в гнейсах с содержанием непродуктивных пород 20—40%, для которых жил аналогов на месторождении не существует. Среднее содержание мусковита в этих жилах может быть определено с использованием уравнения (1).

Уравнения связи.

$$r_{y/x} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \sigma_y} \quad \sigma_x^2 = (x^2 - \bar{x}^2) \frac{n}{n-1}; \quad \sigma_y^2 = (y^2 - \bar{y}^2) \frac{n}{n-1};$$

$$\sigma_x^2 = (693,2 - 23,4^2) \frac{19}{19-1} = 152,9 \quad \sigma_x = 12,4;$$

$$\sigma_y^2 = (1034,4 - 29,6^2) \frac{19}{19-1} = 166,1 \quad \sigma_y = 12,9;$$

$$r_{y/x} = \frac{568,4 - 23,4 \cdot 29,8}{12,4 \cdot 12,9} = -0,78; \quad \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = 0,05;$$

$$r_{y/x} = -0,78 \pm 0,06;$$

$$\mu = \frac{r\sqrt{n}}{1-r^2} = \frac{0,78 \sqrt{19}}{1-0,78^2} = 15,2; \quad x - \bar{x} = b(y - \bar{y}); \quad B = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y};$$

$$b = 0,78 \cdot \frac{12,9}{12,4} = 0,8; \quad x - 23,4 = -0,8(y - 29,6); \quad x = 47,1 - 0,8 y.$$

Список литературы: 1. Бабошин В. А. Литолого-петрографический контроль слюдоносных пегматитов. — В кн.: Геологические факторы контроля слюдоносных пегматитов. М.: Недра, 1971, с. 89—150. 2. Бабошин В. А. Влияние состава вмещающих пород на слюдоносность пегматитов. — Тр. ВСЕГЕИ. Закономерности размещения слюдоносных пегматитов Северо-Западного Беломорья, 1971, с. 47—57. 3. Салье М. Е., Глебовицкий В. А. Металлогеническая специализация пегматитов. — Л.: Наука, 1976.—187 с.

Поступила в редколлегию 26.11.80.

УДК 552.08:477

Т. А. СЕРГЕЕВА, канд. геол.-минерал. наук,
Д. П. ШАПОШНИКОВ, канд. геол.-минерал. наук

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДДВ

Изучение теплопроводности горных пород представляет большой интерес в связи с развитием геотермических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

Для исследования теплопроводности осадочных толщ Днепровско-Донецкой впадины было отобрано 253 образца различных по литологическому составу пород юры, триаса, перми и карбона на Крестищенской, Дружелюбовской, Мелеховской, Первомайской, Кегичевской, Верхне-Лановской и Мешевской площадях. Определение теплопроводности проводилось методом двух температурно-временных точек на образцах, насыщенных высокоминерализованной водой (140 г/л), при тем-

пературе $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении. Было установлено, что удельная теплопроводность изменяется в значительных пределах $6,7 \cdot 10^{-3} - 1,51 \cdot 10^{-3}$ кал/см·с·град и зависит главным образом от плотности, влажности и проницаемости. Низкую теплопроводность, как правило, имеют глины и глинистые породы, высокую — плотные, малопористые образцы. Не удалось определить влияние на теплопроводность глубины залегания пород, характера и степени насыщения.

Используемый метод определения теплопроводности, как и другие лабораторные методы, не учитывает условия залегания пород: пластовое давление и температуру, структуру, характер и степень насыщения. Поэтому полученные результаты могут лишь приближенно характеризовать тепловые свойства пород в их естественном залегании.

Более точно теплопроводность пород оценивается по геофизическим параметрам, измеренным непосредственно в скважинах в условиях естественного залегания пород с ионной проводимостью.

Наиболее подходящим из этих параметров является удельное электрическое сопротивление пород, которое также зависит от плотности, влажности, проницаемости, природы вещества, насыщающего поровое пространство.

Связь между удельной теплопроводностью и электрическим сопротивлением, установленная экспериментальным путем, с учетом погрешности определения имеет вид для песчаников $\lambda\rho = 4,58\rho - 1,74 \pm 2,74$, для алевролитов $\lambda\rho = 4,28\rho - 0,96 \pm 6,54$, где λ — удельная теплопроводность; ρ — удельное электрическое сопротивление. Коэффициент корреляции, равный в обоих случаях 0,98, указывает на тесную связь между исследуемыми параметрами.

Приведенные аналитические зависимости использовались для определения коэффициента теплопроводности 503 пластов в разрезах Крестищенского, Дружелюбовского и Мелеховского газовых и нефтегазовых месторождений по диаграммам электрического каротажа. По результатам этих определений получено представление о теплопроводности пород, участвующих в геологическом строении этих месторождений.

Рекомендуемый способ позволяет определять теплопроводность практически всех литологических разновидностей пород в интервале от устья до забоя по диаграммам электрического каротажа. Это значительно расширит объем информации о тепловых свойствах пород, что позволит перейти от существующей в настоящее время качественной к количественной оценке теплофизических параметров осадочных толщ региона.

Поступила в редколлегию 05.12.80.

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОРОД

Изучение физических свойств пород важно для решения геологических и промыслово-геофизических задач исследования скважин при выделении и оценке продуктивных пластов. Наиболее часто используются электрические, особенно удельные электрические сопротивления пород.

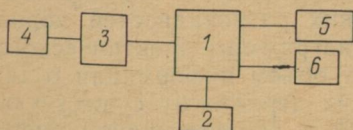
В методике определения электрических сопротивлений пород можно выделить подготовительный этап и измерения. Если подготовка образцов в общем обстоятельно разработана, включая выбор форм и обработку образцов, экстрагирование и насыщение пустот, то измерения нуждаются в совершенствовании и повышении точности определения показателей. Это необходимо при исследовании корреляционных связей между различными характеристиками.

Для измерения удельных электрических сопротивлений пород применяли цилиндрические образцы, размером 30×30 мм. Торцевые поверхности шлифовали. Поровые флюиды экстрагировали с помощью хлороформа до исчезновения окрашивания растворителя.

Высушенные до постоянного веса образцы подвергали вакуумированному насыщению рассолом с известной минерализацией, моделирующим пластовую воду (например, 140 г/л), а также донасыщению.

При измерениях сопротивления образцов использовали различные установки. Задача состояла в исключении влияния на результаты различных причин, и особенно электродных потенциалов, возникающих на контакте металлических электродов с раствором, насыщающим образец.

При двухэлектродном способе измеряется сопротивление R между дисковыми электродами, прижатыми к торцам образца породы. Удельное электрическое сопротивление равно измеренному сопротивлению, умноженному на отношение площади торца к длине образца: $\rho = RS/L$. При четырехэлектродном способе R можно получить по разности потенциалов на измерительных электродах и силе тока в цепи питающих электродов: $\rho = \Delta U / I S / L$. Для уменьшения погрешности за поляризацию электродов используется синусоидный или пульсирующий ток питания, а разность потенциалов измеряется компенсационным путем. В случае применения пульсирующего тока компенсация производится лишь по амплитуде, что повышает точность определений.



Выбор размеров исследуемых образцов и дисков кернодержателя позволит снизить искажение поля до минимума.

Сравнение многочисленных определений удельных электрических сопротивлений керна из нефтегазоносных толщ ДДВ, полученных нами на различных установках, показывает, что средняя погрешность составляет не более 2% при низких значениях ρ (2—5 Ом).

В компенсационной схеме (рисунок) применены релейный пульсатор 1, керновый резистивиметр 2, потенциометр Р-307 3, зеркальный гальванометр 4, универсальный источник питания 5 и батареи 6.

Поступила в редколлегию 05.01.81.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.491.5

Г. Г. МАЛЕВАНЫЙ, д-р геол.-минерал. наук

ПРОБЛЕМА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ

Одной из важнейших задач современности - является восполнение запасов пресной воды, расход которой быстро возрастает в связи с ростом населения, развитием промышленности и техническим прогрессом многих стран мира. Забор пресной воды удваивается примерно через каждые 10 лет.

Нехватка пресной воды тормозит хозяйственное развитие восточного Прикаспия, держит на «голодном пайке» промышленные предприятия Донбасса, мешает дальнейшей интенсификации сельского хозяйства юга Украины.

Уже сейчас более миллиарда человек на земном шаре испытывают недостаток в пресной воде, 60% территории нашей планеты страдают от ее отсутствия или нехватки.

Несоответствие природных возможностей и современных потребностей в пресной воде говорит простое сопоставление цифр: в пустыне Сахаре среднее водопотребление составляет 4—8 л/сут на человека, тогда как расход на хозяйственно-питьевые нужды городского населения в среднем на земном шаре превышает 110 л/сут, а с учетом промышленного и сельскохозяйственного потребления реальный расход воды в экономически развитых странах с достаточной водообеспеченностью колеблется от 120 (во Франции) до 650 (в США) л/сут на человека.

В связи с этим приковывают к себе особое внимание неисчерпаемые количества соленых вод Мирового океана как потенциального источника пресной воды. Если бы удалось найти дешевый способ отделять воду океанов от содержащихся в ней солей и транспортировать ее в места, где испытывается острая

необходимость в пресной воде, была бы решена одна из наиболее насущных проблем человечества. В засушливых районах перестали бы бояться засухи, а в экономически развитых районах исчезла бы угроза нехватки воды в связи с ростом численности населения и развитием промышленности.

Океаны представляют собой неисчерпаемый водный резервуар. Однако 3,5% соли, содержащейся в морской воде, мешают ее использованию в сельском хозяйстве, в промышленности и для питья без предварительного опреснения.

Многие ведущие советские специалисты связывают будущее опреснительных производств прежде всего с развитием атомной энергетики, с созданием огромных многоцелевых промышленных предприятий, на которых выработка электроэнергии будет сочетаться с производством пресной воды и утилизацией из рассола ценных химических компонентов. Показательным в этом отношении является создание крупнейшего опытно-промышленного опреснительного комплекса в г. Шевченко на полуострове Мангышлак (восточное побережье Каспийского моря). Город Шевченко получает в сутки столько же пресной воды, сколько дают ее почти все остальные опреснительные установки в мире. Воду тщательно подготавливают для питья: фильтруют через активированный уголь, удаляя легкий запах водорослей, пропускают через фильтры с мраморной крошкой — для того, чтобы внести в нее требуемое количество карбоната кальция.

Создание опреснительных комплексов, подобных описанному, позволит начать освоение огромных плодородных и богатых полезными ископаемыми засушливых территорий нашей страны.

В жарких странах для опреснения воды используется солнечная энергия. В районах с холодным климатом для этих же целей издавна применяют вымораживание, используя разницу температуры плавления пресной и соленой воды.

Большой интерес во многих отношениях представляет газ-гидратное опреснение. Оно основано на способности некоторых газов образовывать с водой твердые комплексы в виде газ-гидратов или кристаллогидратов льдоподобного типа.

В Австралии разработан очень интересный вариант ионообменного опреснения — так называемый «сиротерм-процесс», позволяющий опреснять морскую воду смесью катионита и ионита.

В Японии предложен оригинальный способ опреснения морской воды с помощью природных ионообменников — асбестовых волокон. С этой целью в морскую воду помещают мелкоизмельченное асбестовое волокно и одновременно через воду продувают углекислый газ. В результате поваренная соль и другие неорганические примеси сорбируются на волокнах асбеста, а соли жесткости, в частности углекислый магний, выпадают в осадок.

В СССР разработан и испытывается метод опреснения — электродиализный. Сущность процесса опреснения воды электродиализом состоит в следующем. Если через резервуар, наполненный соленой водой и разделенную неактивными диаграммами на три камеры, пропустить постоянный электрический ток, то под действием сил электрического поля положительно заряженные катионы Na^+ начнут перемещаться к катоду, а отрицательно заряженные анионы Cl^- к аноду. В результате этого процесса вода в средней камере будет опресняться.

Острая потребность в пресной воде стимулирует создание все новых и новых способов опреснения. Интересен метод безреагентной обработки, недавно запатентованный в США, во Франции выдан патент на способ, основанный на магнитной обработке.

Не исключено, что перспективным окажется опреснение морской воды с использованием биологических способов (культивирование специальных микроорганизмов, поглощающих соли из морской воды). В этом направлении ведутся интенсивные исследования в институте биологии АН СССР.

В Индии разрабатывается гиперфильтрационный метод опреснения морской воды, который основан на обратноосмотическом процессе. Большие работы в этом направлении ведутся в Мексике и в других странах.

Проблема опреснения воды приобрела всеобщее, международное значение, она привлекла к себе внимание не только ученых и инженеров, но и политиков. В 1952 г. при ЮНЕСКО была создана рабочая группа, которая наметила программу работ и осуществляет координации в международном масштабе. Стали регулярно проводиться международные симпозиумы по опреснению воды, где ученые разных стран обмениваются информацией о достигнутых практических успехах, новых разработках и проектах, результатах научных исследований и стоящих задач. В настоящее время свыше 120 научно-исследовательских организаций в 20 странах мира ведут исследования по совершенствованию известных и поиску принципиально новых методов опреснения воды. Диапазон их очень широк: от изучения свойств воды до исследования различных процессов, происходящих в природе.

Проблема опреснения интересна и важна не только в научном отношении, ее практическая ценность возросла до государственной значимости. В СССР, США, Франции и Англии созданы правительственные органы, которые в национальном масштабе осуществляют координации, планирование и финансирование работ по проблеме опреснения воды. За прошедшие два десятилетия значительно усовершенствованы известные и предложены новые методы опреснения воды. С годами улучшилась технология опреснения воды, повысилась единая мощность установок и экономичность процессов. Использование

дешевой атомной энергии открыло благоприятные перспективы производства пресной воды в больших количествах и по доступной цене. Особенно выгодны многоцелевые атомные водозлектростанции, сочетающие выработку энергии и воды с производством ядерного горючего (в реакторах-размножителях).

В результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ стоимость опреснения воды за это время снижена в 10—15 раз.

Не только в СССР, но и за рубежом строится много больших и малых опреснителей. В 1975 г. во всем мире в эксплуатации находилось 800 только крупных опреснительных установок с суммарной производительностью 1,25 млн. м³/сут.

В последние годы строительство опреснителей ведется всюду и темп прироста мощностей настолько возрос, что каждые два-три года суммарная производительность их удваивается. Если принять, что производство опреснителей удваивается каждые три года, то общая производительность опреснителей в мире будет расти следующим образом: 1975 г.—1,8; 1985—40; 1990—121; 2000—1290 млн. м³/сут. или 472 км³/год.

Подсчитано, что к концу XX в. уже в ряде районов и географических провинций будут полностью исчерпаны собственные водные ресурсы и ресурсы соседних областей. Так как атмосферные осадки и водные ресурсы каждой географической провинции вполне определены и конечны, то дальнейшее обеспечение возрастающих потребностей в воде можно удовлетворить только за счет опреснения морской воды.

Разумеется, опреснение воды не заменит полностью традиционных источников водных ресурсов, которые благодаря круговороту воды на земле вечны и неисчерпаемы.

Поступила в редколлегию 06.01.81.

УДК 551.496(477.52:53)

Г. М. ЗАХАРЧЕНКО, И. Г. СУХНО

К ГИДРОГЕОЛОГИИ МЕЖДУРЕЧЬЯ СУЛА — ПСЕЛ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА

Территория междуречья Сула—Псел центральной части Днепроовского артезианского бассейна, включающая западные районы Полтавской области и южные Сумской, гидрогеологически изучены недостаточно, особенно по основному водоносному комплексу (горизонту) пресных питьевых вод — сеноман-нижне-меловому. Это затрудняет проектирование скважин для воды

на этот комплекс, являющийся наиболее перспективным в деле водоснабжения.

В последнее время здесь в ряде пунктов (Лохвица, Червонозаводское, Шмигли, Недригайлов, Лебедин, район Сум и др.) пробурены артезианские скважины, получены новые фактические данные, обобщение которых позволяет сделать выводы, имеющие значение для дальнейшего изучения Днепровского артезианского бассейна. На основании буровых и каротажных данных установлено, что водоносные сеноман-нижнемеловые отложения имеют сплошное распространение. Они отсутствуют лишь на крайнем юге междуречья в долине Днепра и на некоторых купольных структурах (Исачки, Ромны).

Литологически комплекс сеноман-нижнемеловых отложений выражен чередованием песков разной крупности с подчиненными слоями алевроитов, песчаников и глин. Мелкозернистые пески, содержащие глауконит, порошкообразный пирит, тонкое углистое вещество, чаще всего встречаются в разрезе северных районов — в полосе Бахмач — Сумы.

Более крупнозернистые и водоносные пески составляют среднюю и нижнюю части толщи, в южных районах междуречья и в пределах тех купольных структур, где эта толща сохранена полностью или частично. Это необходимо учитывать при проектировании новых скважин и определении глубины постановки фильтров.

Глубина залегания кровли сеноман-нижнемелового комплекса в осевой полосе бассейна (Лохвица — Опошня — Чутово) — до 700—800 м, его основания — до 1000 м и несколько больше (район Глинска, Розбышевки, Бельска). Мощность водоносной песчано-глинистой толщи составляет 160—180 м, местами 200—250 м (Андреевка южнее Ромен, Бельск и др.). Глубина установки фильтров в скважинах определяется величинами: в Лебедине 703—830 м, Шмиглях 796—806 м, Червонозаводском — 775—955 м, Лохвице 780—960 м. Это самые большие значения глубины залегания и мощности сеноман-нижнемелового водоносного комплекса, а также мощности всей верхней зоны пресных вод (1000—1100 м) артезианского бассейна.

Естественные пьезометрические уровни вод комплекса, как это следует из данных пробуренных скважин, близки к нормальным, т. е. почти ненарушены, их отметки в районе Сум +125 м, на линии Недригайлов — Лебедин +118 м, Лохвица — Зеньков +108 м, Пирятин — Миргород +104 м, Лубны — Хорол около +98 м, что хорошо согласуется с общей картиной закономерного изменения пьезометров вод данного комплекса бассейна вне площадей, развития крупных районных депрессий напора (Полтава, Харьков, Киев, КМА). Можно предположить, что Междуречье Сула — Псел — хорошо еще сохранившийся «целик» сеноман-нижнемелового водоносного комплекса в пределах Днепровского артезианского бассейна. Он

расположен по направлению главного потока пресных подземных вод бассейна, идущего от северной области питания — склона Воронежского кристаллического массива — к долине Среднего течения Днепра (область разгрузки), в общем по линии Курск — Сумы — Лохвица — Черкассы. Здесь еще могут в долинах рек наблюдаться фонтанирующие скважины.

Естественные ресурсы вод сеноман-нижнемелового водоносного комплекса в полосе междуречья Сула — Псел значительны. Удельные дебиты скважин в пределах 2—3 м³/ч, что обеспечивает суточный дебит воды каждой 1000—1200 м³ при сравнительно не очень большом понижении уровня (Недригайлов, Лебедин и др.).

В химическом составе вод сеноман-нижнемелового комплекса в рассматриваемой полосе четко обнаруживается гидрохимическая зональность — закономерная смена по пути движения вод с севера на юг следующих зон и подзон (составов) вод*: гидрокарбонатной кальциевой, сульфатно-гидрокарбонатной, натриево-кальциевой, гидрокарбонатной кальциево-натриевой, гидрокарбонатной натриевой, хлоридно-гидрокарбонатной натриевой, гидрокарбонатно-хлоридной натриевой и хлоридной натриевой с водами повышенной минерализации.

В этой зональности отображены динамика вод, характер и смена доминирующих процессов их формирования в различных геоструктурных частях бассейна: выщелачивание — в северной периферийной части бассейна, катионного обмена — на погружении водоносного комплекса, в северной прибортовой полосе, восстановления и десульфатизации — в центральной глубокой его части, концентрирования ионного состава вод — в пределах последней и на переходах к южной прибортовой полосе и периферийной части — области разгрузки.

В северной части бассейна до района несколько южнее Сум — до северной полосы региональных разрывов, отделяющих склон Воронежского массива от глубокой области бассейна — грабена — распространены воды, связанные, в основном, с окислительной обстановкой, к югу же, в пределах грабена и южной полосы разрывов — воды, формирование которых связано с условием восстановительной среды.

В итоге периферийные воды натриево-гидрокарбонатного кальциевого состава преобразуются в глубокой части бассейна в воды гидрокарбонатные натриевые и затем хлоридные натриевые повышенной минерализации. При этом происходит последовательное уменьшение в водах содержания ионов гидрокарбоната, сульфата, кальция и магния и увеличение в них количества хлора, натрия, иода, брома и некоторых других редких компонентов. Воды из пресных становятся солоноватыми и даже солеными. Минерализация вод изменяется следую-

* Здесь и в дальнейшем в названии типа воды преобладающий ион, анион или катион ставится последним.

щим образом: для вод сульфатно-гидрокарбонатных, натриево-кальциевых 0,5—0,7 г/л, гидрокарбонатных натриевых — 0,4—0,5 г/л, хлоридных натриевых — 1—2—3 г/л и больше. Значение

коэффициента $\frac{rNa}{rCl}$ колеблется в широких пределах от 10—20

до единицы, что характерно для вод инфильтрационного цикла. Хлориды натрия частично подмешиваются в районах соляных куполов, вызывая локальное повышение минерализации вод. Наличие в этих водах повышенного содержания иода, брома, а иногда и углеводов указывает на подток из глубин по тектоническим нарушениям высокоминерализованных вод палеозойских отложений (Талалаевка, Ромны, Миргород, Большие Липняги и др.). Локальная повышенная минерализация вод вскоре сглаживается по направлению их движения, состав вод выравнивается на сравнительно небольших расстояниях. Например, воды сеноман-нижнемелового комплекса имеют минерализацию вблизи Роменского соляного купола 5—10 г/л, к югу от него в 30—40 км она снижается до 1,2 г/л в Червонозаводском и до 1 г/л в Лохвице.

Важной особенностью гидрохимической зональности области междуречья Сула — Псел является то, что здесь периферийная зона гидрокарбонатных кальциевых вод быстро сменяется в районе Бахмач — Сумы обширной зоной гидрокарбонатных натриевых вод малой минерализации, которые затем на отрезке Сумы — Ромны, т. е. в полосе региональных разрывов, постепенно обогащаются хлоридом и натрием и преобразуются в гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды. Зона сульфатных вод слабо развита — типичных сульфатных вод здесь нет не только в водах сеноман-нижнемелового комплекса, но и других горизонтов. Развита в восточной (Харьковской) части бассейна зона сульфатных вод затухает в районе Сум и далее к северо-западу. Это связано с поступлением с севера — из области питания — вод с малым содержанием сульфатов и более интенсивным проявлением здесь процессов катионного обмена, восстановления и десульфатизации, чему способствуют фаціальная изменчивость сеноман-нижнемеловых отложений — развитие мелкозернистых, глинисто-листых глауконитовых фаций, большая насыщенность их органикой, в частности растительной, а местами и прорывающимися из глубин углеводородными газами, наконец, некоторая замедленность в этих условиях скорости движения вод.

Из других горизонтов пресных вод известны широкоразвитые воды бучакских и каневских отложений к югу от района Сум и воды мергельно-меловой толщи верхнего мела в этом районе и к северу от него.

В более древних отложениях юрских, триасовых и палеозойских в глубокой части бассейна распространены соленые воды и рассолы. Но в северных районах Сумской области в пес-

чаниках юры и верхов триасовой толщи, вероятно, еще могут быть встречены пресные воды. Из керна триасовых песчаников, поднятых в скважине Степановки близ Сум с глубины 840 м, была получена водная вытяжка, указывающая на воду гидрокарбонатного натриевого состава.

В сеноман-нижнемеловых и юрских отложениях в ряде мест (районы Талалаевки, Ромен, Исачек, Большие Липняги и др.) встречены воды, близкие по своему основному составу к водам известного Миргородского курорта.

Из изложенного следует, что перспектива увеличения водоснабжения различных объектов на площади междуречья Сула — Псел за счет более широкого использования подземных вод и прежде всего сеноман-нижнемелового водоносного комплекса должна рассматриваться как вполне благоприятная.

Поступила в редколлегию 10.02.80.

УДК 556.3.06:519(477.54 + 470.325)

К. А. НЕМЕЦ, канд. геол.-минерал. наук

ВЛИЯНИЕ РЕЧНОЙ СЕТИ НА РАЗВИТИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕЛО-МЕРГЕЛЬНЫХ ПОРОД

Многочисленными исследованиями установлено, что проницаемость трещиноватых пород в зоне гипергенеза существенно зависит от рельефа и геоморфологических факторов. Характер и природа этого явления широко отражается в литературе (например, [1, 2, 3]), однако количественно указанная зависимость изучена слабо. Поэтому при построении математической модели поля водопроводимости трещиноватых мело-мергельных пород в верхней части бассейна Северского Донца этот вопрос рассматривался достаточно детально [4, 5].

Коэффициент водопроводимости приближенно оценивался по величине удельного дебита совершенных гидрогеологических скважин. При таком способе опробования водоносного горизонта, когда расстояния между трещинами в зоне выветривания значительно меньше размеров депрессионной воронки, гипергенная трещиноватость обуславливает ультранеоднородность мело-мергельных отложений (согласно диаграмме структурной неоднородности [2]). Иначе говоря, в неизменных условиях процессы выветривания и разгрузки формируют квазиоднородное поле водопроводимости. Неоднородность более низкого порядка обусловлена факторами, влияющими на интенсивность гипергенеза. К ним в первую очередь относится речная сеть, возмущающее действие которой на квазиоднородное поле водопроводимости проявляется в следующем: а) аномальное развитие коры выветривания и зоны разгрузки мело-мергельных отложений, обусловленное формированием и эволюцией речных долин; б) формирование области дренирования подземных вод мело-

мергельной толщи, что определяет интенсивность водообмена, промывку трещин, развитие карста, влияние гидродинамического давления и т. д.; в) развитие аккумулятивного рельефа с характерными геологолитологическими комплексами речных террас.

Для количественной оценки влияния геоморфологического фактора применялся дисперсионный анализ. Все выборочные значения удельного дебита приведены к нормальному распределению путем логарифмического преобразования и разделены на три группы по принадлежности к комплексным геоморфологическим элементам со сходным геологическим строением: пойма и боровая терраса (I), четвертичные террасы (II), плиоценовые террасы и плато (III). Таблица однофакторного дисперсионного анализа (табл. 1) приведена ниже.

Сравнение межгрупповой и внутригрупповой дисперсии по F -критерию Фишера показало, что они отличаются значимо при доверительной вероятности 0,95. Следовательно, влияние геоморфологического фактора существенно.

Внутри выделенных групп эмпирический материал стратифицировался по гидродинамическому и геоструктурному признакам [4]. В результате получено шесть статистически однородных выборочных совокупностей: группа I — в напорных условиях с региональным верхнекиевским водоупором (I—н—в) и без регионального водоупора (I—н); группа II — в напорных условиях (II — н) и безнапорных условиях (II—б) и аналогично в группе III — III — н и III — б. По каждой совокупности выполнялся корреляционно-регрессионный анализ для количественной оценки влияния расстояния до ближайшего дренирующего элемента L на величину логарифма удельного дебита (табл. 2). Фильтрационная неоднородность мело-мергельных отложений в рассматриваемых условиях характеризуется с помощью выборочной дисперсии и энтропии [6, 7].

Таблица 1

Дисперсии	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Дисперсия	F -критерий	
				эмпирический	критический
Между группами	262,5	3—1=2	131,25	49,39	2,99
Внутри групп	2334,0	881—3=878	2,66		
Общая	2596,5	881—1=880	2,95		

Все значения парного коэффициента корреляции значимо отличаются от 0 с доверительной вероятностью 0,95. Отличия в оценке неоднородности по дисперсии и энтропии объясняются тем, что энтропия лучше отражает неоднородность (разнообразие) природного объекта в целом как единой системы. Величина

Таблица 2

Выборочные совокуп- ности	Объем выбор- ки	Влияние фактора L		Оценка фильтрационной неоднородности	
		преобра- зование	коэффи- циент кор- реляции	дисперсия	энтропия, ниты
I—н—в	167	\sqrt{L}	—0,53	2,63	1,91
I—н	178	\sqrt{L}	—0,39	2,18	1,84
II—н	164	$1/\sqrt{L}$	0,44	2,39	1,18
II—б	37	\sqrt{L}	—0,45	1,70	1,37
III—н	149	$\ln L$	—0,44	2,69	0,91
III—б	159	$1/\sqrt{L}$	0,40	3,75	0,92

дисперсии в большей степени отражает изменчивость выбо-
рочных значений исследуемого признака.

Как следует из табл. 2, изменения энтропии достаточно чет-
ко показывают, что фильтрационная неоднородность мело-мер-
гельных пород увеличивается от плато к четвертичным терра-
сам и пойме. Этот вывод убедительно подтверждается анализом
изменений условной энтропии при фиксированных значениях
(серединах интервалов группировки) признака L .

Значение

L , км

0,25 0,75 1,25 1,75 2,25 2,75 3,25 3,75 4,25

Условная

энтропия,

ниты

1,99 1,77 1,76 1,70 1,50 1,49 1,36 1,32 1,08

Изменения условной энтропии по признаку L достаточно на-
глядно отражают обратную зависимость степени фильтрацион-
ной неоднородности мело-мергельных отложений от расстояния
до дренирующих эрозионных врезов. Согласно исследованиям
значимость влияния геоморфологического фактора и речной се-
ти на формирование фильтрационных свойств коры выветрива-
ния мело-мергельных отложений подтверждается результатами
статистического анализа. Фильтрационная неоднородность по-
род закономерно увеличивается от водоразделов к пойменным
участкам речных долин.

Список литературы: 1. Бондарик Г. К. Основы теории изменчивости инже-
нерно-геологических свойств пород.—М.: Недра, 1971.—272 с. 2. Рац М. В.
Неоднородность горных пород и их физических свойств.—М.: Наука, 1968.—
108 с. 3. Соломко Л. А., Рогов Г. М. О причинах повышенной водообильно-
сти пород в депрессиях рельефа в Кузбассе. — Изв. Томск. политехн. ин-та,
1964, 127, вып. 2, с. 142—145. 4. Немец К. А. Методические аспекты постро-
ения статистической модели водообильности мело-мергельного водоносного го-
ризонта. — Вестн. Харьк. ун-та. Геология и география, 1977, вып. 8, с. 51—
54. 5. Немец К. А. Генетический метод изучения фильтрационной неоднород-
ности трещиноватых массивов горных пород. — Вестн. Харьк. ун-та. Геоло-
гия и география Левобережной Украины, 1979, вып. 10, с. 53—55. 6. Дементь-

ев Л. Ф., Жданов М. А., Кирсанов А. Н. Применение математической статистики в нефтегазопромысловой геологии. — М.: Недра, 1977.—255 с.
7. Комаров И. С., Хайме Н. М. Применение понятий и мер теории информации в инженерной геологии при оценке неоднородности.—Изв. вузов. Геология и разведка, 1968, № 5, с. 95—101.

Поступила в редколлегию 12.01.80.

УДК 551.491.5

В. Д. БАБЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛО-МЕРГЕЛЬНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НА ПОДТОПЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г. ХАРЬКОВА

Использование неглубокозалегающих водоносных горизонтов для централизованного водоснабжения городов и промышленных предприятий нарушает режим подземной гидросферы, что выражается в снижении уровней грунтовых вод. Строительство в таких условиях производится без учета возможного прекращения водоотбора, связанного с ним подъема уровня подземных вод и подтопления территории.

Одним из основных расчетных параметров, используемых для прогноза подтопления городских территорий, является величина дополнительного инфильтрационного питания, методика определения которой известна [1, 2].

При рассмотрении гидрогеологических процессов и составлении прогнозов в районах с интенсивно нарушенным режимом подземных вод целесообразно ввести понятие дополнительное «питание снизу», эта величина зависит от водоотбора, времени и граничных условий водонасыщенных горизонтов.

Цель исследований — изучить гидрогеологические условия, определить расчетные параметры водоносных горизонтов и оценить влияние режима эксплуатации мело-мергельного водоносного горизонта на подтопление территории г. Харькова.

Мело-мергельный водоносный горизонт развит в пределах территории Харькова повсеместно. Водовмещающие породы представлены трещиноватым пясчистым мелом и мелоподобным мергелем. Наибольшая трещиноватость и водообильность пород отмечается в пределах речных долин и крупных балок, поэтому граничные условия водоносного горизонта в плане сложные, в разрезе — нижней границей служит зона затухания трещиноватости водовмещающих пород, верхней границей — относительный водоупор, так называемая зона заиления и кольматации.

Гидравлическая связь мело-мергельного водоносного горизонта с грунтовыми водами осуществляется через каневско-бучакский водоносный горизонт отложений и далее через «окна размыва» в водоупорных мергелистых глинах нижекиевской

подсвиты палеогена, являющихся первым от поверхности земли региональным водопором.

Расчетные гидрогеологические параметры водоносных горизонтов приведены в таблице. Сведения о режиме эксплуатации мело-мергельного водоносного горизонта имеются с 1910 по 1980 г. Водоотбор характеризуется постепенным увеличением с начала эксплуатации до 1964 г., а затем уменьшением и в настоящее время составляет 43% от максимального. Рассматривая урочный режим мело-мергельного каневско-бучакского и аллювиального водоносных горизонтов, за весь период эксплуатации можно выделить два характерных периода. Первый с 1910 по 1964 г. характеризуется устойчивым снижением, а второй с 1964 по 1980 г. — повышением уровней во всех трех горизонтах. Максимальная депрессия уровней в мело-мергельном водоносном горизонте (1964) наблюдалась в районах насосных станций №№ 1, 3, 4, 5 и 6, понижение составило 50—60 м, на отдельных участках верхняя часть водовмещающих пород была осушена. Последнее привело к условиям напорно-безнапорного режима мело-мергельного водоносного горизонта. Аналогичные процессы наблюдались и в каневско-бучакском водоносном горизонте, где снижение уровней достигло 15—20 м.

Водоносные горизонты	Водовмещающие породы	Коэффициент		
		водопроводимости, м ² /сут	фильтрации, м/сут	уровне- или пьезопроводности, м ² /сут
Мело-мергельный	Трещиноватые мел и мергель	30—350	0,5—65	$1,5 \cdot 10^4$ — $3,5 \cdot 10^6$
Каневско-бучакский	Пески	10—30	0,6—2,6	$2,0 \cdot 10^3$ — $5,0 \cdot 10^4$
Аллювиальный	Пески, суглинки	— —	1,0—14,0 0,009—0,5	$1,7 \cdot 10^2$ — $3,5 \cdot 10^3$

За период с 1964 по 1980 г. подъем уровней в районе насосной станции № 4 составил по мело-мергельному водоносному горизонту 40 м, по каневско-бучакскому — 10 м, по аллювиальному — 1,5—3 м. Характер подъема уровней подземных вод в рассматриваемых водоносных горизонтах позволяет сделать вывод о том, что этот процесс при условии постоянства или снижения водоотбора будет происходить на протяжении 25—30 лет.

Учитывая, что генеральным планом развития Харькова до 2010 г. на исследуемой территории предусматривается значительный объем жилищно-гражданского и промышленного строительства, необходимо разработать комплекс мероприятий по предотвращению подтопления новой застройки и улучшению гидрогеологической обстановки на реконструируемых площадях.

Выводы. Инженерно-технические изыскания на территории г. Харькова для всех видов строительства должны предусматривать исследования, направленные на выполнение прогноза гидрогеологических условий с учетом дополнительного «питания снизу» в связи с изменением режима эксплуатации мело-мергельного водоносного горизонта.

Защита городской территории от подтопления за счет «питания снизу» в пределах зоны влияния режима эксплуатации мело-мергельного водоносного горизонта должна осуществляться комбинированным методом [1], включающим вертикальный дренаж скважинами, оборудованными на мело-мергельный водоносный горизонт, и локальными дренажами отдельных зданий и сооружений, заложенными в аллювиальный водоносный горизонт.

Дренажные воды в количестве 40—50 тыс. м³/сут целесообразно использовать, в основном, для технических целей, когда требуется вода с невысокими постоянными по сезонам года температурами.

Список литературы: 1. Абрамов С. К., Дегтярев Б. М. Прогноз и предотвращение подтопления грунтовыми водами территории при строительстве. — М.: Стройиздат, 1978.—210 с. 2. Анпилов В. Е. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. — М.: Недра, 1976.—130 с.

Поступила в редколлегию 02.10.80.

УДК 628.477.61

В. П. ДВОРОВЕНКО, Н. И. ОСТАПЧУК.

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ КРАМАТОРСКОГО ВОДОЗАБОРА ПОСЛЕ РАСЧИСТКИ РУСЛА РЕКИ КАЗЕННЫЙ ТОРЕЦ

Наибольшее практическое значение для водоснабжения в бассейне р. Казенный Торец имеет мело-мергельный водоносный горизонт.

Анализ многочисленных материалов по изучению этого водоносного горизонта позволил сделать следующие выводы. Область питания водоносного горизонта охватывает всю территорию развития мело-мергельного горизонта. Подземные воды, приуроченные к трещиноватой зоне выветривания мело-мергельных пород, в основном, безнапорные. В условиях ненарушенного режима движение подземных вод направлено к современным дренирующим элементам (долина р. Казенный Торец). Условия питания водоносного горизонта в естественной и нарушенной гидродинамической обстановке различны. Если в первом случае источником питания является инфильтрация атмосферных осадков, то в условиях интенсивного водообмена имеет место дополнительное питание за счет перетока воды из четвертичных водоносных горизонтов и поверхностных водотоков. В долине р. Казенный Торец это привело к тому, что аллювиальные отложения в пределах депрессионной воронки почти полностью сдренированы. Режим мело-мергельного водоносного горизонта устойчив и формируется под влиянием естественных и искусственных факторов (количество,

интенсивность и распределение в годовом разрезе атмосферных осадков, условия поверхностного стока, инфильтрации, мелиоративные работы, влияние водозаборов подземных вод).

В конкретных гидрогеологических условиях Краматорского участка гидродинамическая связь мело-мергельного водоносного горизонта с р. Казенный Торец определяется также особенностями аллювиального водоносного горизонта.

На участке развития депрессионной воронки мело-мергельного водоносного горизонта аллювиальные отложения почти полностью сдренированы. В результате работ на участке исследований установлено, что водопроницаемость мело-мергельного водоносного горизонта составляет 400—600 м²/сут; коэффициент фильтрации слоя разделяющего меловой и аллювиальный водоносный горизонты не превышает 0,04 м/сут; коэффициент фильтрации аллювиальных отложений — от 20 до 40 м/сут, зоны заиления днища реки — 0,02—0,06 м/сут.

Полученные данные показывают, что закольматированный слой и элювированная прослойка в кровле мела является относительным водоупором.

После расчистки русла следует ожидать усиления гидродинамической связи поверхностных и подземных вод. В процессе выполнения этих работ зона кольматации в русле реки будет разрушена и создадутся благоприятные условия для перетекания речных вод в аллювий и далее в мело-мергельный водоносный горизонт. Наряду с появлением возможности увеличить водоотбор из водоносного горизонта возрастет вероятность ухудшения качества воды подземных горизонтов, так как речные воды в значительной степени загрязнены. Даже при условии, что промышленное и хозяйственно-бытовое загрязнение будет ликвидировано, естественное высокое содержание в речной воде сульфатов и повышенный сухой остаток отрицательно скажутся на качестве подземных вод.

Для прогноза подъема уровней подземных вод в пределах Краматорской группы водозаборов после расчистки русла р. Казенный Торец было выполнено аналоговое моделирование на электроинтеграторе БУСЭ-70.

Анализ геологического строения и гидрогеологических условий района позволяет заключить, что исходная гидродинамическая схема состоит из двух водоносных горизонтов: аллювиального и мело-мергельного. Фильтрационный поток в мело-мергельном водоносном горизонте схематично представлен как плано-плоский, описываемый дифференциальным уравнением Буссинеска с усреднением проводимости пласта:

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{W}{T}, \quad a = \frac{T}{\mu},$$

где a — коэффициент уронепроводности; T — усредненная проводимость пласта; W — интенсивность инфильтрации.

Фильтрационный поток в аллювиальном водоносном пласте также приведен к плано-плоскому, описываемый дифференциальным уравнением Буссинеска с введением в него функции $u = 0,5h^2$.

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{W}{K}, \quad a = \frac{Kh_{cp}}{\mu},$$

где h — средняя по площади мощность потока; μ — коэффициент гравитационной емкости пласта.

На модели был воспроизведен этот комплекс водоносных горизонтов с учетом всех граничных условий. С целью уточнения фильтрационных параметров были решены инверсные задачи на два периода времени для аллювиального и меломергельного водоносных горизонтов. Решение прогнозной задачи проводилось в два этапа: на первом решали стационарные задачи с учетом расчистки русла р. Казенный Торез, на втором — временную задачу с шагом 3 и 6 месяцев.

В результате моделирования было установлено, что расчистка русла окажет существенное влияние на условия питания меломергельного водоносного горизонта. Уровни подземных вод этого горизонта поднимутся в среднем на 0,8—1,2 м.

Поступила в редколлегию 05.08.80.

УДК 536,2:681.3

Ф. В. ЧОМКО

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ НА ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРЕ БУСЭ-70

В практике исследования сложных гидрогеологических процессов для решения самых разнообразных задач (идентификации фильтрационных параметров, прогноз режима, оценка запасов подземных вод и т. д.) широко применяются электрические сеточные модели. Из серийно выпускаемых специализированных аналоговых моделирующих устройств в последние годы значительное распространение получил электроинтегратор БУСЭ-70 [1, 2]. К его достоинствам относятся небольшие размеры решающих сеток и простота их компоновки при решении двухмерных и трехмерных задач, достаточно большое количество расчетных узлов (до 1000), высокая точность решения, надежность конструкции.

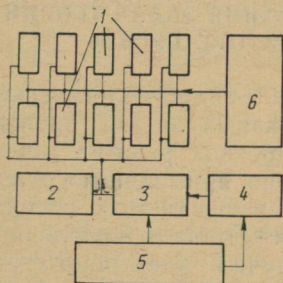
Однако решение задач фильтрации подземных вод в сложных гидрогеологических условиях довольно трудоемко. Значительное время затрачивается на набор электрической сетки,

переменную коммутацию решающей сетки с низкоомным делителем граничных условий, а также с измерительным устройством при съеме потенциалов с многочисленных узловых точек сеточной модели области фильтрации.

Известны работы, посвященные автоматизации процесса моделирования на электроинтеграторе БУСЭ-70. Так, в [3] предложено несложное полуавтоматическое устройство, позволяющее автоматизировать очень трудоемкий процесс подачи потенциалов на «временные» сопротивления при решении нестационарных задач; в [4] — измерительная панель и схема, повышающая точность измерения потенциалов в узлах.

Однако рассмотренные устройства, снижая трудоемкость процесса моделирования, не решают вопроса об удобстве соединения модели с низкоомным делителем напряжения (на пульте), что особенно важно при наличии большого количества узлов с граничными условиями. Значительные трудности составляют задание на модель начальных и граничных условий I рода и внутренних граничных условий II рода при моделировании скважин, рек, дренажей и т. д.

С целью упростить задание начальных и граничных условий в узлы решающих сеток мы применяли панель граничных условий (удостоверение о рацпредложении № 45 от 6 февраля 1978 г.). Суть предложения состоит в том, что узлы всех решающих сеток (рисунок, 1) выведены параллельно на измерительную панель 2 и панель граничных условий 3. Панель граничных условий выполнена на разъемах РП-14/30, а измерительная панель — на разъемах РС-50. Обе панели крепятся на плате из органического стекла на пульте управления между низкоомным делителем граничных условий 5 и столиком. Кон-



такты разъемов имеют оцифровку, совпадающую с нумерацией узлов сетки. Для удобства на панели граничных условий к каждому блоку сетки смонтированы множители (по 20 гнезд). Контактные гнезда панелей соединяются с узлами решающих сеток монтажными проводами типа ПМВГ, увязанными в жгуты и экранированными фольгой. Схема включает панель дополнительных сопротивлений 4 и полуавтоматическое устройство 6.

При моделировании скважин, дрена, русел рек граничные условия для соответствующих узлов модели задаются через дополнительные сопротивления, учитывающие несоответствие размеров граничных элементов и расчетных блоков, их гидродинамическое несовершенство. Однако конструкция решающей сетки не предусматривает места для размещения дополнитель-

ных сопротивлений и их приходится «подвешивать» около узлов на соединительных проводниках. При большом количестве узлов с дополнительными сопротивлениями такая система подключения создает путаницу и неудобства в работе операторов. Поэтому мы предлагаем дополнительные сопротивления размещать на отдельной панели, которую удобнее всего разместить на пульте управления, рядом с панелью граничных условий и низкоомным делителем. Предлагаемая панель изготовлена из органического стекла и имеет контакты для подключения 70 дополнительных сопротивлений. Применение этой панели позволяет значительно упростить задание внешних и внутренних граничных условий II рода, так как все операции выполняются непосредственно за пультом электроинтегратора.

Применение при решении задач фильтрации на электроинтеграторе БУСЭ-70 полуавтоматического устройства [3], измерительной панели [4], панели граничных условий и панели для дополнительных сопротивлений позволяет более рационально организовать процесс моделирования, исключить переменную коммутацию разъемами узлов решающих сеток с измерительным блоком и низкоомным делителем граничных условий и тем самым резко сократить непроизводительный труд оператора и увеличить скорость решения задач.

Усовершенствованный указанным способом электроинтегратор БУСЭ-70 был испытан на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Харьковского госуниверситета при решении ряда тестовых задач, а также при моделировании неустановившейся фильтрации при составлении прогнозов уровней подземных вод для ряда микрорайонов г. Харькова, подсчете эксплуатационных запасов и прогнозе загрязнения подземных вод для Краматорской группы водозаборов. При этом использовалось от 450 до 1000 решающих узлов на 10 сетках. Установлено, что трудоемкость моделирования значительно снизилась, а скорость решения задач увеличилась в два раза.

Список литературы: 1. Жернов И. Е., Павловец И. Н. Моделирование фильтрационных процессов. — Киев: Вища школа, 1976.—109 с. 2. Жернов И. Е., Шестаков В. М. Моделирование фильтрации подземных вод. — М.: Недра, 1971.—203 с. 3. Бутов В. Л., Соколов А. Д., Сурков В. И. Полуавтоматическое устройство к сеточному интегратору. — Тр. координац. совещ. по гидротехнике, 1974, вып. 93, с. 15—20. 4. Ларченко А. Ф., Карпенко В. А. Опыт модернизации электроинтегратора БУСЭ-70 для решения задач теории фильтрации. — *Вопр. гидрогеол. прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением*, 1975, вып. 7, с. 30—33.

Поступила в редколлегию 20.11.80.

О. И. БУБЛАЙ, П. Д. ДОВГАНЮК, В. А. РЯБЫХ

О МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ

Северное побережье Азовского моря находится в зоне сочленения Приазовского кристаллического массива и северного борта Причерноморской впадины. В геологическом строении района принимают участие осадочные образования мезозоя и кайнозоя, залегающие на докембрийском фундаменте, ступенчато погружающемся с севера на юг. Подземные воды встречены во всех стратиграфических комплексах — от четвертичных до кристаллических пород докембрия. Формирование их химического состава тесно связано с климатическими особенностями, историей геологического развития, палеогеографическими условиями района и рядом других факторов, прямо или косвенно влияющих на солевой состав подземных вод. Пресные и слабосолоноватые воды в пределах района вскрыты лишь на локальных участках. Преобладающее же распространение имеют минерализованные воды, химический состав и бальнеологические свойства которых близки к уже известным и используемым минеральным водам. Необходимость выявления, изучения и оценки ресурсов минеральных вод северного Приазовья обусловлена интенсивной реконструкцией существующих и строительством новых санаторно-курортных учреждений и расширением их профиля.

Чтобы повысить эффективность гидрогеологических работ при поисках и разведке минеральных вод, сократить сроки их выполнения и снизить стоимость, необходимо знать общие закономерности распространения, формирования и гидрохимической зональности подземных вод данного района.

Как показывают результаты опробования водоносных горизонтов (таблица), в пределах северного Приазовья распространены преимущественно хлоридные натриевые воды с минерализацией от 2—5 до 50—60 г/л. Из специфических компонентов в воде в значительных количествах содержатся бром и иод. Причем концентрации этих элементов в водах меловых палеогеновых и тортонских-нижнесарматских отложений в ряде случаев достаточны для отнесения минеральных вод к бромным при разбавлении рассолов в три-четыре раза. Значительный интерес представляют также иодо-бромные воды среднесарматских отложений с минерализацией 12,5—13,4 г/л, которые могут быть использованы в лечебных целях без предварительного разбавления.

Наряду с хлоридными натриевыми водами в северном Приазовье вскрыты также сульфатно-хлоридные магниево-натриевые и слабосульфатные воды с минерализацией до 5 г/л. Все воды имеют нейтральную или слабощелочную реакцию и относятся

Химический состав минеральных вод северного Приазовья

№ скважины	Водоносный горизонт	Интервал залегания водоносного горизонта, м	Литологический состав водовмещающих пород	Глубина до уровня воды, м	Дебит, м ³ /ч Понижение, м	Формула химического
1	2	3	4	5	6	7
1	Современных морских и лиманно-морских отложений	25,2—70,3	Песок	15,1 20,60	15,1 20,60	$M_{10,3} \frac{Cl_{85}SO_4 11}{Na_{53}Ca_{25}Mg_{22}}$
2	Куяльницкий	66,0—75,3	"	1,0	$\frac{79,2}{16,0}$	$M_{2,5} \frac{HCO_3 75 Cl_{23}}{Na_{66}}$
3	"	27,0—73,8	"	1,9	$\frac{54,8}{39,2}$	$M_{12,0} \frac{Cl_{187}}{Na_{52}Ca_{25}Mg_{23}}$
4	"	52,0—58,2	"	44,7	$\frac{4,0}{3,4}$	$M_{3,2} \frac{SO_4 54 HCO_3 44}{Mg_{36}Na_{34}Ca_{27}}$
5	Киммерийский	92,2—105,8	Песчаник	25,0	$\frac{7,2}{17,6}$	$M_{2,1} \frac{Cl_{185}}{Na_{83}}$
6	Среднесарматский	93,0—107,0	"	30,5	$\frac{12,0}{24,5}$	$M_{4,8} \frac{Cl_{92}}{Na_{80}}$
7	"	86,9—119,7	Известняк, песок	+0,81— +1,60	$\frac{34,0}{11,5}$	$J_{5,5} Br_{27,6} M_{16,6} \frac{Cl_{95}}{Na_{86}}$
8	Тортонский — нижне-сарматский	189,0—224,0	Песок	42,5	$\frac{22,5}{22,3}$	$M_{2,1} \frac{Cl_{190}}{Na_{86}}$
9	То же	136,0—145,0	"	19,6	$\frac{20,0}{38,9}$	$M_{2,1} \frac{Cl_{172}SO_4 16 HCO_3 12}{Na_{62}Ca_{23}Mg_{15}}$

№ сква- жины	Водоносный горизонт	Интервал залегания водоносно- го горизон- та, м	Литологи- ческий со- став водо- вмещающих пород	Глубина до уровня воды, м	Дебит, м ³ /ч Пониже- ние, м	Формула химического
1	2	3	4	5	6	7
10	Тортонский-нижнесар- матский	149,5—156,4	Песок	53,9	$\frac{38,0}{5,5}$	$H_2S_{24,5}M_{4,0} \frac{Cl\ 90}{Na\ 68}$
11	"	123,8—127,6	"	+2,3	$\frac{36,0}{3,05}$	
12	"	220,9—223,9	"	+4,9	$\frac{11,9}{41,4}$	
13	Палеогеновый	202,4—231,3	"	19,0	$\frac{18,0}{19,0}$	
14	"	301,4—350,3	"	+3,1	$\frac{5,0}{48,7}$	
15	Верхнемеловой	181,0—237,0	"	+3,4	$\frac{14,4}{38,1}$	
16	"	534,0—582,0	Песок	+0,75	$\frac{24,5}{16,0}$	

к типу холодных или слаботермальных. Температура их 23°C , содержатся в меловом водоносном горизонте.

Как правило, подземные воды с минерализацией 2—5 г/л распространены узкой полосой вдоль склона Украинского кристаллического массива до глубины 100 и реже 200 м. По мере погружения пород фундамента возрастает мощность мезо-кайнозойских отложений, увеличивается глубина залегания водоносных горизонтов, напоры и минерализация подземных вод.

По заключению Центрального НИИ курортологии и физиотерапии и Одесского НИИ курортологии, большинство из названных выше вод по своему составу близки к минеральным водам известных курортов страны и могут широко применяться при лечении хронических заболеваний опорно-двигательного аппарата, нервной системы, некоторых сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Таким образом, в пределах северного Приазовья распространены подземные воды, которые могут быть использованы в качестве лечебных минеральных. Ресурсы этих вод достаточны для полного удовлетворения нужд существующих и строящихся на побережье здравниц. Причем воды с минерализацией от 10 до 50 г/л могут быть получены непосредственно у водолечебниц, что позволит исключить использование непостоянных по составу вод соленых озер и Азовского моря, а также завоз морской воды и поваренной соли для приготовления ванн. Благодаря собранному фактическому материалу изыскания минеральных вод в ряде случаев можно будет вести начиная со стадии предварительной разведки. Поскольку типы минеральных вод в районе разнообразны, при буровых работах необходимо сохранять изоляцию водоносных горизонтов.

Поступила в редколлегию 12.02.80.

УДК 549:552(477.6)

Ю. С. КОРМИЛЕЦ, канд. геол.-минерал. наук

К РАЗВИТИЮ КАРБОНАТНОГО КАРСТА В ЗОНЕ КАТАГЕНЕЗА СОЛЕННЫХ ФОРМАЦИЙ

Анализ гидрогеохимических условий формирования кавернозных коллекторов в девонских отложениях Припятской впадины позволил установить их тесную взаимосвязь с процессами вторичной доломитизации, имевшими на стадии начального катагенеза региональный характер [1]. Как показали более детальные исследования [2], последующее развитие кавернозности принимает локальную направленность. Установлено, что максимальная пористость (6,3—11,5%) карбонатных отложений франского яруса верхнего девона приурочена к приподнятым крыльям поднятий. Анализ палеотектонических профилей при-

вел исследователей к выводу о гидротермальной природе повышенной кавернозности коллекторов на приподнятых крыльях. По их мнению, в карбонатные породы семилюкско-бурегских отложений по порам и трещинам проникали агрессивные подземные воды и создавали на пути своего продвижения вторичные пустоты. Поскольку исследователи при описании карбонатных коллекторов наибольшее внимание уделяют анализу тектонических условий, а также применяют термин «гидротермы», не объясняя его сущность, возникает вопрос о природе гидротерм. В настоящее время под гидротермами подразумевают довольно широкий диапазон высокотемпературных растворов различного генезиса от инфильтрационных и седиментогенных до ювенильных вод. С этой целью нами проведен анализ химического состава, подземных вод, насыщающих подсолесовые карбонатные и низжезалегающие терригенные отложения. Особый интерес в этом отношении представляет содержание свободной углекислоты, являющейся основным агентом карбонатной агрессивности подземных вод.

Исследование содержания свободной углекислоты в подземных водах девонских отложений показывает (таблица), что максимальная ее концентрация (1000 мг/л и более) характерна для рассолов терригенных отложений. Вместе с тем, в рассолах карбонатных отложений содержание углекислоты почти в пять раз меньше. Это свидетельствует о том, что подземные воды терригенных отложений обладают весьма высокой потенциальной агрессивностью по отношению к карбонатным породам и при проникновении в них могут способствовать формированию кавернозных коллекторов. По основным гидрогеохимическим показателям (отношению натрия к хлору, содержанию брома,

Площадь, номер скважины, глубина отбора пробы, м	Литологический состав и возраст отложений	Содержание CO_2 мг/л
Гороховская, № 1 2972—2983	Песчано-глинистые отложения D_2	1166,0
Гороховская, № 1 2908—2930	D_3	783,2
Речицкая, № 7 2917—2925	D_2	1267,0
Речицкая, № 2 2904—2917	D_2	924,0
Сколодинская, № 1 2798—2820	Карбонатные отложения D_3	246,2
Осташковичская, № 1 2923—3070	" D_3	114,4
Речицкая, № 21 2377—2411	" D_3	96,8
Речицкая, № 15 2975—2984	" D_3	264,0

Примечание. Анализы выполнены в химических лабораториях УкрНИИ ГАЗа и треста Белнефтегазразведка.

калия, стронция и других компонентов) они так же, как и воды карбонатных отложений, относятся к седиментогенным рассолам [3]. Поступление их в вышележащие карбонатные отложения могло происходить вследствие тектонической перестройки региона, что привело к созданию своеобразной гидрогеодинамической обстановки в зоне катагенеза. По данным наших исследований [3], характерной особенностью гидродинамической обстановки в водоносных комплексах Припятской впадины является широкое развитие аномально высоких пластовых давлений в водоносных и нефтеносных горизонтах, превышающих основное гидрогистатическое давление в 1,2—1,6 раза. Такие давления отмечены в межсолевых и внутрисолевых отложениях на Речицкой, Осташковичской, Ельской и других площадях.

Природа высоких давлений в исследованных гидродинамических системах связана с процессами позднекатагенетической перестройки порового пространства коллекторов (кольматация пор и трещин минеральными новообразованиями) под действием геостатического давления и неотектонических напряжений в условиях высокой гидрогеологической закрытости отдельных тектонических блоков. Естественное движение подземных вод в условиях развития гидродинамических систем Элизийского типа происходит из погруженных блоков к приподнятым и тектонически ослабленным зонам.

Основным источником свободной углекислоты в подземных водах являются процессы преобразования органического вещества и гидролиз карбонатных соединений водовмещающих пород. Экспериментальными исследованиями установлено [4], что взаимодействие с водой пород, содержащих карбонаты, при температуре 75—100°C сопровождается образованием свободной углекислоты, количество которой возрастает при дальнейшем повышении температуры. Присутствие глинистых минералов, солей и некоторых других элементов в породе интенсифицирует процесс образования свободной углекислоты.

Наиболее активно карбонатный карст развивается на тех участках, где были широко распространены процессы раннекатагенетической доломитизации.

Список литературы: 1. Кормилец Ю. С. О количественной гидрогеохимической оценке степени доломитизации карбонатных пород в зоне катагенеза. — Литология и полезные ископаемые, 1976, № 4, с. 133—135. 2. Богомолов Г. В., Пахольчук А. А., Палко П. Б. К вопросу формирования карбонатных коллекторов семилукско-буревских отложений Припятского прогиба. — Докл. АН БССР, 1977, т. XXI, № 1, с. 48—51. 3. Терещенко В. А., Кормилец Ю. С. Гидрогеологические особенности девонских отложений Днепровско-Донецкой и Припятской впадин. — Нефтяная и газовая промышленность, 1970, № 4, с. 5—9. 4. Киссин И. Г., Пахомов С. И. О влиянии повышенных температур на формирование ионного и газового состава глубинных хлоридных натриево-кальциевых вод. — В кн.: Материалы науч. семинара по проблеме формирования хлоридных кальциево-натриевых подземных вод. М., 1968, с. 35—37.

Поступила в редколлегию 27.11.80.

Г. Г. ВЕЛИКИЙ, канд. геол.-минерал. наук, П. В. КЛОЧКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ КАК ОСНОВАНИИ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В практике часто необходимо решить вопрос о возможности составления в основании сооружений (плотин, дамб, насыпей и др.) слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Это иногда вызвано экономическими соображениями.

Однѣ из главных задач исследования — изучение физического состояния и прочностных свойств грунтов, а также прогнозирование их изменения в процессе консолидации.

К слабым водонасыщенным глинистым грунтам принято относить грунты мягкопластичной и текучей консистенции, со степенью влажности более 0,8 и модулем общей деформации до 50 кгс/см^2 в диапазоне давлений до 3 кгс/см^2 .

Обычно это высокодисперсные грунты со стабилизационными структурами, обладающие высокой пористостью ($\epsilon \geq 0,9$).

Такие грунты сильно сжимаемы, но процесс уплотнения в различных точках массива может протекать неравномерно. При медленном обжатии такие грунты уплотняются и упрочняются, отдавая воду, а при быстро нарастающих нагрузках происходит резкое необратимое разрушение структуры грунта, его разжижение и выдавливание из-под уплотняющего контура. Последнее проявляется неравномерно, преимущественно в отдельных прослойках более пористых или обогащенных органическим веществом.

Исследование слабых грунтов заключается в тщательном изучении однородности пласта, выявлении ослабленных участков и прослоев, а также в проведении комплекса лабораторных работ, в процессе которых определяются физическое состояние, деформативные, прочностные и фильтрационные свойства грунтов.

Определение изменения физического состояния грунтов в процессе их уплотнения и соответственно упрочнения, выражаемого сопротивлением сдвигу, позволяет решить ряд задач, из которых наибольшее практическое значение имеют: установление оптимального тепла передачи нагрузки на грунт, т. е. продолжительности возведения сооружения, а также установление расчетных параметров прочностных свойств грунтов применительно к сооружениям и темпам строительства.

В основу решения этих задач может быть положен известный принцип гидродинамической схемы по Н. Н. Маслову [1], согласно которому в первую очередь определяют длительность обжатия грунтов основания под нагрузкой, в частности их консолидацию, понимая под этим термином приращение осадки об-

разца не более чем на 0,01 мм за 24 часа. Поскольку исследования консолидации глинистых водонасыщенных грунтов требуют длительного периода наблюдения (15—25 сут) их выполняют только для единичных, наиболее представительных образцов.

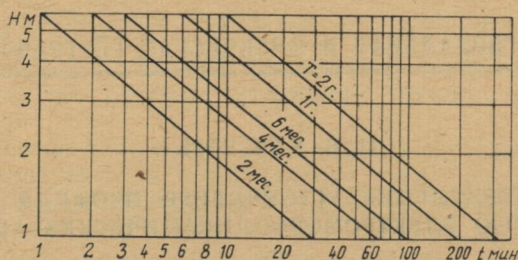
Большая часть компрессионных испытаний проведена в проектно-изыскательских организациях по схеме «условной стабилизации». Под этим термином понимают приращение деформаций не более 10% от зафиксированной за первые 4—8 ч с момента приложения данной ступени нагрузки (в зависимости от числа пластичности).

Расчеты, базирующиеся на единичных определениях, по сравнению с массовыми, при прочих равных условиях, как известно, являются менее достоверными.

Чтобы использовать массовые компрессионные определения и повысить достоверность прогнозов физического состояния грунтов, исследовали иловатые и заторфованные суглинки поймы верховьев р. Оскол, в районе перспективного промышленного и городского строительства.

Компрессионным испытаниям по схеме полной консолидации и «условной стабилизации» были подвергнуты параллельно 50 образцов иловатых и 48 заторфованных суглинков.

Установлено, что при двустороннем оттоке воды уплотнение грунтов по схеме «условной стабилизации» соответствует 75%-ной полной консолидации для иловатых и 80% заторфованных суглинков.



Также была проанализирована возможность использования результатов компрессионных испытаний, выполненных по схеме «условной стабилизации», для прогнозирования физического состояния грунтов на расчетный период строительства T , обычно не превышающий двух лет. Мощность H слабых глинистых водонасыщенных грунтов в районе г. Старый Оскол составляет 1—6 м. Применительно к указанным параметрам построена номограмма, позволяющая определить длительность обжата грунтов в компрессионном приборе с высотой кольца 20 мм (рисунк).

Как видно из номограммы, продолжительность уплотнения образца в компрессионном приборе для прогнозирования состо-

яния грунтов на период строительства требует, в основном, не более 7 ч.

В то же время продолжительность обжатия глинистого водонасыщенного грунта под каждой ступенью нагрузки составляет 8—12 ч.

При использовании для прогнозов результатов опытов со стабилизацией в величину конечной осадки каждой ступени нагрузки должен быть введен поправочный коэффициент: для иловатых суглинков — 1,33, для заторфованных — 1,20.

Проведенные исследования дают возможность при наличии большого фактического материала о слабых глинистых водонасыщенных грунтах существенно сократить продолжительность опытов, не снижая их точности. Для наиболее представительных образцов слоя рекомендуется выполнять контрольные испытания с консолидацией.

В заключение следует отметить, что составленная номограмма позволяет быстро выбрать продолжительность деформации образца в компрессионном приборе применительно к мощности пласта и расчетному строительному периоду.

Список литературы: 1. Маслов Н. Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. — М.: Высш. школа, 1968.—380 с. 2. Орнатский Н. В. Механика грунтов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1950.—480 с. 3. Цытович Н. А. Механика грунтов. Изд-во М.: Высш. школа, 1973.—274 с.

Поступила в редколлегию 26.11.80.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.435

Н. В. КУЦЕНКО

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ПРОФИЛЯ РЕЛЬЕФА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМОРФОДИНАМИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ

Единые законы организации и развития материи обобщаются марксистско-ленинской философией. Конкретным их отражением является, например, общая теория поля. Рассматривая перемещение денудированного материала как физическое векторное поле, и сопоставляя его с полем вектора плотности электрического тока, можно найти соответствия (анalogии) между геоморфологическими и электрическими величинами. Эти аналогии позволяют изучать некоторые геоморфологические процессы посредством электрических [1]. Поскольку последние изучены глубоко и многосторонне, то целесообразность моделирования по системе электроморфодинамических аналогий очевидна.

Рассмотрим модель профиля динамически равновесного рельефа. На основании исследований ряда авторов [2, 3] на участ-

ках рельефа с незначительными уклонами расход частиц грунта линейно зависит от уклона, т. е. его можно определить формулой $r = k \frac{h}{l} (1)$, где $\frac{h}{l} \operatorname{tg} \alpha$ — уклон; k — коэффициент, зависящий

в основном от расхода воды и физических свойств поверхности.

Для рек, долины которых выработаны в однородных по прочности породах, С. С. Воскресенский и К. С. Воскресенский [4] показали, что этот коэффициент прямо пропорционален корню квадратному из расхода воды или площади водосбора. Выражение коэффициента k для склонов можно найти в [5].

В системе упомянутых аналогий расход материала аналогичен силе тока, которая по закону Ома определяется формулой:

$$I = SU / \rho l_m. \quad (2)$$

Здесь S — поперечное сечение проводника; ρ — его удельное сопротивление; l_m — длина; U — падение напряжений на концах проводника.

В уравнениях (1), (2) r аналогично I , $k = \frac{S}{\rho}$ и $h = U$, значит сопротивление проводника аналогично выражению $R = l/k$. При отсутствии тектонических движений состояние динамического равновесия участка рельефа выражается в транзитном транспорте материала на всем протяжении этого участка, т. е. в постоянстве расхода материала в любом его створе [5]. Для профиля рельефа это состояние выражается

уравнением $\frac{d}{dX} \left(k_{(X)} \frac{dH}{dX} \right) = 0$ (3), где X — координата, направленная по уклону; H — высота. Выражение, стоящее в скобках, представляет собой расход материала. Отсюда ясен смысл уравнения.

В электричестве уравнению (3) аналогично уравнение, описывающее движение тока в проводнике при отсутствии на всем его протяжении источников и стоков. На основании теории подобия [6] условиями подобия этих изоморфных уравнений являются $\alpha_R = R/R_m = \text{const}$; $\alpha_H = H/U = \text{const}$ (4), где R_m — сопротивление проводника.

Иными словами, сходственные участки объекта и модели должны характеризоваться постоянным соотношением величин R и сопротивлений проводника, а также перепадов высот и напряжений на проводнике.

Оказывается, что уравнение (3) можно весьма просто решить, исходя только из воображаемой аналоговой модели. Разобьем горизонтальное проложение исследуемого профиля склона или водотока на m створов. Обозначим через H превышение его вершины над основанием, через $l_{0-1}, l_{1-2}, \dots, l_{m-1,m}$ расстояния между створами и через $k_0, k_1, \dots, k_{m-1}, k_m$ — значения коэффициента k в соответствующем створе. Определяем для

каждого участка $l_{i-1, i}$ значения $R_{i-1, i}$ (аналога электрического сопротивления):

$$R_{i-1, i} = \frac{l_{i-1, i}}{1/2(k_{i-1} + k_i)} \quad (5)$$

Находим их сумму

$$\sum_{i=1}^m \frac{2l_{i-1, i}}{k_{i-1} + k_i} \quad (6)$$

Изменение R по длине профиля будем моделировать длиной проводника l_m , принимая постоянными его удельное сопротивление и поперечное сечение. Таким образом, наша модель представляет собой проводник с постоянным сечением и удельным сопротивлением по всей его длине. Обозначим через L_m общую длину модели. Теперь из условия (4) определяем местоположение каждого створа i на модели:

$$\alpha_R = \frac{1}{L_m} \sum_{i=1}^m \frac{2l_{i-1, i}}{k_{i-1} + k_i} \quad (7)$$

Значит каждому из отрезков $l_{i-1, i}$ на модели будет соответствовать отрезок

$$l_{m i-1, i} = \frac{R_{i-1, i}}{\alpha_R} = \frac{L_m l_{i-1, i}}{(k_{i-1} + k_i) \sum_{i=1}^m \frac{l_{i-1, i}}{k_{i-1} + k_i}} \quad (8)$$

Заведомо известно, что падение напряжений по длине модели распределится равномерно. Это видно из уравнения (3) при $k = \text{const}$. Значит: $l_m/U = \text{const}$ (9). Поскольку по условию (4) перепад высот профиля должен быть прямо пропорциональным напряжению, а последнее — длине соответствующего участка модели, то должно также выполняться условие

$$l_m/h = L_m/H = \text{const}, \quad (10)$$

где h — перепад высот на отрезке профиля, соответствующем l_m . Отсюда

$$h_{i-1, i} = \frac{H l_{m i-1, i}}{L_m} = \frac{H l_{i-1, i}}{(k_{i-1} + k_i) \sum_{i=1}^m \frac{l_{i-1, i}}{k_{i-1} + k_i}} \quad (11)$$

Профиль, построенный по выражению (11), является устойчивым. Данная методика решения уравнения (3) показала хоро-

шую сходимость с его аналитическим решением. Расстояние между створами рекомендуется брать обратно пропорциональным быстроте изменения коэффициента k по длине профиля.

Список литературы: 1. Куценко Н. В., Московкин В. М. Некоторые аспекты применения теории поля в географии. — Вестн. Харьк. ун-та. Геология и география, 1980, вып. 11, с. 56—60. 2. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и водная эрозия почв. — Л.: Гидрометеиздат, 1962.—220 с. 3. Бобровицкая Н. Н. Зависимость среднего многолетнего стока взвешенных наносов рек Европейской территории СССР от физико-географических факторов. — Тр. ГГИ, 1972, вып. 191, с. 68—83. 4. Воскресенский С. С., Воскресенский К. С. Выработанный продольный профиль реки (уклон как функция водности). — Геоморфология, 1975, № 1, с. 14—22. 5. Боголюбова И. В., Караушев А. В. Вопросы формирования и развития оврагов. — Тр. ГГИ, 1979, вып. 267, с. 5—25. 6. Справочник по аналоговой вычислительной технике. — К.: Техника, 1975.—431 с.

Поступила в редколлегию 01.05.80.

УДК 551.4

А. О. ЖЕМЕРОВ

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ И ГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ ЗАЛЕЖИ ОТ ПАЛЕОРЕЛЬЕФА

Продуктивную толщу сеномана газового месторождения Медвежье слагают чрезвычайно пестрые по литологическому составу субаквальные отложения. Это является препятствием для их корреляции обычными геолого-геоморфологическими методами и последующего прогнозирования геологического строения вновь разбуриваемых участков, оптимального размещения сети скважин и т. д. В связи с этим на Медвежьем широко используются различные расчетные методы на основе математического моделирования на ЭВМ [1, 4].

Главным для оптимизации разработки залежи явилось выделение форм палеорельефа и тектонических элементов поверхности сеномана. В прошлом уже высказывалось предположение о повышенной перспективности отрицательных форм палеорельефа сеноманской поверхности с точки зрения увеличения отборов газа; показано, что сеть понижений напоминает долину, так как является связанной [3, 4].

Для проверки предположения о палеогипсометрической природе сети произведено ее сопоставление с распределением пористости, проницаемости и газонасыщенности верхнего 50-метрового слоя сеноманских отложений. Карты распределения этих параметров построены по данным бурения (105 скважин). Для последующего статистического анализа все скважины разделены на две группы. Первая — расположенные в области отрицательных отклонений палеогипсометрической схемы (в пределах предполагаемых палеодолин), вторая — в области положительных отклонений (на предполагаемых палеоводоразделах). Незначительное число скважин, расположенных на

линиях нулевых отклонений от тренда или вблизи них, мы отнесли к той или иной группе в некоторой степени произвольно (в результате сопоставления значений параметров в скважинах и в прилегающих районах). Это связано с тем, что поверхность тренда является лишь приближением к реальной поверхности, отображая ее с той или иной степенью условности, а линии нулевых отклонений — наименее надежны, так как соответствуют лишь одной, строго определенной модели, а значит, не являются действительно точной границей между положительными и отрицательными формами палеорельефа.

Для каждой из двух групп скважин были рассчитаны средние значения трех параметров. Установлено, что отрицательным формам палеорельефа соответствуют более высокие значения параметров, чем положительным. Пористость в среднем выше на 13%, проницаемость — на 20%, газонасыщенность — на 15%.

Однако в пределах палеоводоразделов наблюдаются аномальные значения параметров для ряда скважин. Эти скважины образуют скопления, что дает основание предположить существование нескольких аномальных районов. Первый район выделен на участке карты, слабо обеспеченном данными. Второй непосредственно примыкает к палеодолинной сети, возвышаясь над ней всего на 2—7 м. Скважины третьего района расположены на одной сравнительно прямой линии, возможно, здесь проходит линия разлома или граница между блоками.

Если исключить аномальные районы и проанализировать общую закономерность для оставшихся скважин (примерно 83% общего числа), то средние значения параметров для палеодолинных и палеоводораздельных участков будут следующими (таблица).

Параметр	Палеодоли- ны	Палеоводо- разделы	Значения параметров в палеодолинах в сравнении с пара- метрами для палеово- доразделов
Пористость, %	31,1	24,2	> на 29%
Проницаемость, м	632	352	> на 80%
Газонасыщенность, %	67,0	50,1	> на 34%

Приведенные данные свидетельствуют о высокой степени зависимости параметров от выявленных элементов палеорельефа.

Для анализа распределения пористости, проницаемости, газонасыщенности залежи были построены гистограммы (общие для всего района, а также отдельные для палеодолин и палеоводоразделов). На рисунке изображены гистограммы распределения пористости n (штриховая линия — значения частоты f для случая, когда аномальные районы не выделяют-

ся). В целом по кровле сеномана (рисунок, а) наблюдается обратное логнормальное распределение этого параметра. Наибольшая частота свойственна высоким значениям пористости. Модальным является интервал 32—34%. Наблюдается слабо выраженная бимодальность распределения. Вторая мода соответствует интервалу 20—22%.

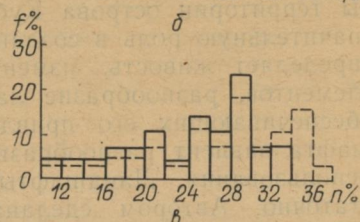
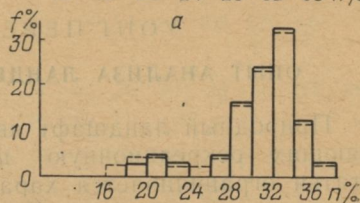
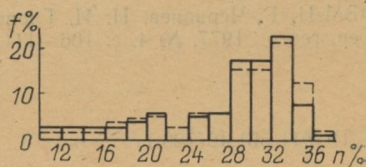
Распределение пористости в палеодолинах (рисунок, б) также характеризуется слабой бимодальностью. Выделение аномальных участков незначительно влияет на характер распределения.

Распределение пористости в пределах палеоводоразделов довольно беспорядочно (рисунок, в). С трудом может быть выделена нормальная составляющая с модой и средним значением порядка 28—30%.

Таким образом, распределение пористости различается в пределах палеодолин и палеоводоразделов, что служит основанием для их выделения. Аналогичные выводы можно сделать и при анализе распределения проницаемости и газонасыщенности.

Проведенное изучение статистическими методами зависимости пористости, проницаемости и газонасыщенности от палеорельефа подтверждает ранее высказанное предположение о том, что отрицательные формы палеорельефа являются хорошими коллекторами газа. Это дает возможность экстраполировать значения параметров на те участки месторождения, где палеорельеф уже известен. Полученные средние значения параметров (таблица) могут использоваться как математические ожидания соответствующих значений, т. е. величины, которые наиболее вероятно будут получены в конкретных точках бурения. Это, в свою очередь, дает право соответствующим образом генерализовать картину распределения параметров и использовать ее при составлении прогнозных карт распределения пород с благоприятными коллекторскими свойствами [2].

Поскольку местоположение форм палеорельефа сеноманской поверхности месторождения Медвежье установлено за пределами детально разбуренной части залежи до контура газоводяного контакта, необходимо учитывать возможность прогнозирования пространственного положения лучших коллекторов



газа за пределами разбуренной части залежи (в пределах палеодолин).

Список литературы: 1. *Методика* и результаты математического моделирования ископаемого рельефа на ЭВМ (на примере Медвежьего газового месторождения) /А. Н. Кирсанов, В. Л. Недочетов, А. Л. Петренко и др. — Тр. ВНИГНИ Палеогеоморфологические методы при нефтегазопроисловых работах, 1975, вып. 170, с. 110—117. 2. *Проничева М. В., Саввинова Г. Н.* Палеогеоморфологический анализ нефтегазоносных областей. — М.: Недра, 1980.—254 с. 3. *Черванев И. Г.* Структурный анализ рельефа. Автореф. дис. д-ра географ. наук.—М., 1979.—23 с. 4. *Математическое моделирование рельефа на ЭВМ/И. Г. Черванев, Н. И. Глова, Т. А. Сергеева и др.* — Изв. АН СССР, Сер. геогр., 1977, № 4, с. 106—111.

Поступила в редколлегию 05.01.81.

УДК 911:551.42(729.1)

УОНГ ПЕРЕС ХУАН МАНУЭЛЬ

ОПЫТ АНАЛИЗА ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ О. КУБА

Природный ландшафт является одним из факторов, определяющих рекреационную ценность территории [1]. Данная статья ограничивается характеристикой ландшафтной структуры территории острова Куба. Ландшафтная структура играет значительную роль в создании характерного облика местности, определяет живость, изменчивость, неожиданность сочетаний элементов, разнообразие ландшафта, т. е. комплекс условий, обеспечивающих его привлекательность. От структуры ландшафта зависит разнообразие и полнота его рекреационного использования. Ландшафты территории Кубы изучены недостаточно. Автором сделана попытка изучить ландшафтную структуру Кубы на региональном уровне. Для этого использованы результаты ландшафтной характеристики [2] и метод, разработанный А. Г. Топчиевым [4].

Цель работы — установить и описать иерархическую структуру ландшафтов Кубы на региональном уровне для выделения сочетаний ПТК, наиболее перспективных в рекреационных целях.

В таблице и на карте приведена краткая характеристика ландшафтов. Изучение структуры и организации геосистем [4] основано на анализе соседства. Последовательность анализа состоит в фиксации смежности природных комплексов в виде матрицы соседства, вычислении доминированности или подчиненности одних ПТК другим и установлении их иерархии. Из-за громоздкости матриц они приводятся не полностью. В табл. 1 и 2 даны итоговые значения по строкам \sum_i и столбцам \sum_j матрицы встречаемости, а также отношение Σ_i/Σ_j . Σ_i

означает соседство i -го ПТК со всеми другими ПТК; Σ_j выражает соседство других ПТК с данным (i -м) ПТК. В ра-