

прогрессивных методов, а также оптимизации объемов работ, с учетом первоначально имеющихся геолого-геофизических характеристик.

Интерпретация результатов наземных геофизических исследований представляет собой многоуровневый процесс с использованием специальных компьютерных программ. Достоверность геофизических данных оценивается их соответствием результатам контрольного бурения.

Наиболее востребованными геофизическими методами при проведении геологоразведочных работ на угольных месторождениях являются технологии электропотенциального томографического зондирования, пространственной электрической фильтрации и сейсморазведки с использованием отраженных поперечных *SH* волн по методике общей глубинной точки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности* / Под ред. В.А. Шевнина, И.Н. Модина. — М.: РУССО, 1999.

2. Журбицкий Б.И., Порфилин Э.Г. Продольное электропрофилирование при детальном картировании разрывных нарушений // *Разведка и охрана недр.* — 1977. — № 9. — С. 54–56.

3. Журбицкий Б.И. Комплексирование методов разведочной геофизики / Поиски и разведка угольных месторождений. Справочник геофизика. — М.: Недра, 1984. — С. 187–194.

4. Журбицкий Б.И., Виницкий А.Е. Комплексирование геологических и геофизических методов при составлении проектов углеразведочных работ // *Известия СКНЦ.* — 1986. — № 4. — С. 43–48.

5. Скворцов А.Г. Высокорастворяющая сейсморазведка на поперечных волнах (ВСПВ) — физические основы, технология и опыт применения / VI междунар. науч.-практ. конф. и выставка «Инженерная и рудная геофизика — 2010». — Геленджик, 2010.

6. Фоменко Н.Е., Порфилин Э.Г., Боровик Н.Ю. Электроразведочные методы пространственной фильтрации при изучении сложнопостроенных структур // *Геофизика.* — 2007. — № 2. — С. 56–63.

7. Фоменко Н.Е. Области применения электроразведочных технологий на угольных месторождениях // *Разведка и охрана недр.* — 2010. — № 12. — С. 72–77.

8. Snegirev A.M., Velikin S.A., Istratov V.A. et al. Geophysical monitoring in permafrost areas // *Permafrost: 8th International conference on permafrost.* — Zurich: ICOP, 2003. — P. 1079–1084.

© Фоменко Н.Е., Коваленко А.С., 2015

Фоменко Николай Евгеньевич
Коваленко Андрей Сергеевич // akovalenko@geocoal.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.334.52:551.2

Манукьян В.А., Анненков А.А., Глинский М.Л., Святовец С.В. (ФГУП «Гидроспецгеология»)

ОЦЕНКА ПРОНИЦАЕМОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ (ОСЛАБЛЕННЫХ ЗОН) В ГЛИНАХ С ПОМОЩЬЮ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

*Проведена беспрецедентная серия кустовых откачек для определения степени изолированности глубокого напорного песчаного горизонта. Анализ графиков прослеживания снижения уровня обнаружил ряд аномалий их поведения по площади исследований, связанных с линейной ослабленной зоной в глинах. С помощью решения обратной задачи на математической модели удалось численно оценить степень проницаемости ослабленной зоны. **Ключевые слова:** напорный песчаный пласт, кустовые откачки, графики прослеживания уровня, ослабленные зоны, коэффициент фильтрации.*

Manukyan V.A., Annenkov A.A., Glinskiy M.L., Svyatovets S.V. (Gidrospecegeologiya)

THE EVALUATION OF THE PENETRABILITY OF THE MODERN TECTONIC FAULTS (REDUCED ZONES OF CRUSTAL WEAKNESS) IN CLAYS USING THE EXPERIMENTALLY-FILTERING TESTS

The unprecedented series of the cluster pumping tests for the determination of the grade of the isolation of the deep confined sand aquifers was held. The analysis of the graphs of the tracing back of the reducing of the level discovered the range of some anomalies of their conduct around the square of the research connected with the linear zone of crustal weakness in clays. We managed to evaluate numerically the grade of the penetrability

*of the reduced zone of crustal weakness with the aid of the solving the inverse problem using the mathematical model. **Key words:** confined sand aquifer, cluster pumping tests, graphs of the tracing back of the reducing of the level, zones of crustal weakness, coefficient of percolating.*

Основная задача исследований — поиск и разведка геолого-гидрогеологических структур, надежно изолированных от поверхности и от эксплуатируемых водоносных горизонтов, обеспечивающих возможность захоронения жидких радиоактивных отходов.

Решение подобной задачи потребовало применения широкого комплекса гидрогеологических и геолого-геофизических исследований на высоком научно-методическом и технологическом уровне. В процессе работ производились: бурение глубоких скважин и оборудование их обсадными колоннами с затрубной изоляцией цементным раствором, комплексный каротаж, длительные кустовые откачки и нагнетания, специальные виды исследований, включая сейсморазведку, гелиометрию, радиоизотопный анализ, лабораторные испытания керн и т.д. В 1986–1988 гг. был выбран участок, обеспечивший выполнение опробования уникальной системы технологических скважин с помощью серий кустовых откачек (рис. 1). К 1994 г. полученные материалы были обобщены. В настоящее время имеющиеся результаты работ были тщательно проанализированы и представлена сумма доказательств о роли современных тектонических нарушений при оценке степени изолированности водоносных горизонтов. Для этого осуществлена переинтерпретация гидрогеологических схем с привлечением результатов сейсморазведки, а также проведены аналитические исследования

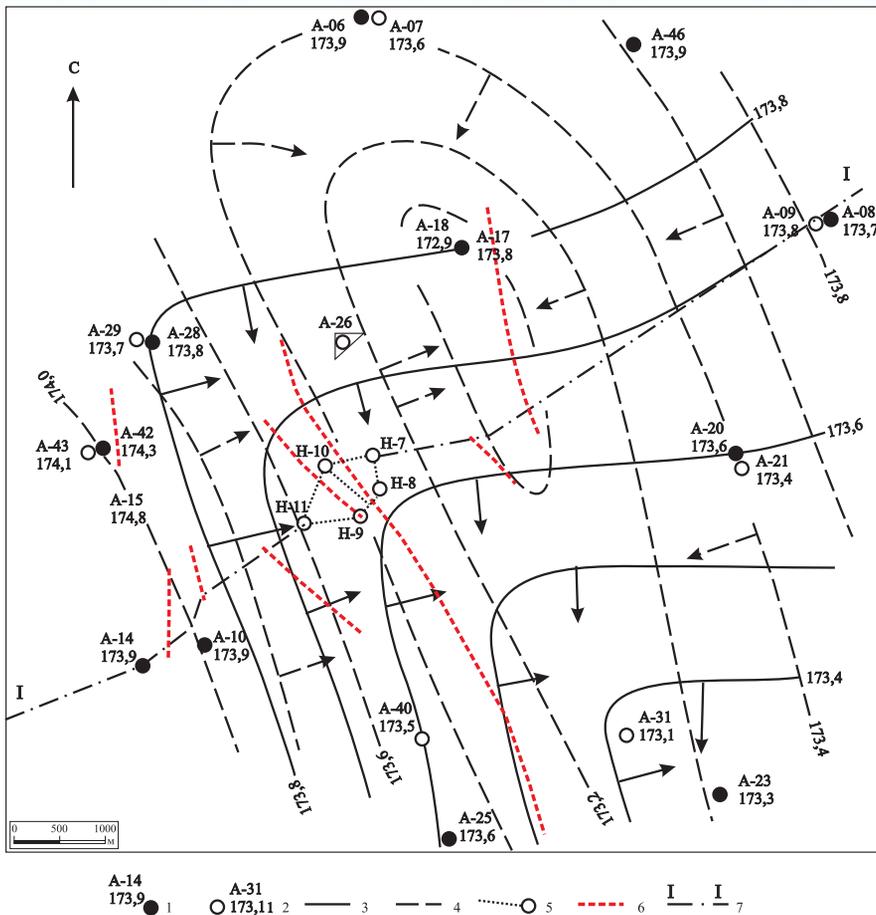


Рис. 1. Схема гидроизопьез минжувского I и водоносных горизонтов на 24.09.1986 г. 1–2 — скважины на I и на минжувский горизонты соответственно (вверху — номер, внизу — абс. отметка уровня, м); 3–4 — гидроизопьезы I и минжувского горизонтов (стрелки — линии тока); 5 — участок опытно-фильтрационных работ, ограниченный гидроизопьезами и линиями тока I горизонта; 6 — тектонические нарушения (ослабленные зоны) в горизонте Б по данным сейсморазведки; 7 — линия гидрогеологического разреза

ния ОФР минжувский песчаный горизонт мощностью до 23 м простирается от центра опытного участка на расстояние свыше 3 км. Он залегает в нижней половине глинистого водоупора Б и отделен от I водоносного горизонта мощностью 150 м слоем аргиллитоподобных глин средней мощностью 13,5 м (рис. 2), а от II горизонта — толщей глин мощностью 75–80 м.

Пьезометрические поверхности I и минжувского горизонтов близки друг к другу и изменяются в пределах +173÷173,9 м (а.о.), а II водоносного горизонта — выше на 6–7 м (+180 м).

Кровля минжувского горизонта находится на отметке –480 м, устья

аномальных участков графиков изменения уровня, полученных при опытно-фильтрационных работах (ОФР). В заключении работы выполнено численное моделирование процессов фильтрации путем решения обратных задач на математической модели с оценкой проницаемости тектонических нарушений (ослабленных зон).

Полевые работы проводились под руководством Я.П. Губы, А.А. Анненкова, В.В. Платонова, С.В. Святовца и других специалистов Гидрогеологической партии № 101 ПГО «Гидроспецгеология» МинГео СССР. Обобщение и анализ материалов осуществлялись В.А. Манукьяном, Н.Е. Гаркушиной, Б.М. Зильберштейном, А.М. Слинко, Н.Н. Чертковой. Завершающее моделирование реализовал С.В. Святовец.

На участке детальных исследований, расположенном на левобережье Енисея, развит юрский водоносный комплекс мощностью до 900 м (рис. 1). Комплекс состоит из чередования песчаных водоносных горизонтов мощностью до 100–150 м, разделенных существенно глинистыми прослоями мощностью свыше 70–80 м. Последние включают как отдельные линзы песков, алевролитов и песчаников, так и протяженные мало-мощные горизонты водоносных песков. Комплекс расчленен на I, II и III водоносные горизонты (снизу вверх) и относительно водоупорные толщи Б, В и Г. Выбранный для проведе-

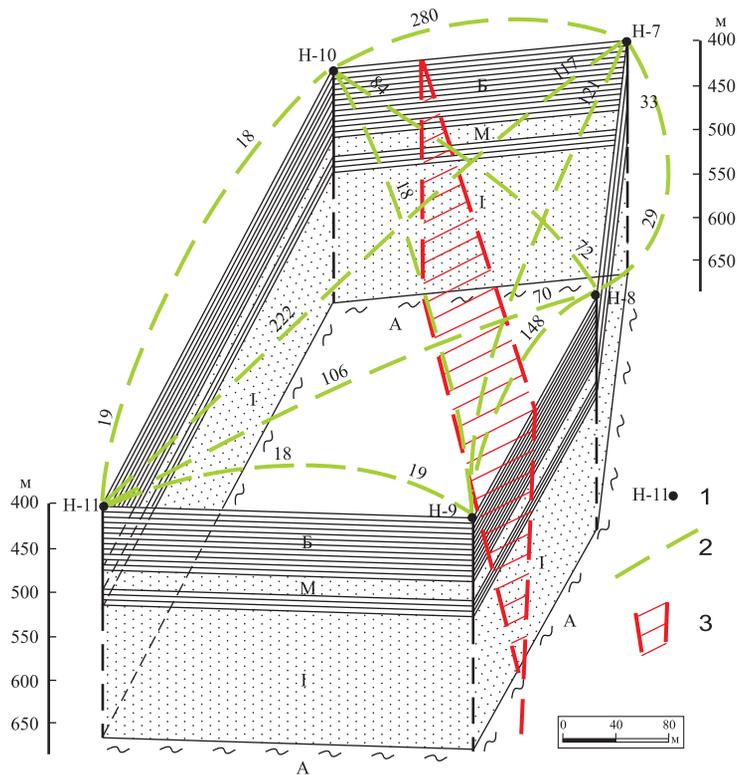


Рис. 2. Блок-диаграмма нижней части юрского водоносного комплекса с результатами опытно-фильтрационных работ. 1 — скважины; 2 — лучи между скважинами (цифра на луче — значение проводимости между скважинами, полученное при откачке); 3 — предполагаемая зона тектонического нарушения (ослабленная зона); М — минжувский горизонт

опытных скважин — на отметках около +250 м, глубины до пьезометрических уровней — около 77 м, напор над кровлей составляет ~654 м. Минжильский горизонт обладает невысокой водообильностью: дебит при откачке достигает 4,5–13,5 л/с при понижениях соответственно 21,5–35,9 м. Минерализация подземных вод обоих комплексов — до 0,8–0,9 г/л, воды хлоридно-сульфатные кальциево-магниево-натриевые.

Подготовка для изучения свойств минжильского горизонта производилась путем бурения и предварительной прокачки пяти скважин, расположенных в виде неправильного пятиугольника со сторонами 230–460 м. Каждая скважина была надежно изолирована от смежных водоносных горизонтов и оборудовалась фильтрами на всю мощность горизонта. Кустовые откачки длительностью 120–133 ч (5–5,5 сут) проводились последовательно из каждой скважины с наблюдением за изменением уровня в остальных скважинах как в процессе самого опыта, так и после его остановки — в процессе восстановления уровня. Дебит откачки достигал 7–9 л/с. Расположение опытных скважин по площади позволило оценить изменчивость гидрогеологических параметров горизонта в плане и особенности его взаимодействия со смежными горизонтами, прежде всего с нижележащим I горизонтом (рис. 2).

При напорном режиме фильтрации, совершенных по степени вскрытия пласта скважинах, относительно малой мощности «изолированного» горизонта и больших расстояниях до наблюдательных скважин (на порядок больше мощности), достаточно длительных откачках и заметных дебитах предполагалось легко получить истинные параметры минжильского водоносного горизонта. Расчеты проводимости были выполнены с помощью общепринятого графоаналитического метода. В табл. 1 приведены результаты расчета в виде матрицы, где в левом вертикальном столбце перечислены скважины, из которых вода откачивалась, в верхнем горизонтальном ряду — те же скважины в качестве наблюдательных, в нижележащих ячейках — рассчитанные значения проводимости с левой скважиной в качестве центральной и остальными — в качестве наблюдательных. В матрице выделяются две зоны с близкими по значению показателями — скв. Н-7, Н-8 и скв. Н-9, Н-10, Н-11, проводимость которых минимальна и близка ($km = 18–33 \text{ м}^2/\text{сут}$). Для проверки истинности этих параметров для исследуемого горизонта представлен график площадного прослеживания снижения уровня в процессе откачки из скв. Н-9 на два момента времени — 88 и 133 ч (рис. 3). Рассчитанная проводимость по скв. Н-10 и Н-11 составила $22,6 \text{ м}^2/\text{сут}$, для

скв. Н-7 и Н-8 — $21,8 \text{ м}^2/\text{сут}$. Расчетная прямая по последним скважинам оказалась сдвинутой относительно первой на 6,7 м. Можно принять полученные значения проводимости за истинные: $km = 22 \text{ м}^2/\text{сут}$. Результаты расчета проводимости по остальным парам скважин дают большой разброс значений — от 70 до $280 \text{ м}^2/\text{сут}$, что указывает на возможность перетекания в минжильский горизонт из I горизонта.

Проницаемость глин горизонта Б исследовалась лабораторными методами в институте ВСЕГИНГЕО на 58 образцах. Коэффициент фильтрации K_0 оказался характерным для глин: изменялся в пределах $10^{-7}–1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м/сут}$. Для определения параметра площадного перетекания через разделяющий слой из минжильского горизонта в I горизонт было проведено нагнетание в скв. 107 с наблюдением за изменением уровня в скв. 108. Расчеты перетекания по М. Хантушу показали проницаемость глин, равную $4 \cdot 10^{-6}–2,9 \cdot 10^{-5} \text{ м/сут}$.

Для расшифровки картины перетекания в описанных выше опытах используем для наглядности блок-диаграмму нижней части юрского водоносного ком-

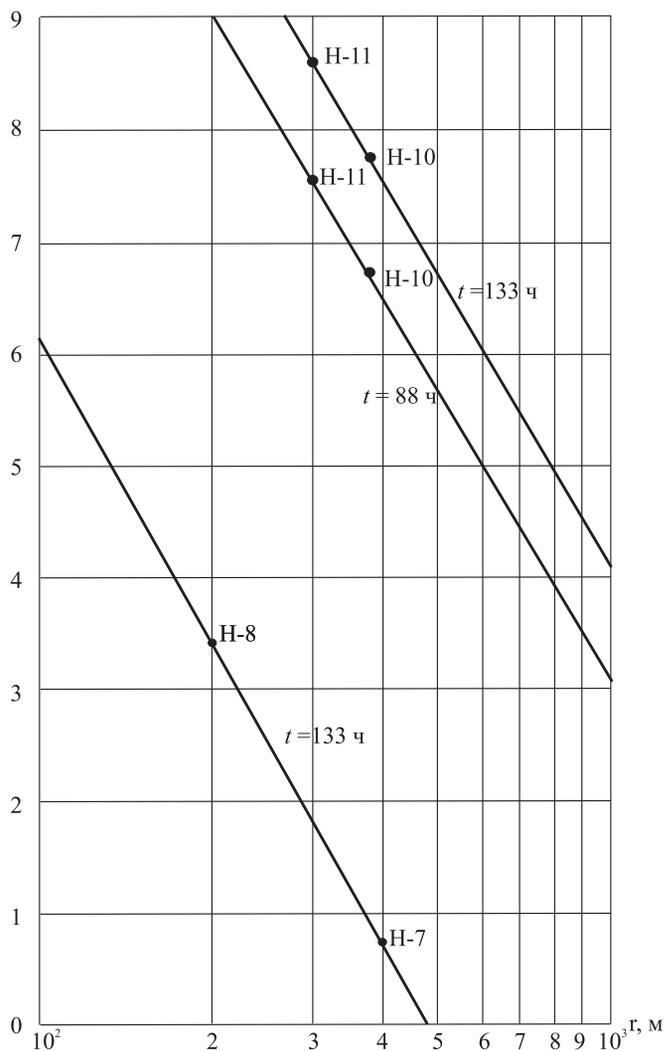


Рис. 3. Депрессионные кривые (в полулогарифмическом масштабе) для наблюдательных скв. Н-11, Н-10 (градиент $C = 8,55$; $km = 22,6 \text{ м}^2/\text{сут}$) и Н-7, Н-8 ($C = 8,85$; $km = 21,8 \text{ м}^2/\text{сут}$)

Таблица 1
Матрица рассчитанных проводимостей по лучам скважин

Номер скв.	Н-7	Н-8	Н-9	Н-10	Н-11
Н-7	—	29	88	280	222
Н-8	33	—	—	84	106
Н-9	121	148	—	18	18
Н-10	221	72	21	—	19
Н-11	117	70	19	18	—

плекса с указанием значений проводимости для пар скважин (центральной и наблюдательных), рассчитанных по результатам кустовой откачки (рис. 2). Существующие в плане две зоны (см. выше) дают близкие к истинным значения проводимости минжульского горизонта. Но как только расчет проводимости выполняется по парам скважин, находящимся в разных блоках (между скв. Н-10—Н-7 и Н-8—Н-9), и межблоковая граница, таким образом, находится между этими скважинами, рассчитанные проводимости значительно возрастают относительно истинных. Такую гипотетическую границу можно представить в качестве границы III рода. Инверсия линейного источника происходит при пересечении депрессионной воронкой этой границы, вызывая выполаживание соответствующих графиков прослеживания снижения уровня. В условиях существующего напорного режима в обоих горизонтах приведенные в табл. 1 высокие значения проводимости, полученные по этим графикам, должны соответствовать суммарной проводимости I и минжульского горизонтов.

Отбросим все минимальные значения проводимости, полученные вне выделенных зон, и максимальное значение, равное $280 \text{ м}^2/\text{сут}$, принимаем в качестве суммарного значения проводимости $222 \text{ м}^2/\text{сут}$, из которой на долю минжульского горизонта приходится $22 \text{ м}^2/\text{сут}$, а на долю I горизонта — $200 \text{ м}^2/\text{сут}$. Отсюда средний коэффициент фильтрации I горизонта $K_1 = 200/150 = 1,33 \text{ м}/\text{сут}$, а минжульского горизонта $K_M = 22/23 = 0,96 \text{ м}/\text{сут}$.

Рассчитанная по ближайшим кустовым откачкам из I горизонта (скв. А-14ц) проводимость, составившая $189 \text{ м}^2/\text{сут}$, вполне соответствует принятому выше значению проводимости этого горизонта.

Прежде чем анализировать пьезометрические поверхности обоих горизонтов, показанные на рис. 1, воспользуемся результатами уточнения данных сейсморазведки и результатами гелиометрии для оценки проницаемости юрского комплекса в пределах выбранного участка.

Геофизический метод КМПВ выявил ряд нарушений фундамента. Из многочисленных геосейсмических разрезов в двух из них А.А. Козлову удалось выявить I и II горизонты и разделяющие их пласты (рис. 2). Однако на этих профилях водоупор Б не всегда прослеживается; имеются участки водоупора, где преломляющая способность глин (т.е. их физические свойства) существенно меняется. При обработке временных разрезов эти так называемые разрывы сплошности были сведены в единую систему зон, изображенных на рис. 1. Они ориентированы с юго-востока на северо-запад, длина их колеблется от 1 до 4 км. Это могут быть ослабленные зоны в глинистых водоупорах.

Газопроницаемость участка подтверждается данными гелиевой съемки. Область высоких аномалий гелия в I горизонте зафиксирована в трех скважинах — А-25, А-14, А-19.

Особый интерес представляет положение пьезометрической поверхности минжульского и I водоносных горизонтов по состоянию на 24.09.1986 г. (рис. 1). Отметки уровней I горизонта по шести парам скважин

превышают пьезометрический уровень минжульского горизонта на $0,1-0,2 \text{ м}$, что указывает на возможность перетекания из I в минжульский горизонт. Направление естественного потока минжульского горизонта существенно отличается от направления фильтрации I горизонта. Движение воды минжульского горизонта происходит в вытянутую с юго-востока на северо-запад депрессионную воронку длиной более 3 км. Уклоны потока к воронке равны $0,0005$, единичный расход $q = 0,011 \text{ м}^3/\text{сут}$ на 1 м, приток к депрессионной воронке с юго-запада составляет $Q = BI \text{ км}$, где B — ширина потока между скв. А-42 и А-10, I — уклон потока между гидроизопьезами $174,0$ и $173,8$, км — проводимость минжульского горизонта. Откуда $Q = 1356 \times 0,0005 \times 22 = 16,3 \text{ м}^3/\text{с} = 0,19 \text{ л}/\text{с}$. В пределах этой воронки находятся два тектонических нарушения (рис. 1). Линии тока горизонта I, в соответствии с гидроизопьезами, направлены с северо-запада на юго-восток и с юго-запада на северо-восток, пересекаясь под прямым углом. Зона пересечения обеих линий тока северо-западного простирания соответствует дрене — зоне разгрузки горизонта I и почти совпадает с протяженными тектоническими нарушениями, пересекающими пятиугольник, в вершинах которого располагаются технологические скважины (рис. 1 и 2).

Приблизительно оценим величину дренирования I водоносного горизонта в секторе линий тока, проходящих вдоль линий расположения скв. Н-7 и Н-8 по одному лучу и скв. Н-11 и Н-9 — по другому. Верхняя граница потока шириной $B_n = 660 \text{ м}$ проходит через скв. Н-11, Н-10 и Н-7, а нижняя граница шириной $B_{ii} = 220 \text{ м}$ — через скв. Н-9 и Н-8. Сужение потока на величину $\Delta B = 660 - 220 = 440 \text{ м}$ происходит в связи с его дренированием на отрезке линии тока $l = 330 \text{ м}$. Градиент потока первого горизонта между гидроизопьезами $173,7$ и $173,6$ равен Δh , деленному на расстояние между гидроизопьезами по линии тока, проходящей через скв. Н-10, откуда $I = 0,1/843 = 0,00012$. Тогда, используя принятое значение проводимости I горизонта $200 \text{ м}^2/\text{сут}$, получаем расход разгрузки в пределах детального участка ОФР: $Q = \Delta B I \text{ км} = 440 \times 0,00012 \times 200 = 10,5 \text{ м}^3/\text{сут} = 0,12 \text{ л}/\text{с}$. Таким образом, по ослабленной зоне может происходить перетекание снизу вверх из I горизонта в минжульский с расходом, равным $0,12 \text{ л}/\text{с}$, в пределах пятиугольника технологических скважин.

Оценим проницаемость ослабленной зоны, проходящей через участок технологических скважин (рис. 2). Расход вертикальной фильтрации принимаем равным рассчитанному выше: $Q = 10,5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Мощность разделяющего глинистого слоя $M_0 = 13,4 \text{ м}$. Длина линии тока, соответствующая фрагменту участка фильтрации, $l = 330 \text{ м}$, мощность ослабленной зоны m принимаем равной 37 м (см. далее), разность напоров между I и минжульским горизонтами на участке ОФР $\Delta h = 0,24 \text{ м}$. Тогда коэффициент фильтрации

$$K_0 = Q M_0 / L m \Delta h = (10,5 \times 13,4) / (330 \times 37 \times 0,24) \approx 0,05 \text{ м}/\text{сут}.$$

Полученные при ОФР данные позволили оценить проницаемость разделяющего слоя с помощью матема-

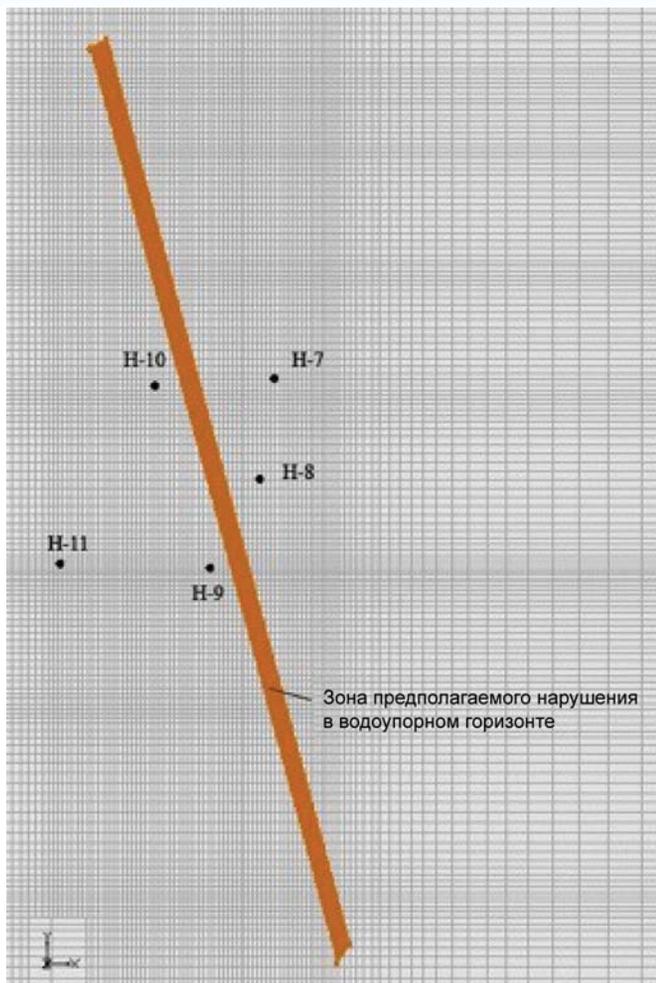


Рис. 4. Модельная схема опытного куста. Масштаб: 1:12 500

тического моделирования. Решение обратной задачи было реализовано группой Б.М. Зильберштейна с помощью программы KRAS в 1994 г. Для этого использовались данные откачки из скв. Н-7 с наблюдательными скв. Н-8, Н-9, Н-10 и Н-11, а также данные откачки из скв. Н-11 с наблюдательными скв. Н-7, Н-8, Н-9 и Н-10. Моделирование однослойной схемы фильтрации минжувского горизонта положительных результатов не принесло. Была реализована трехслойная схема: I горизонт, разделяющий пласт и минжувский горизонт. Рассматривалась серия вариантов с изменяющейся проницаемостью разделяющего горизонта в плане. Разбивка поля фильтрации на блоки в пределах опытных скважин составила 35×70 м. Относительная сходимость результатов моделирования с данными по наблюдательным скв. Н-7, Н-8, Н-9 была обнаружена при откачке из скв. Н-11. Проницаемость разделяющего слоя в полосе размером 35–250 м, ориентированной между скв. Н-8 и Н-9, оказалась равной 0,1 м/сут, а по обе стороны от линейного «окна» заданная проницаемость составила 0,0001 м/сут. В процессе моделирования менялись плановые границы минжувского горизонта (до 16 км на юг) и была уменьшена его проводимость до 15 м²/сут.

Для уточнения проницаемости выявленной ослабленной зоны в разделяющих I и минжувский горизонты глинах была использована более современная

программа MODFLOW геологической службы США. Геолого-гидрогеологические условия участка описаны выше. В геофильтрационной модели представлено два проницаемых горизонта — минжувский и I, разделенных слабопроницаемым слоем. Верхняя и нижняя границы модели задаются непроницаемыми.

Плановые границы модели принимаются по границе выклинивания минжувского горизонта и отнесены от центра опытного куста в северном направлении на 10 км, в южном — на 2 км, в восточном — на 14 км (рис. 4). На этих границах задавались граничные условия II рода ($Q = 0$). В западном направлении и на небольшом участке на северо-востоке минжувский горизонт не выклинивается, а распространен на значительное расстояние. На запад граница модели отнесена на 13 км, на северо-восток на 16 км. На этих границах принято граничное условие I рода — постоянный уровень.

Абсолютные отметки уровня в горизонтах, заданные на модели, приняты по данным замера уровней в сентябре 1986 г.

Разбивка модели на блоки нерегулярная. Блоки имеют размеры от 9×9 до 500×500 м, размеры сетки 174×204 блоков. Ступенчатость блоков приурочены к участку расположения опытного куста — участку наибольшей деформации потока подземных вод.

Моделировались откачки для двух схем: когда центральными являлись скв. Н-7 или Н-11 (рис. 5 и 6). Обратные задачи решались в нестационарной постановке.

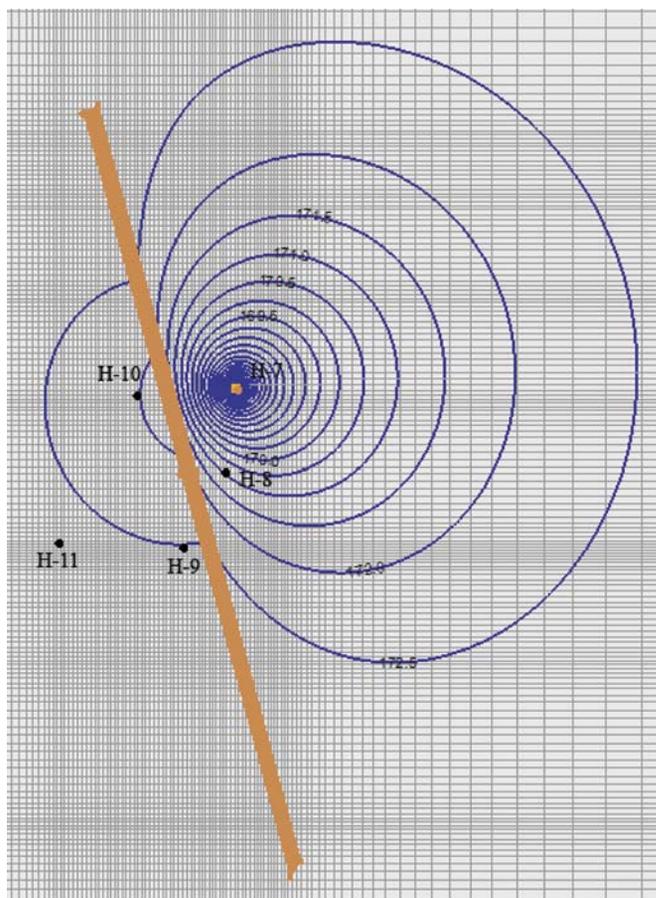


Рис. 5. Модельная схема распределения гидроизопьез на 5-е сут откачки из скв. Н-7

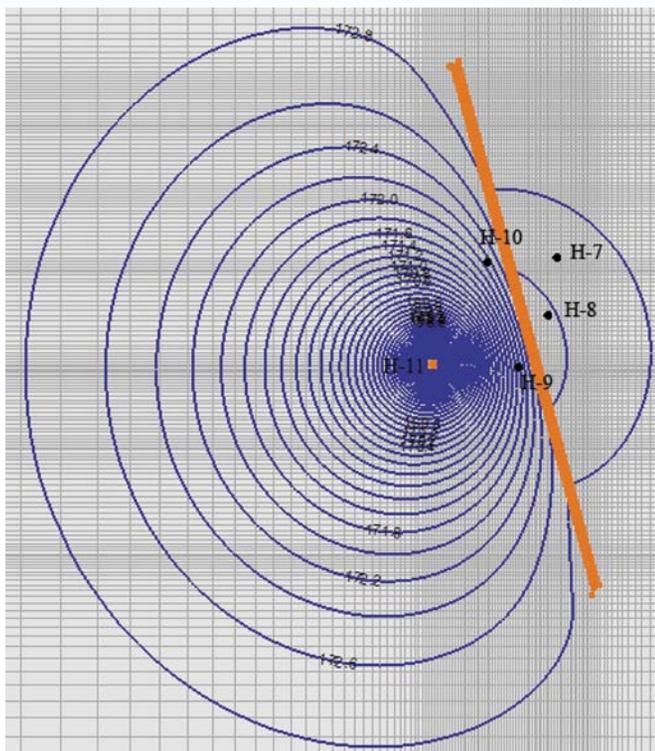


Рис. 6. Модельная схема распределения гидроизопьез на 5-е сут откачки из скв. Н-11

Во всех вариантах расчета подбирались параметры разделяющего водоносные горизонты слоя в пределах предполагаемых границ его нарушения. Ширина зоны нарушения принята равной 37 м.

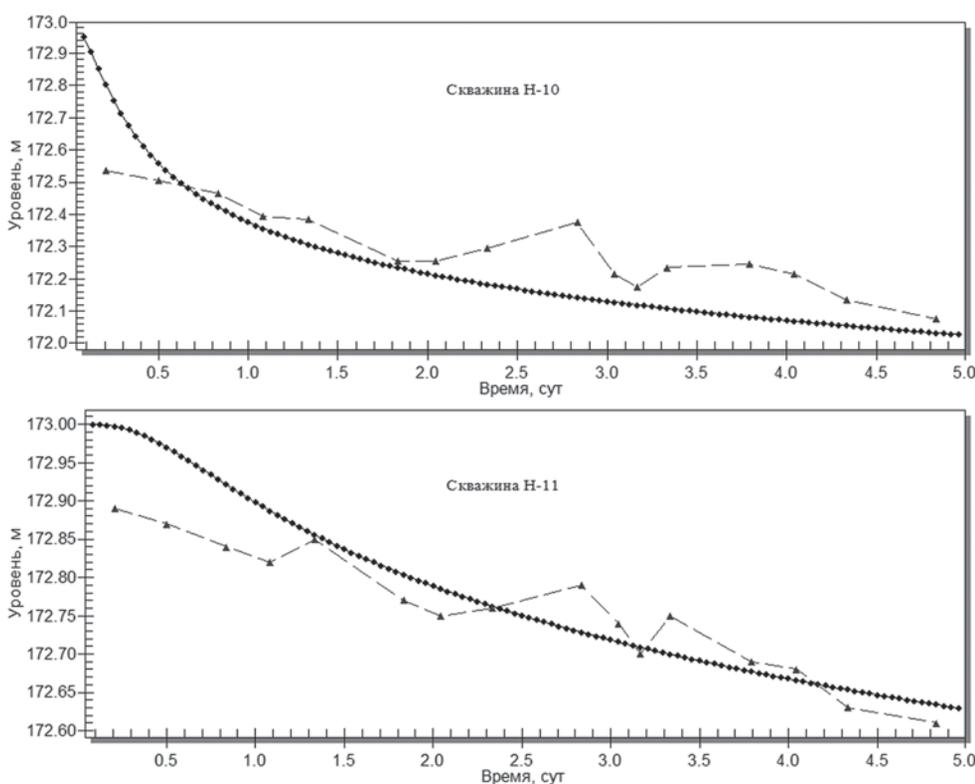


Рис. 7. Графики сходимости модельных и фактических уровней в наблюдательных скважинах во время откачки из скв. Н-7

Таблица 2
Результаты моделирования

Параметр	Мин-жувльский горизонт	Разделяющий водоупор	I горизонт	Область перетекания в водоупоре
$K_{ф\text{гор}}$, м/сут	1,5	0,00001	1,6	1,1
$K_{ф\text{верт}}$, м/сут	1,5	0,00001	1,6	0,11
Анизотропия горизонтальная	1	1	1	1
Анизотропия вертикальная	1	1	1	0,1
Упругая водоотдача	0,000015	1,00E-06	0,00005	0,00001
Пористость	0,1	0,2	0,052	0,2

Калибровка модели осуществлялась путем изменения параметров предполагаемого участка перетока через разделяющий водоносные горизонты водоупорный слой при неизменных режимах откачки и фильтрационных параметрах, рассчитанных по результатам опытных гидрогеологических работ.

Расчет повторялся до достижения удовлетворительной сходимости модельных и фактических критериев согласования. Критериями согласования служило удовлетворительное совпадение рассчитанных значений уровня с фактическими абсолютными отметками уровней подземных вод по наблюдательным скважинам в процессе откачки.

Калибровка модели выполнялась при условии работы в качестве центральной скв. Н-7. В результате решения были получены параметры минжувльского горизонта и зоны нарушения в разделяющем горизонте, при которых достигнута удовлетворительная сходимость модельных и фактических уровней по наблюдательным скв. Н-10 и Н-11 (рис. 7).

Анализ полученных решений показывает, что изменения уровней, полученные на модели, в целом соответствуют фактическим при значительном удалении наблюдательной скважины от зоны нарушения в разделяющем слое.

Полученные разными методами результаты вертикальной проницаемости ослабленной зоны шириной 37 м в разделяющих оба горизонта глинах всего на порядок меньше проницаемости песков, но в 10 000 раз больше проницаемости глин in situ.

Выводы

1. Пьезометрические поверхности I и минжульского горизонтов в естественных условиях свидетельствуют о наличии локального перетекания из I горизонта в минжульский.

2. Ориентация области локального перетекания подтверждается наличием тектонических нарушений (ослабленных зон) в глинах, выявленных геофизическими методами.

3. Оценочная величина проницаемости линейной ослабленной зоны в глинах характеризуется $K_0 = 0,05$ м/сут при мощности зоны 37 м.

4. Распределение в плане рассчитанных проводимостей минжульского горизонта при проведения серии ОФР указывает на наличие субвертикальной линейной проницаемой границы в разделяющих горизонтах глинах той же ориентации, что и тектонические нарушения.

5. Результаты предварительного моделирования (программа KRAS) показали проницаемость линейного «окна», равную 0,1 м/сут.

6. Применение программы MODFLOW позволило получить расчетную проницаемость ослабленной зоны в глинах шириной 37 м в плане, составившую 0,11 м/сут.

7. Относительно высокую проницаемость локальных ослабленных зон в глинах следует учитывать при обосновании возможности захоронения промстоков или для оценки вероятного загрязнения водоносного горизонта сверху.

© Коллектив авторов, 2015

Манукьян Валентин Ашикович // manval36@gmail.com
Анненков Анатолий Алексеевич // info@specgeo.ru
Глинский Марк Львович // info@specgeo.ru
Святовец Сергей Владимирович // ssv@msnr.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 553.463:553.491.6-8

Роголина Л.И. (ФНБУ ИГИП ДВО РАН), Калажиков Х.Х.,
Карамурзов Б.С., Калажиков З.Х. (Кабардино-Балкарский государственный университет)

ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛАХ СКАРНОВО-ШЕЕЛИТОВОГО ЛЕРМОНТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПРИМОРЬЕ)

*Исследован вещественный состав техногенных отвалов руд Лермонтовского вольфрамово-скарнового месторождения. На основании оптико-минералогического анализа гравитационных отвалов показана возможность получения из них кондиционного вольфрамового концентрата. Впервые выявлена платиноидная минерализация (ЭПГ) и установлено фазовое состояние Os и Ir методом РФЭ-спектроскопии. Содержание элементов платиновой группы в полученном концентрате увеличивает его экономическую ценность. **Ключевые слова:** вольфрамовый концентрат, техногенные отвалы, скарновое месторождение, РФЭ-спектроскопия, элементы платиновой группы.*

Rogulina L.I. (FRBE IGNM FEB RAS), Kalazhikov H.H.,
Karamurзов B.S., Kalazhikov Z.H. (Kabardino-Balkarian State University)

PLATINUM GROUP ELEMENTS IN TECHNOGENEOUS WASTE DUMPS OF THE LERMONTOVSKY SKARN-SCHEELITE DEPOSIT (PRIMORYE)

The substance composition of the technogene waste dumps of the Lermontovsky wolfram-skarn ore deposit has been studied. According to the optical-mineralogical analysis of the gravity dump bodies there is the opportunity to extract saleable W-concentrate from the waste dumps. For the first time, there has been the platinum-group element (PGE) mineralization revealed and the phase state of Os and Ir established by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) technique. Insignificant content of Pt has been

*registered in the area of 64–86 eV and confirmed by the chemical analysis. The presence of the platinum group elements in the extracted concentrate increases its economic value. **Key words:** W-concentrate, technogene waste dumps, skarn deposit, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), platinum group elements.*

Одним из основных направлений научных исследований при формировании основ минерально-сырьевой базы считается комплексное освоение недр. В комплекс мероприятий по увеличению минерально-сырьевой базы входит минералого-технологическая оценка техногенных отвалов горнорудных предприятий, позволяющая вовлечь их в освоение минеральных ресурсов.

Объектом наших исследований являются техногенные отвалы обогатительной фабрики Лермонтовского ГОКа, получающего вольфрамовый концентрат из скарново-шеелитовых руд одноименного месторождения: гравитационные и флотационные отвальные хвосты, а также гравитационный концентрат, полученный на центробежном концентраторе при обогащении техногенных отвалов.

Лермонтовское вольфрамово-скарновое месторождение расположено на северо-западе Приморья в Пожарском районе (рис. 1). Оно открыто в 1970 г. при проведении геолого-съёмочных работ. Дальнейшими поисково-разведочными работами в пределах района геологами Южно-Приморской экспедиции обнаружены рудопроявления Домашнее, Ошанинское, Олимпийское, Рубежное, Светлое и др.

Площадь рудного района входит в Бикинскую структурно-формационную зону и сложена карбонатно-кремнисто-вулканогенно-терригенными породами Самарского террейна [3]. На площади месторождения развита олистостромовая толща нижнемелового матрикса, которая прорывается позднемеловым штоком гранитоидов ((128–130) ± 5 млн. лет, K/Ar метод по дан-