

3. Дойникова, О.А. Минералогия урана восстановительной зоны гипергенеза (по данным электронной микроскопии) / О.А. Дойникова. — М.: Физматлит, 2012. — 216 с.
4. Дойникова, О.А. Фосфатный состав урановых черней как показатель их биогенного генезиса / О.А. Дойникова // Изв. вузов. Геология и разведка. — 2016. — № 5. — С. 17–29.
5. Дойникова, О.А. Новый фосфатный тип урановых руд в России / О.А. Дойникова, Н.Н. Тарасов, А.В. Мохов // Доклады РАН. — 2014. — Т. 457. — № 4. — С. 1–5.
6. Кисляков, Я.М. Гидрогенное рудообразование / Я.М. Кисляков, В.Н. Щеточкин — М.: Геоинформмарк, 2000. — 608 с.
7. Кочкин, Б.Т. Морфологические особенности рудных тел и генезис месторождений урана Хиагдинского рудного поля / Б.Т. Кочкин, А.А. Новгородцев, Н.Н. Тарасов, В.Г. Мартыненко // Геология рудных месторождений. — 2014. — Т. 56. — № 6. — С. 539–555.
8. Кочкин, Б.Т. Геохимические особенности рудовмещающей среды на месторождениях урана Хиагдинского рудного поля / Б.Т. Кочкин, И.Н. Солодов, Н.И. Ганина, М.Л. Рекун, Н.Н. Тарасов, Г.А. Шугина, Л.С. Шулик // Геология рудных месторождений. — 2017. — Т. 59. — № 5. — С. 349–362.
9. Кочкин, Б.Т. Полигенность и полихронность урановой минерализации на месторождениях Хиагдинского рудного поля (Бурятия) / Б.Т. Кочкин, Н.Н. Тарасов, О.В. Андреева, Э.Э. Асадулин, В.Н. Голубев // Геология рудных месторождений. — 2017. — Т. 59. — № 2. — С. 124–140.
10. Машковцев, Г.А. Урановорудный потенциал России 2015–2035 / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, А.В. Тарханов, В.Н. Щеточкин // Минеральное сырье. — 2017. — № 33.
11. Рыжов, Б.И. Первая находка нингюита в Сибири / Б.И. Рыжов, И.Р. Коробенко, О.А. Дойникова // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — 1985. — Вып. 95. — С. 52–57.
12. Тарханова, Г.А. Особенности минерального состава и условий формирования руд Вершинного месторождения / Г.А. Тарханова, В.Т. Дубинчук, Н.И. Чистякова и др. // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 6. — С. 7–13.
13. Уран Российских недр / Под ред. Г.А. Машковцева. — М: ВИМС, 2010. — 850 с.
14. Min, M. Evidence of uranium biomineralization in sandstone-hosted roll-front uranium deposits, northwestern China / Min M, Xu H, Chen J, Fayek M. // Ore Geology Reviews. — 2005. — № 26. — С. 198–206.
15. Wülser, P-A. The sandstone-hosted Beverley uranium deposit, Lake Frome Basin, South Australia: Mineralogy, geochemistry, and a time-constrained model for its genesis / P-A. Wülser, J. Brugger, J. Foden, H-R. Pfeifer // Economic Geology. — 2011. — № 106. — С. 835–867.

© Дойникова О.А., Тарасов Н.Н., Карташов П.М., 2018

Дойникова Ольга Александровна // doa@igem.ru
Тарасов Николай Николаевич // tnn@igem.ru
Карташов Павел Михайлович // pmk@igem.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 622.24

Третьяк А.А., Швец В.В. (ЮРГПУ, Новочеркасский политехнический институт)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

*Дано описание процесса контрольного обследования эксплуатационных гидрогеологических скважин. Описана технология определения фильтрационных параметров горных пород, а также опробования водоносных горизонтов. Приведены варианты, при которых эксплуатационные гидрогеологические скважины подлежат ремонту. **Ключевые слова:** гидрогеологическая скважина, фильтрационные параметры, уровень, дебит скважины, расходомерия, ремонт скважины.*

Tretyak A.A., Shvets V.V. (Novocherkassk Polytechnic Institute)
ASSESSMENT OF THE CONDITION OF OPERATIONAL HYDROGEOLOGICAL WELLS

*The description of the process of control inspection of operational hydrogeological wells is given. The technology of determining the filtration parameters of rocks, as well as testing of aquifers is described. Variants are given in which operational hydrogeological wells are subject to repair. **Keywords:** hydrogeological well, filtration parameters, level, well rate, flow measurement, well repair.*

Каждая работающая эксплуатационная скважина через некоторое время теряет свои эксплуатационные показатели по различным причинам и подлежит

контрольному обследованию. Контрольное обследование позволяет получить следующие сведения: Q_0 — дебит скважины в начальный период эксплуатации, л/с; Q_1 — дебит скважины в процессе эксплуатации, л/с; $H_{ст}$ — статический уровень воды в скважине перед эксплуатацией, м; $H_{ст1}$ — то же, в процессе эксплуатации, м; S_0 — понижение уровня воды в скважине в начальный период эксплуатации, м; S_1 — то же, в процессе эксплуатации, м; g_0 — удельный дебит скважины в начальный период эксплуатации — $\frac{Q_0}{S_0}, \frac{\text{л/с}}{\text{м}}$; g_1 — то же, в процессе эксплуатации — $\frac{Q_1}{S_1}, \frac{\text{л/с}}{\text{м}}$; C_0 — содержание песка в откачиваемой скважине в начальный момент, кг; C_1 — то же, в процессе эксплуатации, кг; H_d — динамический уровень воды в скважине в начальный период эксплуатации, м; $H_{д1}$ — то же, в процессе эксплуатации, м.

Анализ состояния скважин различен в зависимости от того, производится ли оценка действия работающей скважины или скважина простаивает. Во всех случаях обязательным является производство следующих операций: диагностика работы водоподъемного оборудования, демонтаж насоса, его профилактика, промер глубины скважины, определение динамического и статического уровня, определение дебита (в работающей скважине) и удельного дебита. Промер глубины скважины производится хлопущкой или рулеткой с грузом на конце. Измеренная глубина скважины сопоставляется с паспортной, начальной глубиной скважины, т.е. определяется насколько заилён фильтр скважины и, следовательно, необходимость чистки с целью удаления из отстойника и из низа фильтра механических и химических осадков. Измерения динамического и статического уровня необходимы для

сопоставления их положения в период подготовки ремонтных работ и в период пуска скважины в эксплуатацию (они должны быть зафиксированы в паспорте скважины), а также для определения удельного дебита скважины в этот период времени.

Уровни в скважине измеряются от одной отметки, например, от верха оголовка. В работающей скважине электроуровнемером измеряется ее динамический уровень H_d . При замере уровней от верха оголовка (среза трубы) величина H_d всегда будет больше $H_{ст}$. Соответственно понижение уровня в скважине S равно $H_d - H_{ст}$. Производительность скважин определяют по водомеру, а при его отсутствии — объемным способом — наполнением емкости заданного объема за некоторый промежуток времени. При найденном дебите Q оценивают удельный дебит делением дебита на величину понижения уровня $q = Q / S$. Желательно, чтобы откачка при опробовании скважины и в начальный период (по паспортным данным) осуществлялась при близком понижении уровня.

В простаивающей скважине последовательность операций несколько иная: вначале определяют статический уровень $H_{ст}$, затем после монтажа насоса или эрлифта и его включения оценивают по водомеру или объемным способом производительность (дебит) скважины Q , но не менее чем через 1–2 ч после начала откачки, и динамический уровень в ней H_d . Далее рассчитывают понижение уровня и удельный дебит.

Сопоставление удельного дебита скважины в начале эксплуатации и в период обследования позволяет говорить о необходимости восстановительных мероприятий на скважине. При снижении удельного дебита на 20–30 % по сравнению с первоначальным значением необходимо проводить восстановительные мероприятия. В период прокачки скважины обязательно производится контроль ее пескования. Норма на количество песка в откачиваемой воде устанавливается, исходя из требований к эксплуатации водоподъемного оборудования, и не должна превышать 0,01 % по весу при установке в скважинах погружных электронасосов. Менее жесткие требования предъявляются при откачке воды из скважины эрлифтными или водоструйными установками. Однако следует учитывать, что эксплуатация постоянно пескующей скважины не допускается вследствие необратимых процессов в водоносном горизонте, неблагоприятной работы водоводов, арматуры, водоподъемного оборудования, заиливания водонапорных башен и др.

Различают два вида пескования: непрерывное и кратковременное в период пуска и остановки насоса. Поэтому при выявлении причины пескования скважины, прежде всего, устанавливают длительность этого процесса после пуска насоса. Если вынос песка прекратится через 15–30 мин, то можно сделать вывод о необходимости проведения мероприятий, обеспечивающих плавный пуск-остановку насосов. Рассматриваемые процессы наблюдаются практически всегда в бесфильтровых скважинах или при установке насоса в пределах фильтра.

Непрерывное пескование в течение длительных периодов времени может быть следствием неправильно подбора гравийной обсыпки, несоответствия размера отверстий фильтров, отсутствия заделки дна отстойника, некачественной установки сальника при установке фильтра впотай, отсутствия цементации затрубного пространства, плохого производства работ по освоению скважин, а также установки водоподъемного оборудования, превышающего по производительности проектное [1–3].

Если обследованием скважины установлено ее непрерывное пескование, то необходимо выполнение ремонтных работ по ликвидации пескования, после чего определяется целесообразность проведения реагентной обработки. В непрерывно пескующих скважинах реагентная обработка не проводится.

При техническом обслуживании скважин с действующим водоподъемным оборудованием определяют удельный дебит скважины q , затем выключается насос и измеряется восстановление уровня, т.е. постепенный его подъем до статического уровня. Необходимо иметь 15–18 промежуточных замеров при восстановлении уровня с повышенной частотой сразу после отключения скважины и проследить восстановление уровня не менее 2 ч.

Полученные данные о понижении уровня S_1 от статического $H_{ст}$ (последнего замера) в момент времени t_i обрабатываются следующим образом. Строится график зависимости наблюдаемых понижений уровня S_1 от соответствующих логарифмов (логарифм десятичный) и определяется уклон графика:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{i+1} - S_i}{\lg t_{i+1} - \lg t_i} \quad (1)$$

При известном угле $\operatorname{tg} \alpha = W$ определяет величину коэффициента водопроводимости:

$$T = km = \frac{0,183 Q}{B} \quad (2)$$

где T — коэффициент водопроводимости; k — коэффициент фильтрации прифильтровой зона; m — мощность пласта, м; Q — расход скважины.

Разделив km на мощность пласта, получаем значения коэффициента фильтрации.

В случае установки в скважине или на ее внешнем контуре прифильтрового пьезометра коэффициент фильтрации прифильтровой зоны определяют по формуле:

$$K = \frac{Q}{2\pi m S} \ln \frac{r_n}{r_c} \quad (3)$$

где r_n — расстояние от оси скважины до пьезометра, r_c — радиус скважины.

Как и во всех остальных случаях, в стволе скважины после откачки коэффициент фильтрации прифильтровой зоны сопоставляется с коэффициентом фильтрации пласта, и при его величине в 3 раза меньше коэффициента фильтрации пласта следует назначать ремонтные работы.

При грубой полевой оценке удельный дебит равен по абсолютной величине водопроводимости пласта.

Скважина всегда находится в неудовлетворительном состоянии, если ее удельный дебит по абсолютной величине в 2–3 раза меньше, чем значения коэффициента водопроницаемости.

Опробование скважины при демонтированном или вышедшем из строя водоподъемном оборудовании производится следующим образом. После демонтажа из скважины неработающего насоса для наиболее достоверной оценки ее характеристик целесообразно смонтировать эрлифт или другой водоподъемник, измерить дебит в ходе откачки, понижение уровня после начала откачки до установления динамического уровня, оценить удельный дебит, величины коэффициентов фильтрации, водопроницаемости по изложенной методике и сопоставить полученные характеристики [4].

Установленная при опытных работах кривая изменения уровня позволяет рассчитать величину водопроницаемости прифилтровой зоны и фильтра. Для этой цели можно использовать рекомендации по определению фильтрационных параметров горных пород и грунтов методом экспресс-налива в несовершенные скважины, разработанные ВНИИ ВОДГЕО. Используется кривая опытных данных, однако обработка их довольно сложна. Приблизительно величину коэффициента фильтрации фильтра и прифилтровой зоны по конечному участку кривой изменения уровня после экспресс-налива можно определить по формуле:

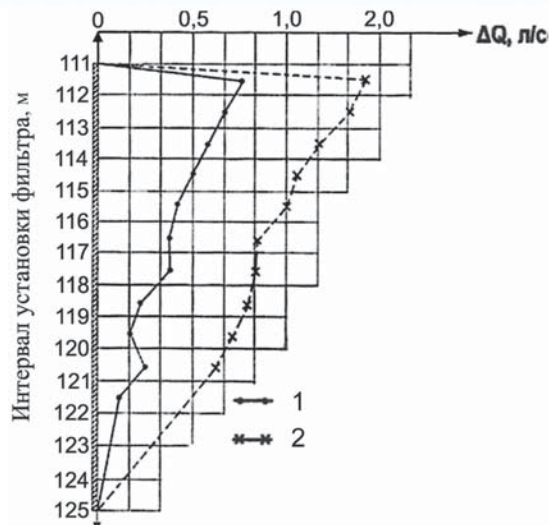
$$K = \frac{S_1 r_c^2}{4mS_0 t}, \quad (4)$$

где S_1 — понижение (повышение) уровня воды в скважине в момент времени t , S_0 — начальное понижение уровня.

Методика обработки опытных данных при различных методах возмущения скважины одинаковая. Как и при опробовании скважин откачкой, в дальнейшем осуществляется сопоставление коэффициента фильтрации фильтра и прифилтровой зоны с соответствующими параметрами пласта. При снижении коэффициента фильтрации прифилтровой зоны скважины в 2–3 раза по сравнению с пластовыми параметрами назначаются восстановительные мероприятия. Восстановительные мероприятия следует назначать при увеличении времени восстановления уровня на 40–60 % по сравнению с первоначальными данными.

Эффективное опробование эксплуатационных скважин может осуществляться также методом расходомерии. Под расходомерией скважин понимают снятие характеристики приращения скорости (расхода) по оси фильтра или необсаженной водоприемной части по высоте. В однородном по вертикали водоносном пласте скорость движения воды в фильтре постоянно возрастает и достигает максимума в верхней части фильтра.

Для оценки необходимости ремонта скважины и целесообразности поинтервального воздействия важно знать не суммарную расходограмму (кривую осевых скоростей), а поинтервальный приток. Для этого строится так называемая расходограмма или кривая поинтервального притока воды в фильтр скважины. При



Графики расходомерии до (1) и после (2) обработки фильтра раствором трихлоруксусной и сульфаминовой кислоты

построении такой кривой фильтр скважины разбивается на участки определенной длины (0,5–1 м) и из каждого последующего замера вычитается предыдущий. В этом случае сразу выявляются участки фильтра, где водоприток отсутствует или относительно мал. Пример поинтервальной расходомерии приведен на рисунке.

Необходимо иметь в виду, что изменение характера расходограмм возможно в случае изменения диаметра фильтра, в частности, в местах соединений, при наличии в разрезе двух или более водоносных пластов, различных по фильтрационным свойствам и напорам, установке в скважине секций фильтров с различными характеристиками и разной степенью их разглинизации при освоении скважины.

Расходограмма скважины является важным документальным признаком ее действия, но она имеет наибольшую ценность, если имеются первоначальная расходомерия или данные расходомерии в межремонтный период. Расходомерию при обследовании желательно проводить при близких расходах откачки в разные периоды времени. При расходомерии скважин, длительное время находящихся в эксплуатации, их необходимо шаблонировать с целью уточнения диаметра фильтра и внесения поправок на изменение диаметра в связи с зарастанием их с внутренней поверхности [5–7].

Выполненные обследования 20 эксплуатационных гидрогеологических скважин Каменского водозабора Ростовской области позволили установить несколько вариантов их состояния.

Вариант 1. В результате обследования получено $Q_1 = Q_0$; $H_{ст1} = H_{ст}$; $H_{д1} = H_{д}$; $S_1 = S_0$; $q_1 = q_0$, или величины удельного дебита изменялись незначительно (до 10 %), пескования не отмечено. Результаты обследования свидетельствуют о том, что в рассматриваемый период времени процессы коагуляции скважин не проявлялись, фильтр и насос находятся в исправном состоянии и проведения ремонтных работ не требуется.

Вариант 2. При обследовании установлено: $Q_1 = Q_0$; $H_{ст1} = H_{ст}$; $H_{д1} > H_{д}$; $S_1 > S_0$; $q_1 < q_0$, содержание песка в откачиваемой воде C_1 соответствует содержанию песка в начальный момент при включении скважин в эксплуатацию C_0 . На основании полученных результатов можно сделать вывод, что имеет место кольматация фильтра и прифильтровой зоны скважины и при q_1 , равном $0,7-0,8 q_0$, необходимо производить профилактическую регенерацию для восстановления первоначального удельного дебита. Ремонт насоса в данном случае не требуется.

Вариант 3. $Q_1 < Q_0$; $H_{ст1} < H_{ст}$; $H_{д1} < H_{д}$; $S_1 = S_0$; $q_1 = q_0$; $C_1 = C_0$. Такой результат обследования свидетельствует о сработке запасов подземных вод, и требуемая производительность может быть обеспечена установкой насоса ниже в стволе скважины, в виде исключения — в интервале расположения фильтра. Ремонт насоса и восстановительных работ на скважине в этом случае не требуется.

Вариант 4. $Q_1 < Q_0$; $H_{ст1} = H_{ст}$; $H_{д1} > H_{д}$; $S_1 < S_0$; $q_1 = q_0$; $C_1 = C_0$. Снижение дебита и уменьшение понижения уровня связаны в данном случае с неисправностью насоса. В этих условиях необходимо произвести ремонт насоса; целесообразность же восстановительных работ устанавливается при опробовании в случае $S_1 = S_0$ и достижении соответствия полученного удельного дебита первоначальному.

Вариант 5. $Q_1 < Q_0$; $H_{ст1} = H_{ст}$; $H_{д1} > H_{д}$; $S_1 > S_0$; $q_1 < q_0$; $C_1 = C_0$. Снижение удельного дебита обусловлено кольматацией фильтра, но возможна и неисправность в работе насоса. Необходимо демонтировать насос, проверить его и устранить неполадки; установить степень заилиения фильтра и прочистить его. При отсутствии заилиения фильтра осуществить регенерацию фильтра скважины.

Вариант 6. $Q_1 = 0$; $H_{ст1} = H_{д}$. Обследование свидетельствует о неисправности насоса, его следует отремонтировать или заменить.

Вариант 7. Скважина работает при пульсирующем режиме подачи воды, $H_{ст1} = H_{ст}$; $H_{д1} > H_{д}$; $S_1 > S_0$; $q_1 < q_0$; $C_1 = C_0$. Насос скважины работает «на хруп», что может являться следствием существенной кольматации фильтра и прифильтровой зоны, а в случае $C_1 > C_0$ — и заилиения фильтра. Несмотря на отсутствие в этом случае надежных данных об удельном дебите скважины водоподъемное оборудование необходимо демонтировать, проверить степень заилиения, прочистить, отремонтировать, ликвидировав источники поступления песка. При отсутствии заилиения и пескования скважина подлежит регенерации.

Полученные варианты позволяют принимать оптимальные решения по дальнейшей эксплуатации или ремонту каждой конкретной скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В. С. Фильтры буровых скважи. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1967. — 344 с.
2. Третьяк, А.Я. Техника и технология сооружения гидрогеологических скважин / А.Я. Третьяк, В.Ф. Чихоткин, А.П. Павлунишин — Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2006. — 408 с.
3. Федоров, Ю.С. Предупреждение кольматации фильтров гидрогеологических скважин // Ю.С. Федоров, А.А. Петров // Разведка и экран недр. — 1974. — № 7. — С. 56–58.
4. Фоменко, В.И. Подбор и расчет фильтров дренажных и водозаборных скважин / Мелиорация, гидротехника и водоснабжение, вып. 3. — Горки: изд. БСХА, 1975.
5. Black, J.M. Observation well response time and its effect upon aquifer test results / J.M. Black, K.L. Kipp. // J. Hydrol. — 1977. — Vol. 34. — P. 297–306.
6. Ryckborst, M. Optimum well sampling distance of ground water levels in till and coversands, deerinkbeck catehment area, the Netherlands / M. Ryckborst, A. Lousink // Geol. en Mijnbonn. — 1980. — Vol. 59. — N 1. — P. 43–48.
7. Van Beek, C. D. E. M. Sulfate-Reducing bacteria in Ground water from clogging and nonclogging shallow wells in the Netherlands River region / C. D. E. M. Van Beek, D. Van der Kooij // Ground Water. — Vol. 20. — N 3. — 1982. — P. 298–302.

© Третьяк А. А., Швец В.В., 2018

Третьяк Александр Александрович // 13050465@mail.ru
Швец Виталий Владимирович // 13050465@mail.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК: 550.8 + 552+622.1

Бискэ Н.С., Скамницкая Л.С. (Институт геологии Карельского научного центра РАН)

ГРАФИТОВЫЕ РУДЫ КАРЕЛИИ: ОБОГАТИМОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В Карелии установлены основные природные типы графитовых руд: крупночешуйчатого, мелкочешуйчатого графита с примесью скрыто- и плотнокристаллической разновидности графита. Выделены генетические и технологические типы руды. Установлена их обогатимость и возможные направления использования в промышленно-

сти. Промышленный интерес представляет Ихальское месторождение крупночешуйчатого графита — одно из крупнейших в Европе по разведанным запасам. **Ключевые слова:** графит, обогатимость графита, технологические показатели, месторождение, минерально-сырьевая база.

Biske N.C., Skamnitskaya L.S. (Institute of Geology Karelian research centre RAS)

GRAPHITE ORES IN KARELIA: DRESSABILITY AND PROSPECTS FOR INDUSTRIAL USE

The main natural types of graphite ores (coarseflake, fineflake graphite with an admixture of a crypto- and dense crystalline variety graphite) are found in Karelia. Genetic and technological types of ore are distinguished. Their enrichment and