

о наполнении коры связанным в цепочки жидким флюидом с $\phi_p = 0,5-1,5\%$ (к общему объему породы). За их пределами проводящие блоки с $\phi_p = 0,3-0,4\%$ расположены глубже 40 км (рис. 1), а верхняя и средняя кора — высокоомная, с $\rho = 3000-5000$ Ом·м, но в пределах глубинных разломов $\rho = 10-300$ Ом·м; здесь $\phi_p = 1,5-0,03\%$ [1]. Высокими ϕ_p (0,5–1,5 %) характеризуются глубинные разломы: Чуйской впадины — Башеланский, Прителецкий, на южном борту Центрально-Тувинского прогиба и пересечения Курайского и Чулышманского, Азасского, Каа-Хемского и Хемчикско-Куртушибинского разломов. Такое же высокое содержание флюида — до $\phi_p = 3-0,4\%$ свойственно Сарасинскому, Восточно-Таннуольскому, Унгешскому и Карасуг-Улатайскому разломам субмеридионального и северо-западного направлений, вдоль которых также прогнозируется серия рудопроявлений (рис. 1).

4. Из геоэлектрической модели Алтае-Саянского региона следует, что зоны эндогенной рудной минерализации ассоциируют с низкоомными глубинными разломами, расположенными в офиолитовых поясах, в базальт-риолитовых, базальт-андезитовых формациях, на зеленосланцевых выступах байкалит. Графитизированные сланцы нижнего кембрия и верхнего протерозоя, в которых прогнозируются рудопроявления, также выделяются пониженными значениями $\rho(H)$ [1].

Унаследованный режим развития разломов, с которыми связан процесс становления рудных формаций и которые представляют собой в настоящее время активные структуры, позволяет картировать их МТ методами по низким значениям УЭС (высоким содержаниям флюида), являющимся поисковым признаком (рис. 1). Если на прогнозной карте рядом с зонами рудной минерализации [2, 5, 6] нет условных индексов (кружки), то они не характеризуются на 3-D геоэлектрических разре-

зах значимым понижением УЭС, хотя рядом и расположены рудопроявления. Прогнозируемые типы рудопроявлений полезных ископаемых ассоциируют с однотипными месторождениями, выявленными ранее в пределах рассматриваемой структурной единицы [2, 5, 6].

Авторы благодарны сотрудникам ОП Центра «ГЕОН», ФГУП ВНИИГеофизика, ГППК КНИИГиМС, выполнявшим полевые наблюдения, обработку МТ-данных и участвовавшим в написании отчетов по Алтае-Саянскому региону, материалы которых и легли в основу статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белявский В.В. Геоэлектрическая модель Алтае-Саянской складчатой области. — LAP-LAMBERT, Academic Publishing, 2014.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Карта полезных ископаемых. Алтае-Саянская серия. — М.: МПР РФ, 2002.
3. Друскин В.Л., Книжнерман Л.А. Спектральный полудискретный метод для численного решения трехмерных нестационарных задач в электроразведке // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. — 1988. — № 8. — С. 63–74.
4. Краснораменская Т.Г., Лобацкая Р.М. Объемная неотектоническая разломно-блоковая модель Алтае-Саянской складчатой области и сейсмический процесс / Тектонофизика и актуальные вопросы науки о Земле. — М.: ИФЗ РАН, 2008. — С. 267–269.
5. Матросов П.С., Шапошникова Г.Н. и др. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 7: Алтае-Саянский регион и Забайкальско-Верхнеамурский регионы. Кн. 1. — Л.: Недра, 1988.
6. Рундквист Д.В., Волкова В.М., Смирнов В.И. Комплект карт «Металлогения СССР». Масштаб 1:1500 000. — Л.: ВСЕГЕИ, 1988.
7. Шейнкман А.Л., Нарский Н.В. Карта суммарной электропроводности осадочного чехла территории России / Электромагнитные зондирования Земли: Материалы IV Всесоюз. школы-семинара по электромагнитным зондированиям. — М.: ИФЗ РАН, 2009. — С. 45–46.
8. Counil J.L., le Mouel J.L., Menvielle M. Associate and conjugate directions concepts in magnetotellurics // Annales Geophysicae. — 1986. — V. 4B, 2. — P. 115–130.

© Белявский В.В., Шейнкман А.Л., 2015

Белявский Виктор Владимирович // victor.belyavsky@list.ru
Шейнкман Александр Львович // geodinam@yandex.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.822:644.6:338.462:338.268

Сизов А.В., Боярко Г.Ю. (Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

*Предлагается повысить качество строительства водозаборных скважин посредством внедрения супервайзинга. Супервайзер, контролируя технологию проведения буровых работ, рабочее испытание водозаборной скважины, а также производя входной контроль используемых материалов, может существенно снизить долю дефектного строительства при сооружении водозаборных скважин. Наиболее приемлемыми кандидатурами для специалистов-супервайзеров будут выпускники образовательных направлений «Гидрогеология и инженерная геология» и «Природообустройство и водопользование». **Ключевые слова:** супервайзинг, водозаборная скважина, качество работ.*

Sizov A.V., Boyarko G.Yu. (National Research Tomsk Polytechnic University)

TECHNICAL SUPERVISION DURING CONSTRUCTION OF WATER WELLS

*It is proposed to improve the quality of construction of water wells by segments-rhenium supervising. The authors note that supervisor, through proper monitoring of drilling technology, carrying out of water-supply well functional test, as well as realizing of incoming control, can significantly reduce the number of faults during water-supply well construction. The most suitable supervising specialists will be «Groundwater hydrology and engineering geology» and «Environmental engineering and water consumption» graduates. **Key words:** supervising, water-supply well, quality of work.*

В России практически во всех населенных пунктах от мегаполисов до маленьких поселков действуют, строятся новые и ремонтируются старые подземные водозаборы для питьевого и промышленного водоснаб-

жения. Только в Томской области более 150 действующих подземных водозаборов. В настоящее время в России сооружается порядка 2000 новых водозаборных скважин за год, при этом преобладающее большинство объектов такого строительства характеризуется как бессистемное и бесконтрольное. Качество работ является принципиальным вопросом при бурении и сооружении водозаборных скважин, особенно в части обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности.

Качество сооружения водозаборных скважин оценивается по результатам дебита водоносного слоя и степени его защиты от возможных загрязнений. При этом основными целями, стоящими перед подрядной организацией, осуществляющей такие работы, являются эффективное вскрытие водоносных слоев и их испытание при соблюдении жестких санитарных норм. Правильность исполнения технологии бурения, используемое при этом оборудование и материалы, правильность производства опытных откачек, обустройства фильтров и монтажа погружных насосов являются основными факторами, влияющими на срок межремонтного времени работы водозабора, возможные загрязнения и истощение источников подземных вод.

Основной проблемой при сооружении водозаборных скважин является отсутствие контроля технологии строительства, испытаний водоносного пласта, вызывающее падение качества. Экспертизе подвергается лишь проектно-сметная документация на строительство объекта, а контролирование рынка выполнения подобных работ ведется посредством лицензирования [1]. Так, при сооружении нефтегазовых скважин основным инструментом контроля качества строительства объекта является супервайзинг. Способы и цели, поставленные заказчиками при сооружении водозаборных скважин аналогичны требованиям, предъявляемым при бурении нефтегазовых скважин, где уже используется внешний независимый надзор за качеством работ со стороны организации-супервайзера. Положительный эффект от деятельности супервайзерских организаций в нефтегазовой отрасли очевиден, при этом основной тенденцией его развития является переложение опыта и внедрение в новые сферы деятельности и отрасли промышленности. Например, при бурении водозаборных скважин супервайзер может влиять на качество строительства скважины, контролируя при этом технологию бурения, процесс рабочего испытания водоносного пласта, используемые при строительстве оборудование и материалы.

Глубина скважин, пробуренных для водоснабжения, зависит от глубины залегания водоносного слоя и может достигать 500–600 м. Проходятся такие скважины обычно вертикально. Диаметры скважин напрямую зависят от удельного притока воды, типа водоподъемника, устанавливаемого фильтра и изменяются в пределах от 100 до 250 мм при водозаборе штанговыми насосами и эрлифтами; от 200 до 500 мм при применении погружных центробежных водоподъемников. В Российской Федерации 90 % скважин сооружается в рыхлом комплексе горных пород [1], при этом механическая скорость бурения может достигать 60–80 м/ч. Ввиду вышеперечисленных фактов вопросы правильности выбора технологии бурения водозаборных сква-

жин отходят на второй план. Наиболее ответственными технологическими операциями при бурении водозаборных скважин являются: крепление стенок скважины; установка фильтров и водоподъемного оборудования; процесс рабочего испытания скважины.

Приоритетным условием при сооружении водозаборных скважин является выбор месторасположения объекта. Его следует выбирать на незагрязненном участке в соответствии с санитарными правилами [4]. Водозаборные сооружения нецентрализованного водоснабжения не должны устраиваться на участках, затопляемых паводковыми водами, в заболоченных местах и местах, подвергаемых оползневому и другим видам деформаций, а также ближе 30 м от магистралей с интенсивным движением транспорта, вблизи организованных скотомогильников, многие из которых забыты за давностью лет. Исполнение данных условий носит основополагающий характер исключения возможности загрязнения водоносных слоев по бактериологическим и химическим показателям. Такие формальные условия должны быть соблюдены и проверены до принятия решения о месте строительства водозаборной скважины, т.к. несвоевременное выявление нарушений подобного рода приводит к загрязнению водоносных пластов в процессе строительства, даже если эксплуатируемые водоносные слои не пройдены бурением.

Серьезной проблемой при сооружении водозаборных скважин является вероятность наличия плохого тампонажа затрубного пространства, характеризующегося плохим перекрытием водоносных слоев. Известны случаи полного отсутствия затрубного тампонажа по всей конструкции скважины [3], относимые к грубым нарушениям технологии строительства. Требования к устройству и оборудованию водозаборных скважин установлены сводом правил СП 31.13330.2012 [5]. Для предотвращения проникания поверхностных загрязнений и вод неиспользуемых водоносных пластов должна предусматриваться изоляция, а в случае наличия зазоров между обсадными колоннами, таковые должны цементироваться или заделываться при помощи сальника. При несоблюдении технологии изоляции затрубного пространства между эксплуатируемым и неэксплуатируемым водоносными пластами начинается водопереток, постепенно размывающий и увеличивающий зазоры. Так, воды загрязненных слоев могут попадать в эксплуатируемый слой, ухудшая качество его вод. Особенно остро данная проблема стоит во время опытных откачек, когда разность давлений между различными водоносными слоями возрастает. В результате могут возникнуть крайне негативные последствия, связанные с ухудшением качества воды по микробиологическим и химическим показателям, установленным правилами САНПИН 2.1.4.1175-02 [4]. В случае невозможности устранения причин стойкого загрязнения воды данными правилами предусмотрено принятие решения о ликвидации водозаборного сооружения. Супервайзер, присутствуя при выполнении подрядных работ, может фиксировать вышеизложенные факты и давать предварительное заключение о технических условиях пригодности объекта к эксплуатации по формальным признакам месторасположения объекта и правильно-

сти соблюдения технологии сооружения водозаборной скважины. Он может подтверждать факт фиксации соединения труб и отсутствия трубного зазора. Иногда обсадку скважины производят без соблюдения основных правил крепления, что влияет на загрязнение эксплуатационного слоя.

Известны случаи применения контрафактных материалов при сооружении водозаборных скважин. Подрядчики реставрируют ранее эксплуатируемое водоподъемное оборудование, используют бывшие в употреблении трубы, фильтры, применяют некачественные, бракованные материалы. Недобросовестные подрядчики осуществляют подмены противокоррозионных материалов ввиду их высокой дороговизны. Требованиями СанПин 2.1.4.1175-02 [4] установлено, что для оборудования водозаборных скважин (фильтры, защитные сетки, детали насосов и др.) должны использоваться материалы, реагенты и малогабаритные очистные устройства, разрешенные Минздравом России для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. Зачастую данные факты не удается выявить, т.к. поддельваются маркировки, сопроводительные документы, да и сами заказчики, как правило, не заинтересованы в организации приемки товарно-материальных ценностей подрядчика. Отметим, что использование подобных товарно-материальных ценностей существенно сокращает срок службы скважины, увеличивая периодичность проведения ремонтов и противоречит санитарным нормам. Проводя противотальсификационный входной контроль и фиксируя все материалы, используемые при строительстве водозаборных скважин, супервайзер может не только повысить качество строительства, но и существенно снизить риск возникновения аварий на объекте. При возникновении последних отчетность супервайзера может иметь доказательное значение в судебных спорах, оправдывающих или же наоборот опровергающих правильность действия подрядчика [2].

Наиболее ответственной с точки зрения полезности привлечения супервайзера при сооружении водозаборных скважин является операция опытной откачки. Данная операция должна производиться в соответствии с правилами СП 31.13330.2012 [5], которыми установлено, что общая продолжительность откачек должна составлять 1–2 суток на каждое понижение после установления постоянного динамического уровня при заданном дебите. По продолжительности данная операция может занимать от первых дней до 3-х месяцев. Хотя данная операция и характеризуется высокой степенью автоматизации, на практике бывают случаи фальсификации результатов испытаний скважины подрядной организацией.

В этом случае главной задачей супервайзера является повышение представительности результатов испытаний водозаборной скважины. Так, в ситуации, когда удельный дебит скважины не меняется или незначительно увеличивается при условии повышения динамического уровня и неизменном статическом уровне, подрядчик может осуществить подлог результатов исследования динамического уровня воды. Возможными причинами уменьшения производительности скважи-

ны в данном случае является неисправность водоподъемника, которая может быть вызвана порчей оборудования при проведении спуско-подъемных операций или засорением фильтра. Наиболее вероятной предпосылкой в данном случае является неправильно подобранный фильтр, диаметр отверстий которого определяется в зависимости от размеров частиц песка водоносного слоя. В результате чего происходит проникновение мелких частиц породы через отверстия фильтра в водоприемную часть скважины, а в дальнейшем и водоподъемный агрегат, приводя к его поломке, что вызывает дополнительные издержки. Достоверность вышеизложенных факторов может быть легко подтверждена супервайзером. Важность оценки качества такой операции носит обширный характер, т.к. на данном этапе определяются все «ненормальности» работы скважины.

Как показывает практика, заказчиками при бурении водозаборных скважин чаще всего являются физические и юридические лица, не имеющие специалистов гидрогеологов. Как правило, внутренний контроль не всегда в полной степени автономен от своих коллег, и испытывает давление со стороны руководства, что может вызвать факт сокрытия технологически важных отклонений и допущений при строительстве объекта.

Таким образом, совершенно очевидно, что для организации эффективного надзора важно привлекать третью независимую сторону на условиях ее заинтересованности в организации эффективного контроля. Посредством договорных отношений между заказчиком и супервайзером могут устанавливаться материальная ответственность за невыявленные отклонения от проекта при проведении работ подрядчиком и несвоевременное обнаружение таких отклонений. При этом организация супервайзер будет полностью замотивирована в оказании качественных сервисных услуг такого рода. Но отметим также, что данный факт вызовет удорожание стоимости строительства, вследствие чего заказчики будут неохотно идти на привлечение услуг такого рода. Более действенным будет являться создание единого регламента или иного правового акта, который будет обязывать заказчиков самих привлекать супервайзеров в качестве надзорного органа за строительством, производимым подрядчиком. При этом данным регламентом должно устанавливаться четкое взаимодействие между супервайзером, подрядчиком и заказчиком. Финансироваться супервайзерские организации могут посредством создания определенного фонда содействия надзорных организаций по сооружению водозаборных скважин, формирование средств в котором происходит в виде отчислений от каждого договора заключенного между заказчиком и подрядчиком на сооружение водозаборных скважин. Таким образом, юридические отношения между заказчиком и супервайзером могут строиться по безвозмездному договору, но с предусмотрением материальной ответственности организации супервайзера за результат труда перед заказчиком.

Супервайзинг при бурении водозаборных скважин может реализовать следующие задачи:

1) проверять соответствие качества и порядка работ государственным и отраслевым нормативным документам, регламентам проектно-сметной документации;

2) предоставлять информацию о качестве проведенных работ в государственные надзорные органы;

3) в рамках, установленных договором компетенций, осуществлять контроль за соблюдением подрядчиком технологий строительства водозаборной скважины, проведением рабочего испытания, материалов используемых при строительстве, техники безопасности, охраны и санитарии труда, охраны окружающей среды;

4) контролировать проведение на объектах строительства водозаборной скважины всех ответственных операций, соблюдения подрядчиком качества и порядка выполнения работ, санитарно-эпидемиологической безопасности;

5) принимать оперативные решения на месте работ в случае возможного возникновения технологических проблем бурения, геологических осложнений бурового разреза, возможных аварий, в том числе влияющих на отклонение от санитарных норм, требующих немедленного разрешения;

6) осуществлять первичную приемку работ, выполненных подрядчиком, и передавать информацию в органы, лицензирующие данный вид деятельности.

При сооружении водозаборных скважин наиболее приемлемыми кандидатурами специалистов, осуществляющих супервайзинг, будут являться кадры, прошедшие обучение по образовательным направле-

ниям и профилям «Гидрогеология и инженерная геология» и «Природообустройство и водопользование». Специалисты-гидрогеологи могут определить геологическую природу факторов, влияющих на дебит водозаборной скважины, и дать рекомендации по возможным действиям для уменьшения влияния негативных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкатов Д.Н. Современные тенденции развития техники и технологий сооружения скважин на воду // Недропользование XXI век. — 2009. — № 6. — С. 52–55.
2. Беляев С.Л., Боярко Г.Ю., Сизов А.В. Организация системы противотальсификационного входного контроля материалов на нефтегазостроительном предприятии // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2014. — № 3. — С. 20–24.
3. Коломиец А.М. О необходимости разработки и реализации методических и технологических требований к сооружению, освоению и ликвидации скважин на воду // Недропользование XXI век. — 2007. — № 4. — С. 11.
4. САНПИН 2.1.4. 1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников // Российская газета. — № 244. — 28. 12. 2002 г.
5. Свод правил СП 31.13330.2012. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/14). — М.: издание Минрегиона России, 2011.

© Сизов А.В., Боярко Г.Ю., 2015

Сизов Алексей Валентинович // sizov_aleksey@rambler.ru
Боярко Григорий Юрьевич // gub@tpu.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 624.131

Шигорина Е.Г., Строкова Л.А. (Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИКРОБНОГО ОСАЖДЕНИЯ КАЛЬЦИТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГРУНТОВ

*Микробно-индуцированное осаждение кальцита (МИСР) — процесс цементирования с участием микроорганизмов, который улучшает геотехнические свойства горных пород. Представлена численная модель микробного осаждения кальцита для снижения проницаемости массива трещиноватых горных пород и предотвращения утечек из резервуаров для хранения CO₂. Результаты показывают, что проницаемость трещиноватых пород в радиусе 5 м от места инъекции может снизиться в 3 раза. **Ключевые слова:** мелиорация грунтов, химические свойства, осаждение кальцита, биоцементация.*

Shigorina E.G., Strokova L.A. (National Research Tomsk Polytechnic University)

NUMERICAL INVESTIGATION OF MICROBIALY INDUCED CALCITE PRECIPITATION AND ITS INFLUENCE ON THE PERMEABILITY OF SOIL

Abstract Microbially Induced Calcite Precipitation (MICP), a bio-mediated cementation process that improves the geotechnical properties of soils. The current study presents a numerical

*model for microbially induced calcite precipitation predicting the reduction of permeability over time due to biomineralization in fracture of rocks and prevention of a leakage from CO₂ storage reservoirs. The results shows the permeability of the fracture-layer can decrease by the factor of 3 in a radius of 5 meters from injection position **Key words:** soil improvement, chemical properties, calcite precipitation, biocementation.*

Интерес к технологиям использования биологических процессов в геотехнической практике резко возрос в последнее десятилетие [9]. Первый международный семинар по биогеотехнологии в 2007 г. способствовал междисциплинарному обсуждению и определению приоритетов научно-исследовательских тем в этой новой области [2]. Исследовательские программы по биогеотехнологии действуют более чем в 15 странах мира, выполнены серьезные исследования [4–10]. Второй международный семинар по биогеотехнологии был проведен в 2011 г. в университете Кембриджа. Семинар собрал 35 ведущих исследователей в этой области и предоставил возможность оценить полученные результаты, наметить основные проблемы и пути их решения. Одной из перспективных биогеотехнологий является микробное осаждение кальцита (*microbially induced calcite precipitation* — МИСР). Эта технология используется при производстве кирпичей, создании непроницаемых барьеров, пленок для предотвращения утечек воды или загрязнителей из хранилищ, цементирования