УДК 556.3:622.276

© Коллектив авторов, 2007

ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ подземного захоронения нефтепромысловых стоков на полигонах нефтяных месторождений*

А. А. Логинов, эксперт ГКЗ, канд. геол.-минерал. наук

Б. М. Зильберштейн, эксперт ГКЗ, канд. геол.-минерал. наук

Е. С. Ловчева, начальник отдела подземных вод ФГУ ГКЗ

А. Ю. Сорокин, заместитель начальника отдела подземных вод ФГУ ГКЗ

Подземное захоронение жидких отходов производства (промстоков) является важным и действенным природоохранным мероприятием, так как направлено на удаление таких отходов из среды непосредственного обитания человека и предотвращение неизбежного загрязнения поверхностной гидросферы и подземных вод зоны активного водообмена. При должном геолого-гидрогеологическом и геоэкологическом обосновании, соблюдении соответствующих условий и требований этот метод сам по себе безопасен. Но это вовсе не означает, что реализация этого вида недропользования является несложной общедоступной процедурой. Подземное захоронение отходов, в том числе жидких, достаточно жестко регламентируется федеральными законами («О недрах» и др.) и другими нормативными документами. Предоставление недр в пользование для этих целей должно обязательно оформляться специальным государственным разрешением в виде лицензии, которая выдается федеральным органом управления государственным фондом недр или его территориальным органом.

Порядок оформления лицензий на право захоронения жидких отходов производства (промстоков) определяется «Методическими указаниями по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» (1998 г.), а также «Временными методическими рекомендациями по подготовке и рассмотрению материалов при оформлении лицензий на геологическое изучение участков недр, предоставляемых для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» (2002 г.). При этом принципиальная возможность строительства и эксплуатации полигонов подземного захоронения, равно как и получение необходимых исходных данных, должны устанавливаться на основе геологического изучения конкретного участка недр. Подземное захоронение промстоков является самостоятельным видом недропользования со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В соответствии с п. 2.2 «Методических указаний...» и с учетом ст. 29 Закона РФ «О недрах» лицензия на пользование недрами для строительства и эксплуатации данного вида подземных объектов предоставляется только на те участки недр, геологическая информация по которым получила положительную оценку государственной геологической экспертизы. Проведение работ по захоронению «явочным порядком», без специального изучения геолого-гидрогеологических условий участка, без составления и согласования с компетентными организациями проекта системы подземного захоронения и без получения соответствующей лицензии не должно допускаться.

Рассмотрим, как эти условия и требования выполняются на практике. При этом будем исходить из существующего опыта рассмотрения материалов по захоронению пром-стоков в отделе подземных вод ФГУ ГКЗ.

Несколько схематизируя ситуацию, можно выделить три основных направления (области) использования метода подземного захоронения (ПЗ) разнообразных жидких технологических отходов в разных отраслях производственной деятельности:

- подземное захоронение жидких радиоактивных отходов атомной промышленности;
- подземное захоронение промстоков химических и аналогичных производств;
- подземное захоронение отходов нефтедобычи и первичной сепарации продукции.

*По опыту проведения геологической экспертизы отчетных материалов в отделе подземных вод ФГУ ГКЗ.

В настоящее время в количественном отношении объекты захоронения промстоков последнего вида производств явно преобладают. Однако обоснование, подготовка и проведение работ по ПЗ на указанных направлениях характеризуются довольно существенными различиями и даже контрастами.

На предприятиях атомной промышленности с самого начала возникновения необходимости в захоронении радиоактивных отходов (конец 50-х – начало 60-х годов прошлого века) к этой проблеме подходили системно, как к серьезной научно-технической задаче, потребовавшей проведения соответствующих специализированных гидрогеологических исследований, которые в итоге позволили разработать необходимые критерии обоснования и требования к проектированию систем подземного захоронения. Впоследствии подобные критерии с успехом применялись, совершенствовались и использовались для обоснования и строительства полигонов захоронения нерадиоактивных токсичных промышленных отходов предприятий химической, нефтеперерабатывающей, гидрометаллургической промышленности, производств минеральных удобрений и т. д.

Благодаря серьезному и основательному подходу к решению перечисленных задач, отчетные материалы результатов поисково-оценочных работ по геолого-гидрогеологическому обоснованию полигонов захоронения радиоактивных отходов и промстоков химической промышленности, а также данных мониторинга, выполняемого недропользователями собственными силами или с привлеченным подрядных специализированных организаций в процессе эксплуатации указанных объектов, при их рассмотрении в ФГУ ГКЗ оценивались, как правило, в целом положительно. В нефтедобывающей же отрасли к проблеме захоронения промысловых стоков в большинстве случаев относились как к третьестепенной задаче. На многих нефтепромыслах такое отношение сохранилось до сих пор. Недропользователи, по-видимому, считают себя полноправными хозяевами участков недр, в пределах которых размещены залежи углеводородов. Они забывают о том, что недра им предоставлены только во временное пользование, и то, в каком они останутся состоянии после завершения добычных и сопутствующих работ (в том числе работ по захоронению отходов) и какова будет экологическая обстановка на отработанных участках, имеет для будущих поколений, по меньшей мере, не менее важное значение, чем добыча углеводородов, поскольку от благополучия окружающей природной среды зависит здоровье нации. Таким образом, многие нефтедобывающие компании ведут себя не как рачительные хозяева, а как временщики.

Это проявляется на всех стадиях процесса, начиная с геолого-гидрогеологического обоснования возможности захоронения и заканчивая эксплуатацией полигонов захоронения промысловых отходов (характеризующихся, как правило, высокой минерализацией, наличием остаточных нефтепродуктов, нередко токсичных из-за присутствия различных химических реагентов, используемых для повышения нефтеотдачи продуктивных пластов, в отдельных случаях радиоактивных вследствие повышенной естественной радиоактивности вмещающих пород). Захоронение во многих случаях осуществляется без надлежащего мониторинга, с помощью скважин, не соответствующих по конструкции и техническому состоянию тем требованиям, которые предъявляются к поглощающим скважинам.

На целом ряде нефтепромыслов в Поволжском и Приуральском регионах, в Удмуртии, Коми, отчасти в Западной Сибири полигоны захоронения промстоков нефтедобычи создавались и в течение многих лет эксплуатируются без лицензий, что не может не вызвать вопросов к местным органам управления фондом недр и контролирующим недропользование органам. Можно отметить, что на месторождениях, где лицензии все же получены недропользователями, в лицензионных соглашениях, как правило, стандартно и даже подробно прописываются условия пользования участками недр для подземного захоронения промотходов. Но эти условия, как показывает практика, исключительно редко выполняются в полном объеме, а иногда и вовсе не выполняются. Вследствие невыполнения этих условий, в частности из-за отсутствия результатов мониторинга процесса захоронения на действующих (в ряде случаев, многие десятки лет) полигонах захоронений, представляемые на государственную экспертизу отчетные материалы по обоснованию ПЗ нефтепромысловых стоков не соответствуют требованиям ФГУ ГКЗ.

Безответственное отношение к требованиям Закона РФ «О недрах» и других нормативных документов со стороны недропользователей и некоторых местных надзорных органов зачастую усугубляется аналогичным отношением к работам по обоснованию захоронения и некоторых авторов отчетов. При отсутствии материалов геологической изученности и данных опыта эксплуатации полигонов захоронений они пытаются свести геологическое изучение участков недр только к проведению кратковременных одиночных закачек без должным образом организованных наблюдений, что, безусловно, недостаточно для получения объективных и надежных материалов, позволяющих выполнить достоверный прогноз захоронения и оценить масштабы его влияния на геологическую и окружающую среду.

По опыту проведения государственных геологических экспертиз можно выделить следующие основные недостатки представляемых в ФГУ ГКЗ отчетных материалов по обоснованию подземного захоронения отходов на полигонах нефтяных месторождений.

1. Недостаточная обоснованность выбора целевых поглощающих пластов-коллекторов.

Дело в том, что на участках нефтяных месторождений недропользователи практически никогда не проводят специальных гидрогеологических исследований по обоснованию выбора поглощающих пластов, ори-

ентируясь, в лучшем случае, на общие региональные гидрогеологические условия всего района исследований. В некоторых случаях выбор обосновывается ссылкой на «Прогнозную карту условий захоронения...» территории СССР масштаба 1:2 500 000, изданную в 1970 г. и предназначавшуюся, как известно, не для проектирования полигонов, а для планирования гидрогеологических поисково-разведочных работ.

В большинстве случаев геологическая изученность участков полигонов захоронений базируется на результатах поисково-разведочного бурения на нефть, в ходе которого основное внимание уделяется изучению продуктивных на нефть горизонтов. Большая часть разреза отложений осадочного чехла, вплоть до нефтеносных пластов, проходится без отбора керна. На участках захоронения промстоков наиболее значительная по мощности часть разреза отложений, залегающих над и под продуктивными нефтяными пластами, как правило, вообще остается литологически неизученной. Литолого-стратиграфическое расчленение разреза, корреляция разрезов по скважинам, выделение проницаемых горизонтов и слабопроницаемых отложений, оценка их коллекторских свойств и степени неоднородности в лучшем случае выполняются по геофизическим данным. Однако не всегда материалы интерпретации ГИС соответствуют требованиям ФГУ ГКЗ и позволяют успешно решать перечисленные задачи.

В результате выбираются целевые поглощающие пласты-коллекторы в более или менее изученной части разреза, рядом с продуктивными на нефть пластами (часто между ними), особенно в районах развития преимущественно карбонатных пористо-трещиноватых пород (Удмуртия, Пермская область, Республика Коми). При этом надежность изоляции выбранных целевых пластов-коллекторов от нефтяных залежей, как правило, весьма проблематична из-за недостаточной мощности (обычно не более первых метров, в лучшем случае, первых десятков метров) перекрывающих и подстилающих целевые пласты толщ, отнесенных по геофизическим данным зачастую весьма условно к неколлекторам (водоупорам). Причем доказательства экранирующей способности этих неколлекторов, основанные на данных лабораторных исследований керна и тем более специальных натурных гидрогеологических исследований, **практически всегда отсутствуют**. Очень часто в связи с близостью расположения целевых поглощающих и нефтяных пластов нет возможности выделить между ними буферные горизонты для повышения безопасности процесса захоронения, не говоря уже о тех абсурдных случаях, когда в качестве буферных авторы отчетов предусматривают нефтяные горизонты. В результате по представляемым отчетным материалам невозможно оценить, насколько соответствуют выбранные интервалы закачки возможностям фактического распространения закачиваемых промстоков по вертикали, как это влияет на обводненность нефтяных залежей и к каким последствиям может привести или приводит закачка на горизонтах пресных вод.

Помимо всего прочего, недропользователи, исходя из сиюминутных экономических выгод, часто не бурят специальные закачные скважины, а просто переводят в разряд поглощающих старые поисково-разведочные или выведенные из эксплуатации нефтедобывающие скважины путем их дополнительной перфорации и создания цементных мостов. При этом техническое состояние скважин должным образом не изучается и, как правило, оставляет желать лучшего. Такие случаи известны, например, на некоторых полигонах захоронения подтоварных вод в нефтеносных районах Западной Сибири, на которых в качестве поглощающих пластов-коллекторов выбраны продуктивные на нефть неокомские пласты (на участках, не вмещающих нефть). Между тем, по всем критериям оптимальным для захоронения в указанном регионе является аптальб-сеноманский водоносный комплекс, который на большинстве полигонов захоронений и используется в качестве целевого поглощающего пласта-коллектора. Закачка подтоварных вод в неокомские пласты обусловливает небходимость поддержания высоких давлений на устьях скважин, нередко превышающих допустимые, что чревато нарушением целостности обсадных колонн, неконтролируемым гидроразрывом поглощающих пластов, перекрывающих их водоупорных толщ и, в итоге, негативными экологическим последствиями для недр и окружающей природной среды.

2. Недостатки, обусловленные отсутствием материалов по опыту эксплуатации полигонов захоронений.

Как показывает опыт рассмотрения отчетов по обоснованию подземного захоронения промстоков на действующих уже длительное время полигонах нефтяных месторождений в Удмуртии, Пермской, Саратовской областях и некоторых других районах, такие полигоны создавались явочным порядком без должного обоснования и оформления. Эти полигоны эксплуатировались и, к сожалению, продолжают эксплуатироваться без соответствующего контроля процесса захоронения, т. е. без гидрогеологического мониторинга, и часто без соответствующих лицензий на этот вид недропользования.

Только в последние годы, когда усилился контроль со стороны центральных органов управления фондом недр и когда «выяснилось», что продолжать несанкционированное использование недр для захоронения загрязненных промстоков все же дальше нельзя и придется получать лицензии на этот вид недропользования и даже производить соответствующие платежи, по участкам действующих полигонов стали спешно выполняться работы по составлению отчетов по гидрогеологическому обоснованию подземного захоронения. При этом они нередко затягиваются на несколько лет, но, тем не менее, даже во время их проведения недропользователи продолжают пренебрегать мониторингом процесса захоронения промстоков.

В результате в представляемых на государственную экспертизу отчетах по обоснованию ПЗ отсутствуют сведения о рабочих давлениях на устьях скважин, дебитах закачки отходов, реальных интервалах их поглощения и даже о конструкции поглощающих скважин. Анализ опыта эксплуатации действующих полигонов сводится к информации о числе эксплуатационных скважин и общем за период работы полигона объеме закачки подтоварных вод. Гораздо реже представляются ограниченные сведения о среднесуточных дебитах закачки. Отсутствуют полноценные сведения о параметрах скважин (интервалах перфораций, профилях приемистости, коэффициентах приемистости, степени гидравлического несовершенства). Это же относится и к сведениям о техническом состоянии скважин (результатах исследования геофизическими методами – акустической цементометрии, термометрии, резистивиметрии, расходометрии). Как правило, из-за отсутствия наблюдательных скважин на полигонах нефтяных месторождений не приводятся данные контроля состояния недр при эксплуатационной закачке промстоков, что делает невозможной оценку гидродинамических изменений в поглощающих пластах-коллекторах, их взаимосвязи со смежными водоносными горизонтами, а также реальных размеров области распространения промстоков в этих пластах.

Учитывая, что гидрогеологическая изученность участков недр давно эксплуатирующихся полигонов обычно очень низкая, отсутствие или недостаточность материалов мониторинга процесса захоронения является серьезным препятствием для разрешения дальнейшей промышленной, а в ряде случаев и опытно-промышленной эксплуатации полигонов. И напротив, наличие в единичных случаях таких материалов, подтверждающих реальную возможность и эффективность продолжения работы полигона, может учитываться в качестве достаточного аргумента при принятии положительного решения о дальнейшей эксплуатации системы захоронения (пример – полигон на Мишкинском нефтяном месторождении).

3. Недостатки, связанные с методикой работ, принятой для обоснования подземного захоронения отходов, и технологией их производства.

Как указывалось ранее, в большинстве случаев геологическая изученность участков захоронений базируется на результатах поисково-разведочного бурения на нефть. В результате большая часть разреза отложений на нефтяных месторождениях, в том числе и выбранные для подземного захоронения пласты-коллекторы, характеризуется только по данным геофизических исследований скважин. При этом не всегда интерпретация результатов ГИС выполняется на должном уровне, а материалы этой интерпретации соответствуют требованиям ГКЗ.

Известны случаи, когда результаты геофизических исследований скважин представляются только в итоговом виде, без подтверждающего эти итоги фактического материала, что не позволяет выполнить экспертную оценку достоверности обработки результатов ГИС. Достаточно часто в отчетных материалах отсутствуют данные, обеспечивающие создание петрофизической основы для проведения количественной интерпретации результатов исследований. Характерной ошибкой, особенно для отчетов по участкам развития карбонатных толщ, является выполнение неполного комплекса ГИС, ограниченного максимум двумя видами каротажа скважин (обычно ГК и НГК). В итоге невозможно оценить не только достоверность полученных по данным ГИС фильтрационно-емкостных свойств целевых горизонтов, но даже и расчленения разреза на коллекторы и неколлекторы. В лучшем случае такие материалы позволяют получить некоторое представление о фильтрационной неоднородности целевых горизонтов. При этом не подлежит сомнению, что объективно разрешающая способность методов ГИС существенно более значительна. При достоверных статистически представительных петрофизических и корреляционных зависимостях между петрофизическими параметрами и свойствами горных пород результаты интерпретации ГИС могут служить основой для предварительного обоснования расчетной схемы целевого поглощающего пласта-коллектора и для более уверенного обоснования гидрогеологических параметров, принимаемых для прогнозов гидродинамического влияния захоронения и миграции промстоков. Вместе с тем, несмотря на безусловную полезность геофизической информации при обосновании подземного захоронения, основные параметры для гидрогеологических прогнозов этого захоронения все же должны быть получены по результатам опытно-фильтрационных работ (ОФР). Однако в ряде случаев исполнители работ пытаются выполнить обоснование подземного захоронения промысловых стоков, основываясь только на данных ГИС. В частности, можно привести примеры по обоснованию захоронения на некоторых полигонах в Пермской области и Удмуртии, где прогноз захоронения выполнялся с использованием параметров, установленных практически только по данным ГИС и экспертным оценкам, без соответствующего обеспечения количественными характеристиками, полученными в результате специальных гидрогеологических исследований. Такой прогноз, безусловно, не может считаться достоверным. Попутно заметим, что применение в некоторых случаях для эпигнозных и прогнозных расчетов захоронения математического моделирования (при практически нулевой изученности геолого-литологического разреза пласта-коллектора, его фильтрационных и емкостных характеристик, не говоря уже о плановой и вертикальной фильтрационной неоднородности), можно объяснить только отмечаемой среди некоторых специалистов полной утратой чувства меры и реальности. Это выражается в необоснованной абсолютизации возможностей и «всесилия» математических методов, якобы позволяющих обходиться без дан-

ных нормальных общепринятых гидрогеологических исследований. Неуместность и неадекватность применения математического моделирования в подобных случаях совершенно очевидна.

Имеются также примеры, когда обоснование захоронения жидких отходов выполняется методом аналогии. Например, попытка такого обоснования предпринята для проектных полигонов на Солкинском и Мамонтовском месторождениях нефти в Западной Сибири, где в качестве целевого поглощающего выбран аптальб-сеноманский водоносный комплекс. В этой связи уместно заметить, что, несмотря на относительно простые гидрогеологические условия этого комплекса, его достаточно высокую изученность по опыту исследований и эксплуатации для добычи технических подземных вод с целью заводнения нефтяных пластов и для захоронения подтоварных вод, метод аналогии при обосновании захоронения жидких отходов не приемлем. Это обусловлено, прежде всего, невозможностью без проведения опытных закачек достоверно прогнозировать параметры проектных (в рассматриваемом случае – еще не пробуренных на момент представления отчета в ФГУ ГКЗ) поглощающих скважин (приемистость, устьевые давления, коэффициенты приемистости, суммарные гидравлические сопротивления). По опыту эксплуатации полигонов в Западной Сибири, несмотря на высокие фильтрационно-емкостные свойства аптальб-сеноманского комплекса, коэффициенты приемистости (в зависимости от конструктивных особенностей скважин) и литологической (пусть и небольшой) изменчивости комплекса на разных участках могут существенно отличаться. Их достоверные значения можно установить только по результатам опытных работ. Кроме того, невозможно оценить, насколько еще не пробуренные скважины будут соответствовать требованиям для поглощающих скважин (герметичность, качество цементации обсадных колонн и т. п.).

Тем более метод гидрогеологической аналогии неприемлем при обосновании захоронения в сложных гидрогеологических условиях, таких, например, которыми характеризуется проектный участок захоронения на Лудошурском нефтяном месторождении в Удмуртии, где также обоснование захоронения выполнено по аналогии. Выбранный здесь в качестве целевого окско-серпуховский водоносный комплекс характеризуется крайней неоднородностью фильтрационных свойств в связи с высокой закарстованностью и трещиноватостью водовмещающих карбонатных пород, что, наряду с невозможностью установления по аналогии достоверных фильтрационных параметров пласта, ставит под сомнение саму возможность успешного сооружения скважин, пригодных для закачки отходов, поскольку примеров безводных скважин, пробуренных на участках со сложными условиями (подобных условиям Лудошурского месторождения), более чем достаточно.

Следует также отметить, что довольно часто на действующих и проектных полигонах опытные гидродинамические исследования скважин выполняются эксплуатационными службами нефтепромыслов, не имеющими достаточного опыта решения сугубо гидрогеологических задач, к которым относится и обоснование подземного захоронения отходов. В результате принимаемая методика опытных исследований часто не соответствует той, которая требуется для надежного обоснования захоронения. В нефтяной практике гидродинамические исследования сводятся обычно к одиночным кратковременным гидродинамическим исследованиям скважин. При этом полученные результаты по определению фильтрационных параметров исследуемых пластов считаются вполне удовлетворительными. Однако для обоснования захоронения, особенно на стадии промышленной эксплуатации полигонов и тем более на участках со сложными гидрогеологическими условиями, одиночных закачек или откачек недостаточно. Достоверные фильтрационные параметры можно получить только по результатам длительных кустовых закачек (откачек). Такие исследования с использованием наблюдательных скважин не только на целевой горизонт, но и на смежные водоносные горизонты дают возможность получить, помимо достоверных фильтрационных параметров целевого пласта и дополнительных потерь давлений за счет гидравлического несовершенства скважин, не менее необходимую информацию об отсутствии или наличии гидравлической связи между горизонтами. Достоверность фильтрационных параметров и параметров перетекания (в случае гидравлической взаимосвязи целевых пластов со смежными водоносными или нефтеносными горизонтами) имеет исключительно большое значение, так как определяет достоверность прогнозных расчетов захоронения и его экологическую безопасность. Ошибки в определениях параметров могут привести к недоучету изменений пластовых давлений, что, в свою очередь, может обусловить незапланированные перетоки токсичных отходов в горизонты пресных вод, в нефтесодержащие горизонты, самоизлив из наблюдательных или эксплуатационных, временно незадействованных на полигоне скважин, создавая угрозу недрам и окружающей природной среде.

Серьезным методическим недостатком при выполнении опытных закачек является недостижение в опытах проектных дебитов. Коэффициенты приемистости скважин при разных ступенях возмущения пласта могут отличаться и, как правило, при увеличении дебитов закачки эти коэффициенты уменьшаются. Причем закономерность этого уменьшения часто носит сложный характер и из-за ограниченного объема достоверных фактических данных ее не представляется возможным надежно оценить, что не позволяет уверенно прогнозировать значение коэффициента приемистости при больших, чем достигнутые при опытах, дебитах нагнетания. Аналогичным недостатком также характеризуется метод прогноза устьевых давлений нагнетания путем экстраполяции опытных (мень-

ших) дебитов на прогнозные (большие), особенно на участках со сложными гидрогеологическими условиями, что обусловлено в общем случае нелинейным характером зависимости между расходом нагнетания и устьевым давлением. И это при том, что устьевое давление является одним из важнейших лимитируемых показателей закачки. Экстраполяция допустима на участках с простыми условиями, однако и в этом случае к полученным таким путем результатам следует относиться с осторожностью, так как при увеличении дебита закачки будет увеличиваться скорость движения закачиваемой жидкости по стволу скважины и, соответственно, будут возрастать гидравлические сопротивления как в эксплуатационной колонне, так и в прифильтровой зоне пласта-коллектора. В итоге фактические устьевые давления при заданном высоком дебите могут существенно отличаться от теоретических, определенных экстраполяцией. При этом следует отметить, что построение кривых (прямых) зависимостей давления закачки от дебита возможно только по результатам опытных закачек с контрастными дебитами, отличающимися друг от друга минимум в 1,5–2 раза. Тем не менее, нередки случаи, когда исполнители выполняют опытные закачки с большим числом достаточно хаотично изменяющихся ступеней возмущения пласта, но при этом дебит закачки на разных ступенях отличается незначительно. Результаты таких опытов не пригодны для экстраполяции, а получить на основе таких опытов достоверные фильтрационные параметры пласта затруднительно из-за невозможности схематизации характера изменения давлений (уровней) при хаотично изменяющемся дебите. Уместно заметить при этом, что в любом случае оптимальным вариантом является достижение в ходе опытов проектных дебитов закачки.

К серьезным и достаточно распространенным недостаткам относится невыполнение исследований технического состояния скважин, которые проектируются или уже используются в качестве поглощающих, с помощью геофизических методов, что не позволяет оценить надежность и безопасность проектной системы захоронения. Недропользователи и авторы отчетов нередко не считают нужным учитывать, что прохождение государственной геологической экспертизы невозможно без проведения и надлежащего документального оформления соответствующих исследований скважин полигона захоронения – опрессовок, оценки качества цементации колонн, выявления затрубной циркуляции, определения профиля поглощения и пр. Поэтому возникают очень неприятные казусы. Например, в рассматривавшемся в ФГУ ГКЗ отчете по одному из действующих полигонов захоронения попутных вод в Удмуртии экспертизой были обнаружены данные, показывающие, что в одной из эксплуатируемых поглощающих скважин в глухой колонне имеется 5 «принимающих» интервалов мощностью по 1–1,5 м каждый, находящихся гораздо выше пласта-коллектора. Установлено также, что в эти «дыры» уходит 82 % общего расхода закачки, что однозначно подтверждает необходимость и актуальность проведения таких контрольных исследований.

Нередки случаи, когда на действующих продолжительное время полигонах, особенно в регионах, где поглощающие коллекторы представлены, по мнению недропользователей, устойчивыми породами (обычно закарстованными известняками), поглощающие скважины не оборудованы фильтрами, и закачка отходов ведется в интервалы открытых стволов. Это приводит к тому, что эксплуатационные интервалы открытых стволов во многих случаях оказываются недоступными для изучения с помощью геофизической аппаратуры из-за неровностей необсаженных стенок скважин и вывалов пород в стволы скважин. В результате по этим скважинам невозможно определить реальные интервалы поглощения отходов и эффективные мощности поглощающих горизонтов, что затрудняет возможность обоснования захоронения и разрешения эксплуатации системы захоронения с такими поглощающими скважинами. Поэтому следует иметь в виду, что при проектировании конструкций скважин на участках, планируемых к использованию для захоронения промотходов, установка фильтровых колон даже в устойчивых породах является необходимой и обязательной. Подобные рекомендации, кстати, неоднократно приводились в методической литературе.

Следует обратить внимание на частые ошибки авторов отчетов по обоснованию ПЗ при выполнении прогнозных расчетов распространения закачиваемых стоков в целевых поглощающих пластах. Как правило, такие расчеты основаны на принципе поршневого вытеснения пластовых вод закачиваемыми стоками, что обычно не вызывает возражений экспертной комиссии. Однако при расчетах размеров ореола загрязнения авторы базируются на результатах определения общей пористости пород (полученных по данным ГИС) вместо использования значения активной (динамической) пористости, которая существенно ниже общей. Соответственно, прогнозные радиусы распространения промстоков от поглощающих скважин получаются существенно заниженными. При этом следует отметить, что даже так называемая эффективная пористость, определенная по данным геофизики, обычно больше активной, установленной по результатам миграционных опытов, которые, к сожалению, на полигонах нефтяных месторождений никогда не выполняются. Такие опыты в достаточно большом количестве выполнялись ранее при исследовании различных коллекторов (терригенных и карбонатных) на многих полигонах захоронений радиоактивных и нерадиоактивных отходов, в районах производств, не связанных с нефтедобычей или нефтепереработкой. Результаты этих опытов свидетельствуют, что наиболее характерные значения активной пористости для большинства терригенных и карбонатных коллекторов не превышают 5 % и только для коллекторов, сложенных преимущественно

песками различной зернистости, значение активной пористости может достигать 15–20 %. Однако и в песчаных коллекторах, залегающих на глубинах более 500 м, приуроченных к зонам замедленного и весьма замедленного водообмена, значение активной пористости по данным натурных исследований, как правило, не превышает 10 %. Приведенные значения активной пористости могут и должны служить ориентиром при выполнении прогнозных расчетов миграции стоков в поглощающих целевых пластах-коллекторах.

О недостатках и ошибках при прогнозировании устьевых давлений говорилось выше.

4. Недостаточная изученность физико-химических свойств подземных вод целевых горизонтов и промстоков, подлежащих захоронению.

На большинстве действующих длительное время полигонов захоронения нефтяных месторождений физико-химические свойства подземных вод целевых пластов не изучены. Как правило, качество этих вод характеризуется по аналогии с подземными водами нефтяных пластов или, в лучшем случае, по результатам анализов проб, отобранных из целевых пластов на участках, расположенных на значительном удалении от полигонов, по которым представляются отчетные материалы. Обусловлено это тем, что после строительства поглощающих скважин недропользователи спешно начинали их эксплуатацию, не озаботившись отбором проб пластовой воды. Естественно, что к настоящему времени, когда для эксплуатации полигонов захоронений потребовались, согласно существующему законодательству, соответствующие лицензии, получение которых невозможно без проведения специальных исследований по обоснованию захоронения, оценить качество подземных вод стало уже невозможно ввиду их загрязнения в пределах полигонов закачиваемыми стоками. В подобных случаях качество подземных вод целевых комплексов следует изучать по пробам воды, отобранным из простаивающих скважин (поисковых, эксплуатационных на нефть), расположенных в пределах нефтяного месторождения за границами области распространения закачиваемых стоков и специально проперфорированных в интервалах развития целевых пластов-коллекторов. Но это практически никогда не делается. С вновь проектируемыми полигонами захоронений в этом смысле дело обстоит не на много лучше.

Совместимость промстоков и пластовых вод при их смешении оценивается, как правило, расчетами возможности (или невозможности) выпадения кальцита и гипса. В этой связи следует заметить, что такие расчеты малопродуктивны, потому что когда стоки, формируемые в основном попутными водами, близки по физико-химическим параметрам пластовым водам целевых горизонтов, положительные результаты расчетов заведомо предсказуемы, а когда существенно разнятся, результаты расчетов не всегда однозначны. Безусловно, более достоверно совместимость можно оценить по результатам лабораторных исследований смесей стоков и подземных вод, а также по результатам изучения фильтрации этих смесей и собственно стоков через реальные образцы пород. Однако такие опыты, за редким исключением, практически никогда не выполняются при обосновании ПЗ на нефтяных месторождениях. Между тем достоверная оценка совместимости важна не столько в части прогноза выпадения кальцита и гипса, сколько для определения критериев совместимости, т. е. для определения предельно допустимой концентрации в стоках тех или иных компонентов (особенно твердых взвешенных частиц и остаточных нефтепродуктов), в наибольшей мере способствующих кольматации прифильтровых зон пластов и снижению приемистости поглощающих скважин. Соответственно, по результатам изучения совместимости промстоков подземных вод и вмещающих пород должны вырабатываться мероприятия по предварительной перед закачкой в пласт водоподготовке стоков.

Наиболее реально оценить совместимость закачиваемых стоков, подземных вод и пород целевых горизонтов на действующих полигонах захоронения можно по опыту их эксплуатации. Правда, для этого необходимо осуществлять полноценный мониторинг захоронения с наблюдением за изменением давления нагнетания во времени и приемистости скважин, что, как уже указывалось, на эксплуатирующихся полигонах, как правило, должным образом не выполняется. Несоответствие темпа роста давления нагнетания прогнозируемому, уменьшение коэффициента приемистости, не восстанавливающегося после перерыва в нагнетании, будет однозначно свидетельствовать о кольматации прифильтровой зоны скважины, а возможно, и о формировании песчаной пробки в самой скважине.

В заключение необходимо отметить следующее. Опыт проведения государственной геологической экспертизы отчетных материалов геолого-гидрогеологического обоснования захоронения нефтепромысловых стоков на проектируемых или действующих полигонах захоронения свидетельствует о недостаточной (в большинстве случаев) изученности участков недр для обоснования промышленной эксплуатации полигонов. Часто изученность согласно «Временным методическим рекомендациям по подготовке и рассмотрению материалов при оформлении лицензий на геологическое изучение участков недр, предоставляемых для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» (утверждено распоряжением МПР России № 441-р от 21.10.2002 г.) соответствует только первому этапу геологического изучения недр, что не позволяет разрешить даже опытно-промышленную эксплуатацию полигонов. В этих случаях требуется дополнительное геологическое изучение участков недр путем проведения специальных гидрогеологических разведочных работ. В некоторых случаях, когда сделанный выбор поглощающего горизонта не обоснован или обоснован неудачно, изученность участков не соответствует даже

первому этапу геологического изучения, и необходима постановка работ, соответствующих поисково-оценочной стадии исследований. Но даже в тех случаях, когда опытно-промышленная эксплуатация в течение ограниченного периода (3–5 лет) все же разрешается ГКЗ Роснедра (при условии выполнения вполне конкретных рекомендаций по организации мониторинга процесса закачки), по истечении ее срока оказывается, что изученность участков недр полигонов захоронений не повышается из-за невыполнения рекомендаций экспертизы и условий лицензионных соглашений. В результате в большинстве случаев по имеющимся данным не представляется возможным принять надежно обоснованное решение о параметрах дальнейшей промышленной эксплуатации таких полигонов захоронения. Поэтому экспертным комиссиям ФГУ ГКЗ приходится неоднократно запрашивать дополнительные материалы, требовать проведения дополнительных опытных работ и наблюдений, осуществления доработки или коренной переработки отчетов для обоснования положительных решений.

Опыт рассмотрения в ГКЗ материалов по захоронению промстоков нефтедобычи свидетельствует о том, что все возможности «либеральных» мер по исправлению вышерассмотренной ситуации практически исчерпаны. Следует уже применять более действенные средства, вплоть до отказа от приема на государственную экспертизу отчетных материалов при наличии в них недостатков, перечисленных в настоящей работе, и несоответствии этих материалов требованиям ФГУ ГКЗ. Возможно, что такое ужесточение требований к отчетным материалам послужит серьезным стимулом для полноценного изучения участков недр, предназначенных для ПЗ, и обеспечит полноценное, квалифицированное гидрогеологическое его обоснование. Не менее важной в этом смысле представляется необходимость повышения требовательности территориальных органов управления фондом недр, а также территориальных органов Ростехнадзора, Росприроднадзора и Роспотребнадзора к соблюдению недропользователями требований природоохранных нормативных документов, а также условий лицензионных соглашений.