



**А. А. Логинов**  
канд. геол.-мин. наук  
ООО НТПЦ «Сеноман»<sup>1</sup>  
ведущий специалист  
Login1951@mail.ru

# Недостатки отчетных материалов, посвященных гидрогеологическому обоснованию подземного размещения жидких отходов, по опыту их экспертизы в ГКЗ

<sup>1</sup>Научно-технический производственный центр «Сеноман». Россия, 127422, Москва, Дмитровский проезд 10.

*Рассмотрены недостатки изучения участков недр, предназначенных для захоронения промстоков, и способы исключения этих недостатков*

**Ключевые слова:** подземное захоронение промстоков; полигоны подземного захоронения; геологические отчеты; недостатки обоснования

**В** связи с тем, что подземное захоронение промстоков уже стало почти такой же актуальной задачей, как водоснабжение потребителей подземными водами, на экспертизу в ГКЗ в настоящее время представляется множество отчетов, посвященных решению этой задачи. К сожалению, значительная часть отчетов не соответствует требованиям ГКЗ и поэтому характеризуется многочисленными недостатками.

Прежде чем перейти к их рассмотрению, следует отметить, что эта тема поднимается нами далеко не в первый раз. Ей посвящены статьи, опубликованные в журнале «Недропользование XXI век» в 2007, 2011 и 2013 гг. [4, 5, 6]. Тем не менее, многие недостатки исследований, выполняемых с целью обоснования подземного

районах сосредоточено подавляющее большинство действующих полигонов подземного захоронения (ППЗ) жидких отходов (в основном подтоварных вод) нефте- и газопромислов. Здесь же проектируется и большинство новых полигонов. Поэтому основная масса представляемых в ГКЗ геологических отчетов по проблематике подземного захоронения составлена по результатам изучения участков действующих и проектных полигонов в нефтегазоносных районах. Соответственно, недостаткам исследований, выполняемых с целью обоснования захоронения промстоков именно на таких участках и отчетов, составляемых по результатам изучения последних, и посвящается наша статья.

При этом необходимо отметить, что многих недостатков можно было бы избежать, если бы авторы отчетов более внимательно знакомились с методическим руководством ГКЗ по выбору участков недр для захоронения промстоков и требованиями к отчетным материалам по обоснованию этого захоронения. Кстати, одно из основных требований, предъявляемых к материалам по проблематике подземного захоронения, заключается в том, что эти материалы должны представляться на экспертизу в виде геологического отчета, выполненного по соответствующему ГОСТ(у), независимо от стадии изученности участка полигона. Тем не менее, известны случаи, когда авторы отчетов не желают соблюдать эти требования, обосновывая это совершенно абсурдными аргументами типа того, что представляемые материалы якобы не являются геологическими, они просто направлены на обоснование продления работающего уже длительное время полигона. Естественно, что в связи с этим возникает закономерный вопрос: если материалы не геологические и их не следует оформлять, согласно требованиям ГКЗ в виде геологического отчета, то зачем они представляются в учреждение, в котором ничего другого кроме геологических отчетов определенного целевого назначения не рассматривается? Конечно, этот недостаток не является характерным, но, как ни странно, все же иногда встречается.

Помимо этого экзотического недостатка, есть и вполне характерные недостатки, встречающиеся довольно часто, о которых собственно и пойдет далее речь.

#### **Необоснованность выбора участков захоронения промстоков**

Совершенно естественно, что любой недропользователь заинтересован в получении отчетных материалов высокого качества (обеспечивающих по результатам их рассмотрения положительное решение ГКЗ и, соответственно, воз-

## **Многих недостатков можно было бы избежать, если бы авторы отчетов более внимательно знакомились с методическим руководством ГКЗ по выбору участков недр для захоронения**

захоронения жидких отходов производства и, соответственно, отчетных материалов с результатами этих исследований до сих пор имеют место быть. С целью их искоренения и надеясь на то, что, как говорится «вода камень точит», представляется целесообразным в очередной раз обратиться к рассмотрению этой проблемы в номере журнала «Недропользование XXI век», посвященном проблемам гидрогеологии. Такая специализация номера журнала, наверное, должна способствовать увеличению числа познакомившихся с ним (и соответственно, с нашей статьей) специалистов-гидрогеологов и помочь им в практической деятельности. Немаловажно и то, что настоящая статья составлена по итогам прошедшей совсем недавно, в конце 2017 года в г. Эссентуки, международной конференции, весьма представительной по количеству участников и рассмотренных на ней разнообразных вопросов. Донесение в печатном виде одного из них, а именно вопроса обоснования захоронения промстоков до специалистов, занимающихся его решением, но не присутствовавших на этой конференции, на наш взгляд является необходимым.

Максимальная востребованность в подземном захоронении промышленных стоков имеется в нефтегазоносных районах России. В этих

возможность получения лицензии на захоронение жидких отходов производства) при минимальных финансовых затратах. Однако нередко стремление к сокращению расходов настолько доминирует, что это приводит к неправомерным требованиям недропользователя по выбору участков полигонов. Эти требования затем отражаются в технических (геологических) заданиях. В частности, известны случаи, когда недропользователь (заказчик работ) обязывает исполнителя этих работ (авторов отчетных материалов) обосновать полигон в пределах водозаборного участка, обслуживающего систему ППД. В этом случае возникают сразу две проблемы. Первая заключается в том, что невозможно обосновать необходимость использования одного и того же водоносного горизонта (комплекса) на одном и том же участке недр для добычи подземных вод с целью водоснабжения системы ППД и одновременно для захоронения излишков попутных вод. Ясно, что захоранивать попутные воды (подтоварные воды) вполне пригодные для ППД на водозаборном участке, где добываются подземные воды тоже для ППД, бессмысленно. Вторая проблема еще более значимая и состоит в том, что законодательством в сфере недропользования не предусмотрено указанное двойное использование одних и тех же участков недр и тем более одних и тех же эксплуатационных объектов (водоносных горизонтов, комплексов) и для захоронения промстоков, и для добычи подземных вод.

### **Слабая обоснованность выбора целевых поглощающих пластов-коллекторов**

Это обусловлено тем, что на участках нефтяных месторождений недропользователи практически никогда не проводят специальных гидрогеологических исследований по обоснованию выбора поглощающих пластов, ориентируясь на более или менее изученную часть разреза вблизи продуктивных на нефть пластов.

В результате выбираются целевые поглощающие пласты-коллекторы в изученной части разреза, рядом с продуктивными на нефть пластами (часто между нефтяных пластов). Особенно это характерно для нефтегазоносных районов Европейской части РФ, в пределах которых широко развиты карбонатные пористо-трещиноватые породы (Удмуртия, Пермская область, Республика Коми). При этом надежность изоляции выбранных целевых поглощающих пластов-коллекторов от нефтяных залежей, как правило, весьма проблематична из-за недостаточной мощности (обычно не более первых метров, в лучшем случае, первых десятков метров) пере-

крывающих и подстилающих целевые пласты толщ, отнесенных по геофизическим данным к неколлекторам. Заметим, что доказательства экранирующей способности этих неколлекторов, основанные на данных лабораторных исследований керн и тем более специальных натурных гидрогеологических исследований, практически всегда отсутствуют. В результате по представляемым отчетным материалам невозможно оценить, насколько соответствуют выбранные интервалы закачки фактическому распространению закачиваемых промстоков по вертикали, как это влияет на заводненность нефтяных залежей и какие последствия оказывает закачка на горизонты пресных вод.

Кроме этого, недропользователи в стремлении к сокращению финансовых затрат нередко переводят в разряд поглощающих ставшие ненужными в связи с выработкой нефтяной залежи нагнетательные скважины или выполнившие свои задачи поисково-разведочные и даже эксплуатационные на нефть скважины. Причем не переоборудуют их на пласты-коллекторы с высокими ФЕС, а оставляют без изменения ориентированными на нефтесодержащие пласты, которые обычно характеризуются довольно невысокими фильтрационно-емкостными свойствами. Такие случаи известны по отчетам, в которых представлялись на экспертизу результаты обоснования захоронения подтоварных вод на некоторых полигонах в нефтеносных районах Западной Сибири. На этих полигонах в качестве поглощающих пластов-коллекторов выбраны продуктивные на нефть неокомские пласты (на участках, где они не вмещают нефть). Между тем, по всем критериям оптимальным для захоронения в указанном регионе является апт-альб-сенноманский водоносный комплекс (что доказано многочисленными и многолетними результатами его изучения), который на большинстве полигонов захоронений и используется в этом качестве. Закачка подтоварных вод в неокомские пласты обуславливает необходимость поддержания высоких давлений на устьях скважин, зачастую превышающих допустимые, что чревато нарушением целостности обсадных труб (тем более, что техническое состояние переведенных в поглощающие скважин далеко не всегда удовлетворительное из-за их, как правило, солидного возраста и интенсивной эксплуатации по первоначальному назначению использования), не предусмотренным гидроразрывом поглощающих пластов, а также перекрывающих их водупорных толщ и в итоге негативными экологическими последствиями для недр и природной среды.

**Недостатки, обусловленные невыполнением мониторинга эксплуатации полигонов захоронений**

Нередко ППЗ, особенно в нефтегазоносных районах Европейской части РФ, эксплуатируются без соответствующего контроля процесса захоронения, т.е. гидрогеологического мониторинга. В результате в представляемых на государственную экспертизу отчетах по обоснованию ПЗ отсутствуют сведения о величинах рабочих давлений на устьях скважин, дебитах закачки отходов, реальных интервалах их поглощения и даже о конструкциях поглощающих скважин и их технико-гидрогеологических параметрах (интервалах перфорации, профилях приемистости, коэффициентах приемистости, степени несовершенства).

Одним из наиболее серьезных недостатков является неизученность технического состояния скважин. Последние не изучаются геофизическими методами (акустическая цементометрия, термометрия, резистивиметрия, расходомерия), что не позволяет получить сведения о том, насколько техническое состояние эксплуатируемых или предлагаемых к эксплуатации поглощающих или скважин соответствует требованиям для таких скважин.

Известны случаи, когда техническое состояние скважин нельзя определить с помощью ГИС в связи с тем, что 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 скважин, которые 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, безусловно, затрудняет обоснование захоронения промстоков на таких полигонах. Поэтому следует иметь в виду, что при проектировании конструкций скважин на участках, планируемых к использованию для захоронения промстоков, установка фильтровых колон даже в устойчивых породах является необходимой и обязательной. На это, кстати, неоднократно обращалось внимание в методической литературе.

Как правило, из-за отсутствия наблюдательных скважин на полигонах нефтяных месторождений нет данных контроля состояния недр при эксплуатационной закачке промстоков, со-

ответственно, нет возможности оценить гидродинамические изменения в поглощающих пластах-коллекторах, их взаимосвязь со смежными водоносными горизонтами, фактические размеры 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 промстоков может оказаться непреодолимым препятствием при прохождении отчетов с обоснованием этого захоронения через ГКЗ.

**Недостатки, обусловленные нарушениями технологии и методики исследований, выполняемых с целью обоснования подземного захоронения промстоков, а также ошибками, допускаемыми при обработке результатов этих исследований**

Заметим, что таких недостатков при выполнении обоснований захоронения промстоков допускается особенно много. Именно поэтому только их рассмотрению было уделено внимание в предыдущих наших статьях [5, 6]. Формат настоящей статьи не позволяет снова проанализировать эти недостатки с такой же детальностью. Тем не менее, вкратце остановимся на основных из них.

Не секрет, что неперенным условием обоснования захоронения промстоков в глубокие подземные горизонты является количественный прогноз ожидаемых изменений гидродинамической обстановки при эксплуатации полигонов подземного захоронения (ППЗ), основанный на использовании технико-гидрогеологических параметров поглощающих скважин и гидрогеологических параметров целевых поглощающих пластов-коллекторов. Косвенным методом определения последних являются методы геофизических исследований скважин, с помощью которых можно довольно уверенно расчлнить разрез на коллекторы – неколекторы и получить предварительную характеристику ФЕС проницаемых пластов. Следует отметить, что раньше, когда только началось представление отчетных материалов, посвященных обоснованию захоронения промстоков, на государственную экспертизу, было довольно много недостатков, обусловленных некачественной интерпретацией данных ГИС. В частности, не всегда результаты ГИС характеризовались полноценной петрофизической обоснованностью, часто представлялись только итоговые результаты обработки данных ГИС, без подтверждения их исходным фактическим материалом. Бывали случаи попы-

ток обоснования промышленного захоронения промстоков только по результатам ГИС. В настоящее время отчетные материалы в части результатов ГИС в подавляющем большинстве случаев вызывают значительно меньше нареканий, а получаемые по данным ГИС фильтрационные параметры более или менее объективны, особенно если они установлены для гранулярных пластов. Возможно, сдвиги в лучшую сторону в части представления на экспертизу материалов ГИС обусловлены просветительской работой ГКЗ, не исключено, что и наши статьи тоже положительно на это повлияли (по крайней мере, хотелось бы на это надеяться). Во всяком случае, сегодня авторы отчетов, обогащенные опытом их представления на экспертизу, в большинстве случаев отчетливо представляют себе, что, например, если обоснование захоронения основывается только на результатах интерпретации данных ГИС или на этих данных и опыте эксплуатации соседних полигонов, то рассчитывать ни на что другое, кроме как на рекомендации ГКЗ о необходимости продолжения геологического изучения оцениваемых участков полигонов, нельзя.

Как известно, прямыми методами определения технико-гидрогеологических параметров скважин и фильтрационных параметров пластов-коллекторов являются опытно-фильтрационные работы (закачки и откачки). Только их результаты могут обеспечить получение достоверных параметров (при соблюдении необходимых способов и технологий их определения) и, соответственно, выполнение достоверных прогнозов захоронения.

Как правило, установление реальных технико-гидрогеологических параметров поглощающих скважин не вызывает затруднений, если осуществляется соответствующий полноценный мониторинг опытных работ. Иная ситуация с определением основных гидрогеологических параметров, таких как коэффициенты водопроводимости и пьезопроводности поглощающих пластов-коллекторов. К сожалению, в ряде случаев даже прямые методы исследований этих пластов не позволяют определить достоверные значения их фильтрационных параметров. Причем, в этом нет «вины» самих методов, все дело в том, что методика их выполнения нарушается. Самым существенным нарушением является то, что зачастую параметры определяются по результатам возмущений поглощающих пластов одиночными закачками, при том, что они не способны (как уже на доказано на 100% весьма большим опытом их проведения на участках полигонов в нефтегазоносных районах Западной Сибири и севера Европейской части РФ) обеспечить получение достоверных значений этих

параметров. Несмотря на это, «сплошь и рядом» продолжается обоснование захоронения промстоков с помощью параметров, полученных по результатам одиночных закачек.

Вероятнее всего, это обусловлено автоматическим переносом возможностей одиночных **откачек** на одиночные **закачки**. Как известно, при изучении месторождений подземных вод (при подсчете запасов этих вод) в случаях, когда отсутствует возможность проведения кустовых опытов, довольно часто, по крайней мере, водопроводимость, рассчитывается по результатам одиночных **откачек**, которые обеспечивают получение более или менее объективного значения этого параметра. Однако этого нельзя достичь с помощью одиночных закачек.

Причину этого еще в прошлом столетии объяснил В.А. Мироненко [7]. По его мнению, сжимаемость пород при снижении напора в ходе откачки подземных вод существенно больше упругого расширения этих пород при повышении напора в ходе закачки жидкости в пласт. То есть, для того, чтобы закачать определенный объем жидкости в пласт, необходимо приложить больше усилий (так называемых эффективных напряжений), чем при откачке этого же объема жидкости из пласта. Соответственно, при одинаковых дебитах закачиваемой и откачиваемой жидкости даже без учета скин-эффекта скважин абсолютная величина изменения уровня при закачке должна быть больше таковой при откачке. Очевидно, что в максимальной степени это проявляется в точках возмущения пласта. При кустовых исследованиях, учитывая снижение масштаба возмущения с увеличением расстояния от возмущающей скважины, разница между величинами репрессий и депрессий, а также закономерностями изменения уровня в наблюдательных скважинах становится малозначимой (во всяком случае, не превышающей погрешностей гидрогеологических расчетов), и поэтому установленные по результатам прослеживания этих изменений коэффициенты водопроводимости, независимо от знака возмущения, оказываются практически одинаковыми. Это подтверждено нашими довольно многочисленными исследованиями участков полигонов в пределах Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций [4, 5]. В то же время коэффициенты пьезопроводности, рассчитанные по результатам кустовых возмущений противоположных знаков, обязательно будут отличаться. Это обусловлено тем, что пьезопроводность, помимо зависимости от водопроводимости, при откачках отражает влияние упругой водоотдачи пласта, а при закачках – упругой емкости, которые заметно различаются по величине. На это

обстоятельство обращено внимание в работе В.А. Грабовникова [2] и рекомендовано использовать для прогнозных расчетов захоронения промстоков величину пьезопроводности, установленную по результатам кустовых закачек, с чем нельзя не согласиться.

В связи с вышеизложенным очевидно, что для получения достоверных результатов прогнозов захоронения следует использовать фильтрационные параметры, полученные по материалам кустовых исследований. Однако, если по объективным причинам нельзя провести кустовые откачки или закачки, то в прогнозных расчетах следует использовать водопроводимость, определенную по результатам одиночных **откачек**. Что касается пьезопроводности, то ни одиночные откачки, ни тем более, одиночные закачки не могут обеспечить получение даже ориентировочного значения пьезопроводности. Поэтому допустимо, на наш взгляд, в случае невозможности проведения кустовых возмущений использовать пьезопроводность, установленную по данным ГИС. Как правило, эти данные, согласно очень большому опыту их использования для определения фильтрационных параметров проницаемых пластов в нефтегазоносных районах Западной Сибири, обеспечивают получение довольно объективного значения пьезопроводности этих пластов (особенно – гранулярных), что обуславливает приемлемые погрешности в результатах прогнозов захоронения, тем более, что величина пьезопроводности влияет на достоверность последних не слишком сильно, поскольку в расчетных формулах находится под знаком логарифма.

При этом, помимо несомненной необходимости получения достоверных фильтрационных параметров поглощающих пластов-коллекторов, для выполнения надежных прогнозов роста пластовой репрессии, с практической точки зрения, еще более важно сделать достоверный прогноз устьевых давлений скважин при закачке в них промстоков в течение расчетного срока эксплуатации полигонов, поскольку именно эти давления лимитируются и должны контролироваться в ходе этой эксплуатации.

Выполнение такого прогноза при наличии расчетной (основанной на достоверных фильтрационных параметрах целевого пласта) величины пластовой репрессии на конец расчетного срока эксплуатации и опытных данных об устьевых давлениях, обеспечивающих заданный дебит закачки, легко выполнить простым суммированием значения указанной репрессии и достигнутого в опыте устьевого давления. Несмотря на это, зачастую в отчетах качество прогнозов устьевых давлений не отличается высо-

кой надежностью, что обусловлено либо тем, что не установлены достоверные фильтрационные параметры, либо тем, что в опытах не всегда достигаются проектные дебиты закачек.

Последнее приводит к тому, что устьевые давления без учета роста репрессии во времени за счет неустановившегося режима фильтрации определяются не опытным путем, а экстраполяцией давлений, обеспечивающих небольшие фактические дебиты опытных закачек на более высокие проектные дебиты. Между тем такой прием вряд ли правомерен, поскольку зависимость между устьевым давлением и дебитом (в силу нарушения линейности закона фильтрации, несовершенства скважин, нарушения естественной проницаемости пород при бурении скважин и/или выполнении закачек, гидравлических потерь напора при движении промстоков по стволу скважин, незапланированных гидроразрывов пород и т.п.), как правило, не прямолинейная, и поэтому предугадать угол, на который изменит направление прямая линия графика зависимости давления от дебита и вектор этого направления при увеличении дебита до проектного, невозможно. Следовательно, нельзя достоверно спрогнозировать и устьевое давление при этом дебите. Единственным во всех отношениях безукоризненным способом такого прогноза является опытное обоснование, т.е. результаты представительных по продолжительности опытных закачек, выполненных с дебитами, соответствующими проектным.

Как бы то ни было, одиночные закачки почти всегда на углеводородных месторождениях выполняются на разных режимах по дебиту. Причем нередко количество этих режимов достигает 5–10 и не только на разведываемых участках ППЗ, но и на эксплуатируемых, на которых уже установлена приемистость скважин, и, следовательно, дополнительные их исследования на приемистость не нужны. Между тем, такие разнорежимные закачки, при том, что, по существу, бесполезны, значительно усложняют технологию их проведения и обработку получаемых в ходе закачек результатов. Это в итоге может приводить к большим погрешностям последних.

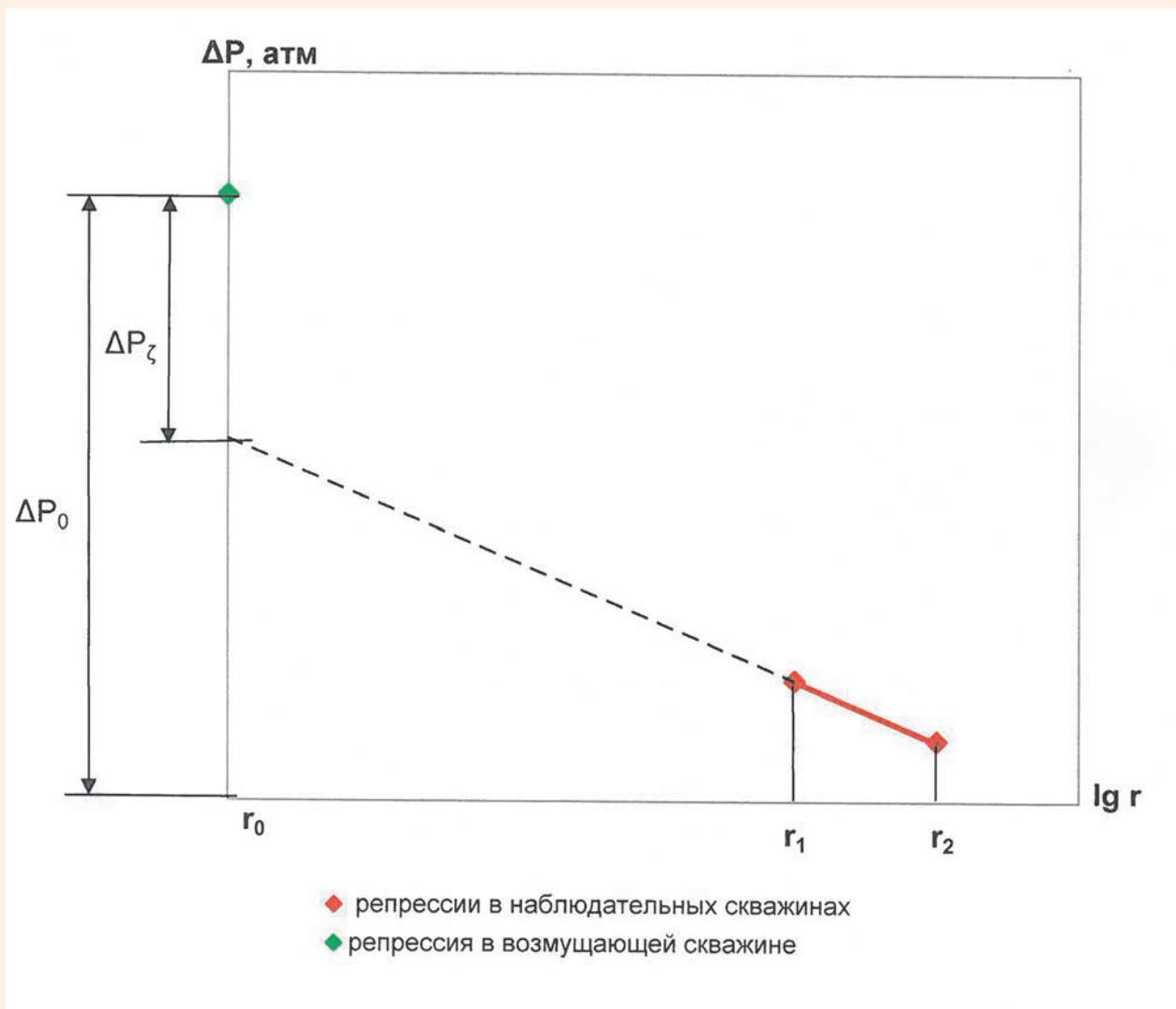
Тем не менее, такие опыты весьма распространены при выполнении работ с целью обоснования захоронения промстоков на полигонах нефтепромыслов. По их результатам обычно строятся так называемые индикаторные диаграммы, по которым некоторые авторы отчетов определяют, например, дополнительные сопротивления поглощающих скважин, которые якобы обусловлены их несовершенством или скин-эффектом. Технология определений состоит в следующем: диаграммы разбиваются на

несколько участков, которые аппроксимируются в виде прямых линий. Пересечение этих линий с осью давлений закачки, по мнению авторов диаграмм, характеризует величины дополнительных давлений, обусловленных скин-эффектом скважин при закачке в них промстоков с тем или иным расходом. Однако доказать правомерность этого авторы, конечно, не могут, потому что отрезки на оси давлений на самом деле характеризуют не дополнительные давления, а начальные ординаты прямых линий, проведенных на индикаторных диаграммах далеко не всегда обоснованно, т.к. выбираются участки диаграмм для последующей их линеаризации довольно произвольно. Кстати, отрезки, отсекаемые на оси давлений такими прямыми линиями, в некоторых геологических отчетах называются «кажущимися» дополнительными сопротивлениями. Заметим, что в традиционной гидрогеологии «кажущимися» принято на-

зывать **ложноквалифицируемые** параметры, что отвечает сути указанных дополнительных сопротивлений, поскольку они ничего общего с реальными дополнительными давлениями, обусловленными гидравлическими сопротивлениями скважин, не имеют. Это следует хотя бы из того, что согласно диаграммам, указанные отрезки номинально характеризуют давление закачки при нулевом дебите, т.е. при отсутствии закачки? Но откуда взяться давлению закачки, если самой закачки нет?

Между тем многочисленные аналитические способы определения дополнительных сопротивлений за счет несовершенства скважин предложены еще в прошлом столетии весьма авторитетными исследователями (Маскет, Н.Н. Веригин, А.Л. Хейн, Хантуш, Ф.М. Бочеввер и др.). Благодаря их работам стало очевидным, что единственным надежным способом определения суммарного «скачка» уровня (давле-

Рис. 1.  
График  $\Delta P - \lg r$



ния), являются кустовые опыты. Все остальные способы, как правило, приводят к получению ориентировочных значений этого параметра. Методика оценки этого «скачка» по результатам кустовых исследований с помощью расчетов или графоаналитическим способом давно известна и изложена в ряде публикаций. Применительно к закачным исследованиям графоаналитический способ (являющийся наиболее удобным и простым) изложен, например, в работе [2, стр. 242]. На наш взгляд, не будет лишним привести здесь позаимствованный из указанной работы типовой график, построенный в координатах  $\Delta P - \lg r$  для того чтобы с его помощью наглядно показать возможность графоаналитического метода оценки дополнительного «скачка» давления в возмущающей скважине при производстве кустовой закачки (рис. 1).

На оси абсцисс этого графика показаны логарифмы расстояний от первой ( $r_1$ ) и второй ( $r_2$ ) наблюдательных скважин до возмущающей скважины с радиусом  $r_0$ . Разница между фактической величиной повышения давления в возмущающей скважине  $\Delta P_0$  и отрезком на оси ординат, полученным в результате продления прямолинейного тренда повышения давления в наблюдательных скважинах до пересечения с этой осью, характеризует суммарный скачок давления ( $\Delta P_?$ ), обусловленный скин-эффектом.

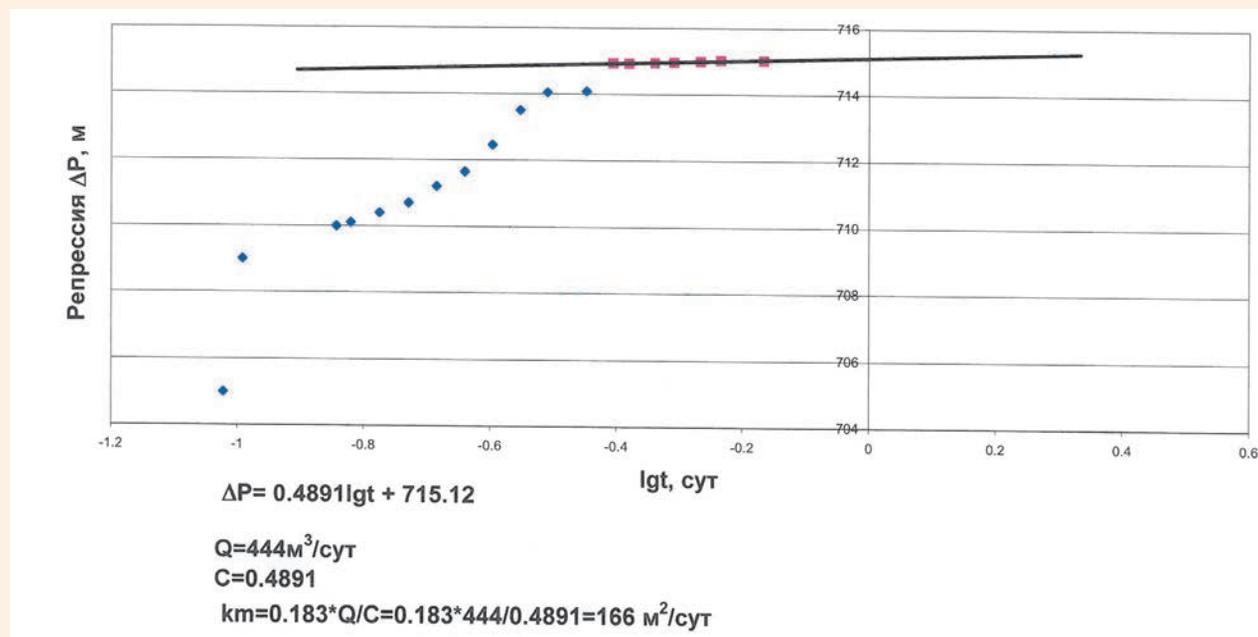
Учитывая изложенное, нет сомнений в том, что охарактеризованное выше «ноу-хау» в части определения дополнительных сопротивлений

скважин за счет их несовершенства по данным одиночных закачек однозначно не может привести к достоверным результатам. Кстати, в основном те же авторы, которые определяют по одиночным закачкам дополнительные сопротивления скважин, рассчитывают и коэффициент приемистости по отношению разницы между предыдущим и последующим дебитами к разнице между давлениями, обеспечивающими эти дебиты, т.е.  $(Q_2 - Q_1)/(P_2 - P_1)$ . Заметим, что получаемый таким способом параметр не отвечает сути (физическому смыслу) коэффициента приемистости, и не лучшим образом сказывается на прогнозах захоронения, поскольку на самом деле, коэффициент приемистости скважины соответствует отношению достигнутого дебита закачки к репрессии, вызванной этим дебитом, т.е.  $Q/\Delta P$ .

При том, что довольно часто у экспертов ГКЗ имеются претензии к достоверности представляемых в отчетах всем известным параметрам, вызывают недоумение, очевидно, известные только авторам этих отчетов параметры типа: («коэффициенты ствола скважины», «подвижности», «радиуса исследования», «радиуса дренирования») и другие не менее экзотические параметры, которые в ходе исследований участков полигонов тоже нередко определяются и представляются в отчетах. Причем эти эксклюзивные параметры в прогнозных расчетах захоронения не используются. В связи с этим возникает закономерный вопрос – зачем они вообще опре-

Рис. 2.

График, построенный по данным, полученным в конце прослеживания снижения уровня после прекращения опытной закачки



деляются и приводятся в отчетах, засоряя их ненужной информацией сомнительного качества?

Следует отметить, что кроме ошибок в определении фильтрационных параметров, обусловленных несоблюдением методики и технологии ОФР, нередко ошибки допускаются при интерпретации результатов опытов, выполненных вполне адекватно.

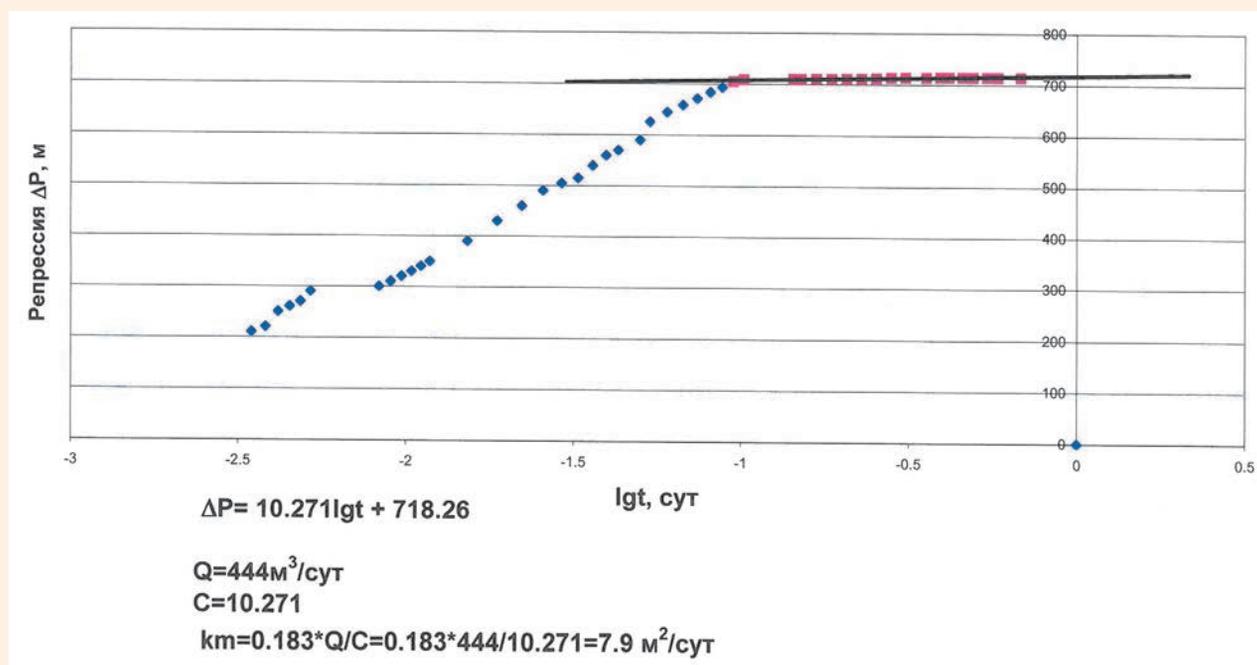
В частности, одной из распространенных ошибок является неправильная обработка полученных по результатам ОФР опытных данных, несмотря на то, что для этого используется, казалось бы, досконально разработанный и в общем легко реализуемый на практике графоаналитический метод. В частности, известны случаи, когда для определения фильтрационных параметров строятся временные графики с использованием не всей полученной в ходе ОФР информации, а только той, которая характеризует изменение уровня (давления) в последний период наблюдений, когда уклон графиков минимальный, если не сказать – мизерный. В результате такой обработки опытных данных получаются даже по результатам одиночных закачек коэффициенты водопроницаемости, сопоставимые с таковыми, установленными по результатам кустовых закачек, чего достичь на самом деле невозможно по изложенным выше причинам. В качестве примера можно привести временной график, позаимствованный из реального отчета, представлявшего совсем недавно на экспертизу в ГКЗ. График построен по результатам прослеживания снижения уровня после

прекращения опытной закачки (**рис. 2**) только в конце наблюдений. Согласно графику, целевой поглощающий пласт-коллектор характеризуется довольно высоким коэффициентом водопроницаемости. Однако, если использовать всю информацию об изменении давления в ходе закачки, то график должен быть таким, каким он показан на **рис. 3**. В соответствии с этим, несомненно, более правомерный коэффициент водопроницаемости должен быть практически на порядок меньше такового, полученного авторами отчета. При этом нет сомнений в том, что именно низкое значение указанного параметра соответствует тому, которое и должно быть получено, если непредвзято обрабатывать опытные данные одиночной закачки.

Довольно часто при обработке опытных данных допускаются ошибки, обусловленные тем, что при построении графиков прослеживания изменения уровня (давления) в ходе закачек ось ординат таких графиков строится не в метрах, как это должно быть на самом деле, а в атмосферах, которые фиксируются обычно используемыми в опытах глубинными манометрами. Это приводит к тому, что в итоге коэффициент водопроницаемости, установленный по графику с осью ординат в атмосферах, оказывается в 10 раз больше такового, полученного по графику, на котором ось ординат построена в метрах. При этом очевидно, что последний позволяет определить правильное значение  $km$ , т.к. угловой коэффициент этого графика ( $C_t$ ), тоже будет измеряться в метрах и, следовательно, при де-

**Рис. 3.**

График, построенный с учетом всей информации, полученной в ходе прослеживания снижения уровня



бите закачки ( $Q$ ) в  $\text{м}^3/\text{сут}$  водопроницаемость по известной зависимости  $km = 0.183Q/C$  получится в  $\text{м}^2/\text{сут}$ , т.е. в той размерности, в которой этот параметр и должен измеряться, в отличие от непонятной его размерности в том случае, если он будет определен по графику с осью ординат в атмосферах.

Можно указать еще на один довольно распространенный недостаток, который допускается при обработке результатов кустовых закачек. Этим недостатком является неучет наследства закачки при обработке результатов восстановления (снижения) уровня (давления) после прекращения опытных кустовых закачек с более или менее постоянным дебитом. На необходимость учета наследства закачки (откачки) при реализации указанного способа обращается внимание практически во всех работах, посвященных методике определения фильтрационных параметров целевых пластов-коллекторов по данным ОФР. Тем не менее, при определении параметров поглощающих пластов-коллекторов на полигонах захоронения промышленных стоков об этом часто забывают. Как известно, влиянием наследства возмущения пласта можно пренебречь при условии, если  $t \leq 0,1T$ , где  $t$  – продолжительность восстановления уровня,  $T$  – продолжительность закачки (откачки). Между тем, в силу разных причин (часть из них указана в работе [5]) после прекращения закачек на восстановление уровня требуется гораздо больше времени, чем после откачек, поэтому указанный временной критерий при возмущении пласта закачками почти всегда превышает, т.е.  $t > 0,1T$  и, следовательно, если параметры определяются по временным графикам, то они должны строиться в координатах  $\Delta P - \lg(t/(t+T))$ , а не  $\Delta P - \lg t$ . Игнорирование этого может, согласно [1], привести к существенной погрешности определения коэффициента водопроницаемости.

**Недостатки, обусловленные необоснованностью количества промстоков, подлежащих захоронению, проектных нагрузок на поглощающие скважины и допустимых давлений закачки этих промстоков**

Обычной практикой является то, что недропользователи в технических заданиях завышают количество промстоков, которые нужно якобы захоронивать. Делается это как бы «про запас», на тот случай, если объем промстоков вдруг значительно увеличится. При этом в стремлении сэкономить на организации и последующей эксплуатации полигонов недропользователи ограничивают количество поглощающих скважин, что приводит к необходимости увеличения нагрузок

на эти скважины по расходу закачиваемых в них промстоков. Это, в свою очередь, обуславливает высокие устьевые давления, которые могут превышать давления опрессовки скважин, что чревато нарушением целостности последних и несоблюдением экологической безопасности при эксплуатации ППЗ, т.к. не гарантирует исключение фильтрации промстоков (нередко токсичных) в нецелевые водоносные горизонты, в том числе горизонты питьевых вод.

Очень часто в отчетах не приводятся фактические данные по давлениям опрессовки поглощающих скважин, которые зачастую являются основным показателем, позволяющим обосновать величину допустимых давлений на устьях скважин при закачке в них стоков. Между тем с опрессовкой скважин нередко возникают проблемы. Дело в том, что на полигонах нефтепромыслов в подавляющем большинстве случаев для закачки промстоков используются не специально пробуренные поглощающие скважины, а переведенные из нефтяного фонда. Обычно они довольно солидного возраста и поэтому не всегда характеризуются хорошим техническим состоянием. При переводе их на целевой пласт-коллектор выполняется установка цементных мостов, изолирующих продуктивные на углеводороды горизонты (как правило, они залегают ниже целевых пластов), и последующая перфорация интервалов для закачки подтоварных вод. Все эти операции, естественно, не способствуют улучшению технического состояния бывших нефтяных скважин, и потому выполнить их опрессовку на нужное давление не всегда удается. Очевидно, что в таких случаях следует ориентироваться на фактически достигнутые давления опрессовки поглощающих скважин и учитывать их при обосновании необходимого для обеспечения проектной производительности полигонов количества этих скважин. Кстати, нередко недропользователи в своих технических заданиях указывают величину допустимого давления закачки, которая ничем, кроме мнения недропользователей, не обоснована. При всем уважении к недропользователям, одного только их мнения для обоснования допустимого давления закачки явно недостаточно.

Известны прецеденты, когда, несмотря на то, что, согласно опытным исследованиям, приемистость поглощающих скважин не может обеспечить без превышения допустимого давления необходимый дебит закачки (и в итоге – суммарную производительность ППЗ), авторы отчетных материалов пытаются обосновывать такую возможность расчетами, согласно которым приемистость скважин увеличивается за счет дополни-

тельной перфорации поглощающих скважин. Не отрицая такой возможности, заметим, что доказывать это следует не расчетами, а результатами опытов, тем более, что, согласно приведенным в работе [2, стр. 145–147] данным, не всегда увеличение длины фильтров поглощающих скважин обеспечивает повышение их приемистости. В частности, согласно указанной работе, на ППЗ Игналинской АЭС первоначально планировалось использовать для размещения промстоков два горизонта – кембрийский и вендский. Это «мотивировалось тем, что при закачке стоков в оба горизонта через соответствующим образом оборудованную скважину проводимость этих пластов суммируется, приемистость увеличивается, и для закачки всего проектного количества стоков достаточно будет одной скважины» [2, стр. 145]. Однако по результатам разведки участка ППЗ выяснилось, что при оборудовании скважины на два горизонта все равно рабочим служит практически только один из них – кембрийский, поскольку в него через поглощающую скважину поступает 90% закачиваемых промстоков. Таким образом, стало очевидным, что увеличение длины фильтровой части скважины и вовлечение в эксплуатацию дополнительно к кембрийскому вендского горизонта не приведет к заметному повышению приемистости скважины. Авторы работы [2] объясняют это тем, что имеются значительные различия в физических свойствах промстоков и пластовых вод. Более легкие, чем пластовые воды, промстоки распространяются только в верхнем кембрийском горизонте, а в нижний вендский горизонт в силу своей «легкости» не могут проникнуть. На наш взгляд, указанный результат может быть обусловлен еще и тем, что верхний горизонт характеризуется более высокими, чем нижний фильтрационными параметрами, за счет чего закачиваемые в скважину промстоки в первую очередь фильтруются в наиболее проницаемые пласты, а до менее проницаемых – просто не доходят. В этой связи нет гарантий и того, что дополнительная перфорация поглощающих скважин, ориентированных, например, на широко используемый в качестве поглощающего в Западной Сибири апт-альб-сеноманский водоносный комплекс, в обязательном порядке приведет к увеличению приемистости этих скважин.

### **Необоснованное применение методов моделирования геофильтрационных и миграционных процессов**

В особую категорию недостатков, на наш взгляд, следует выделить далеко не всегда обоснованное применение методов моделирования геофильтрационных и миграционных

процессов при обосновании подземного захоронения промстоков. Согласно справедливому утверждению, высказанному в работе [3], «в эпоху всеобъемлющей компьютеризации численное моделирование превратилось в своего рода символ передового научного подхода, в важнейший показатель качества проведенного исследования». Между тем, на участках ППЗ моделирование зачастую применяется для обоснования захоронения промстоков даже тогда, когда его эффективность несколько не выше, а иногда даже ниже элементарных аналитических расчетов. Дело в том, что обычно полигоны располагаются на участках с очень непростыми геолого-гидрогеологическими условиями (во всяком случае, это присуще участкам полигонов на нефте- и газопромислах, особенно в Западной Сибири) и часто представляют собой простейшую схему, состоящую из 1–2 поглощающих скважин. Моделирование захоронения в таких условиях, согласно работе [2, стр. 134], «абсолютно лишено каких-либо преимуществ перед аналитическими расчетами и выполняется, таким образом, чисто **бугафорскую функцию**». Несмотря на это, некоторые исследователи используют моделирование даже тогда, когда разрез участка захоронения изучен только по данным ГИС и экспертным оценкам. При этом строятся многослойные модели с разными ФЕС пластов, гидравлически связанных или наоборот не связанных, с разнообразными граничными условиями и другими параметрами, при нулевой изученности исследуемых участков прямыми методами, т.е. опытно-фильтрационными работами, что, конечно, не может обеспечить достоверность прогноза захоронения. Неуместность и неадекватность применения математического моделирования в подобных случаях, на наш взгляд, совершенно очевидна.

Весьма показательным примером явно неоправданной приверженности некоторых специалистов к методу моделирования является следующий. На одном из рабочих заседаний, прошедших в ФБУ ГКЗ по результатам рассмотрения отчета, выполненного с целью обоснования захоронения подтоварных вод, автор отчета заявил, что он всегда при выполнении любых гидрогеологических прогнозов использует метод моделирования. То есть для автора указанного отчета совершенно не имеет значение, есть ли для применения моделирования необходимые данные в достаточном количестве и нужно ли вообще его применять в тех случаях, когда оно заведомо, кроме красивых картинок, не может дать ничего полезного. Вряд ли такой подход к делу можно одобрить.

В заключение следует отметить: автор не теряет надежды на то, что его усилия, направленные на искоренение недостатков исследований, выполняемых с целью обоснования подземного захоронения промстоков,

и, соответственно, недостатков отчетных материалов, составляемых по результатам такого обоснования, увенчаются успехом, чему, вероятно, может способствовать и настоящая статья. 

## Литература

1. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра. 1979. С. 13, 33.
2. Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / Под редакцией В.А. Грабовникова. М.: Недра. 1993. С. 134, 145–147, 242.
3. Ломакин В.А., В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. Численное моделирование геофильтрации. М.: Недра. 1988. С. 3.
4. Логинов А.А., Зильберштейн Б.М., Ловчева Е.С., Сорокин А.Ю. Проблемы гидрогеологического обоснования подземного захоронения нефтепромысловых стоков на полигонах нефтяных месторождений (по опыту экспертиз отчетных материалов в отделе подземных вод ГКЗ) // Недропользование XXI век. 2007. № 3. С. 13–20.
5. Логинов А.А. Некоторые аспекты проведения опытно-фильтрационных работ и обработки их результатов с целью обоснования подземного захоронения промстоков // Недропользование XXI век. 2011. № 4. С. 18–23.
6. Логинов А.А. В очередной раз о недостатках обработки результатов ОФР // Недропользование XXI век. 2013. № 5. С. 84–87.
7. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М.: МГУ. 2001. С. 55, 69.

UDC 553.462.43;556.144/148

**A.A. Loginov**, PhD, Leading Specialist of Scientific and Technical Production Center “Senoman”<sup>1</sup>, Login1951@mail.ru

<sup>1</sup>10 Dmitrovsky proezd, Moscow, 127422, Russia.

# The Shortcomings of Reporting Materials on Hydrogeological Substantiation of Underground Placement of Liquid Wastes in the Experience of their Expertise to the State Reserves Committee

**Abstract.** The shortcomings of the study of subsoil plots for burial of industrial wastes and methods of eliminating these disadvantages.

**Keywords:** underground disposal of industrial wastes; polygons of underground burial; geological reports; lack of justification

## References

1. Borevskii B.V., Samsonov B.G., Iazvin L.S. *Metodika opredeleniia parametrov vodonosnykh gorizontov po dannym otkachek* [Method for determining the parameters of aquifers by pumping data]. Moscow, Nedra Publ., 1979, pp. 13, 33.
2. *Gidrogeologicheskie issledovaniia dlia obosnovaniia podzemnogo zakhroneniia promyshlennykh stokov* [Hydrogeological studies to substantiate underground disposal of industrial wastewater]. Edited by V.A. Grabovnikov. Moscow, Nedra Publ., 1993, pp. 134, 145–147, 242.
3. Lomakin V.A., V.A. Mironenko, V.M. Shestakov. *Chislennoe modelirovanie geofil'tratsii* [Numerical modeling of geofiltration]. Moscow, Nedra Publ., 1988, pp. 3.
4. Loginov A.A., Zil'bershtein B.M., Lovcheva E.S., Sorokin A.Iu. *Problemy gidrogeologicheskogo obosnovaniia podzemnogo zakhroneniia neftepromyslovykh stokov na poligonakh neftyanykh mestorozhdenii (po opytu ekspertiz otchetnykh materialov v otdele podzemnykh vod GKZ)* [Problems of hydrogeological substantiation of underground disposal of oilfield effluents at oilfields (based on experience of examination of reporting materials in the department of underground waters of the State Reserves Committee)]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil use of the XXI century], 2007, no. 3, pp. 13–20.
5. Loginov A.A. *Nekotorye aspekty provedeniia opytно-fil'tratsionnykh rabot i obrabotki ikh rezul'tatov s tsel'iu obosnovaniia podzemnogo zakhroneniia promstokov* [Some aspects of carrying out experimental filtration works and processing their results with a view to justifying the underground disposal of industrial waste]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil use of the XXI century], 2011, no. 4, pp. 18–23.
6. Loginov A.A. *V ocherednoi raz o nedostatках obrabotki rezul'tatov OFR* [Once again, the drawbacks of processing results are testing for underground waters inflow]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil use of the XXI century], 2013, no. 5, pp. 84–87.
7. Mironenko V.A. *Dinamika podzemnykh vod* [The dynamics of groundwater]. Moscow, MGGU Publ., 2001, pp. 55, 69.