

**А.А. Логинов**

канд. геол.-мин. наук
ООО НТПЦ СЕНОМАН
ведущий специалист
эксперт России по недропользованию
Login1951@mail.ru

В очередной раз о недостатках обработки результатов ОФР при обосновании подземного захоронения промстоков

Рассмотрены вопросы методики обработки результатов опытно-фильтрационных работ с целью получения достоверных гидрогеологических параметров поглощающих скважин и пластов-коллекторов для обоснования подземного захоронения промстоков

Considered are the questions of a technique of processing the results of experimental-filtration works for obtaining reliable hydro-geological parameters of absorbing wells and reservoirs for the justification of the underground disposal of industrial wastewater

Ключевые слова: полигон захоронения, промстоки, опытно-фильтрационные работы, поглощающий пласт-коллектор, фильтрационные параметры, репрессия, дополнительные гидравлические сопротивления, несовершенство скважин, скин-эффект

Keywords: landfill, industrial waste, development of filtration, absorbent reservoir bed, filter settings, re-press, additional hydraulic resistance, the imperfection of the wells, the skin effect

О недостатках проведения ОФР, обработки их результатов и способах преодоления этих недостатков при обосновании подземного захоронения промстоков говорилось уже не раз [3, 4], однако, судя по отчетам, представляемым в Государственную комиссию по запасам, они не только не преодолеваются, но, напротив, становятся хроническими.

Поскольку на полигонах (в основном, захоронения промстоков на нефте- и газопромыслах) в подавляющем большинстве случаев ОФР

ограничиваются опытными закачками, обратим внимание на недостатки обработки результатов именно этих работ. Неправильно выполненная обработка результатов закачек приводит к получению недостоверных гидрогеологических параметров пластов-коллекторов и поглощающих скважин, а это, в свою очередь, не позволяет решить одну из основных задач обоснования подземного захоронения промстоков – осуществить достоверный количественный прогноз изменения гидродинамической обстановки на участке полигона в процессе его эксплуатации.

Следует заметить, что причиной получения недостоверных параметров являются, в основном, не ошибки в обработке результатов закачек, а нарушение методики и технологии их выполнения (недостаточная длительность, несоблюдение требуемого количества и качества замеров уровня и дебита, неучет включений/выключений в ходе опыта соседних эксплуатационных скважин, ограничение опытных исследований только одиночными закачками и т.п.). Однако часто низкая достоверность параметров обусловлена именно ошибками, допущенными при интерпретации результатов опытных закачек. Рассмотрим наиболее распространенные.

Одним из самых надежных, представительных, наиболее часто используемых методов интерпретации результатов ОФР для определения основных гидрогеологических параметров пластов-коллекторов является графоаналитический метод. Способы интерпретации (временное, площадное, комбинированное прослеживание изменения уровня подземных вод в процессе возмущения пласта) досконально разработаны и достаточно легко реализуются на практике. При обосновании подземного захоронения промыслов в большинстве случаев используются временные графики, поскольку площадные и комбинированные графики не удается построить из-за ограниченного, как правило, количества скважин (не более 1–2), используемых на полигонах для проведения опытных закачек.

Для получения гидрогеологических параметров пласта по временным графикам должны использоваться угловые коэффициенты (C_v) и начальные ординаты (A_v) прямых линий, которыми аппроксимируются асимптотические участки графиков. Однако нередко вместо этих коэффициентов, характеризующих прямолинейные протяженные участки временных полулогарифмических графиков, используются коэффициенты, найденные при обработке весьма ограниченных участков по фактическим точкам замеров уровня. Причем принимаются в расчет соседние точки, полученные в конце наблюдений, когда различия в значениях замера уровня ничтожны, что обуславливает мизерный уклон графика и, соответственно, столь же мизерный угловой коэффициент C_v . В результате коэффициент водопроницаемости исследуемого пласта получается завышенным (поскольку он обратно пропорционален C_v) по сравнению с тем, который должен был быть получен в случае использования истинного более высокого значения C_v , характеризующего действительный уклон представи-

тельного прямолинейного участка временного графика.

С помощью такого явно неправомерного приема некоторые специалисты умудряются получить даже по результатам одиночных закачек коэффициенты водопроницаемости (km), сопоставимые с установленными по результатам кустовых закачек, чего достичь на самом деле невозможно по целому ряду причин [4]. Всегда (если не использовать всякого рода подгонки и манипуляции) водопроницаемость по результатам одиночных закачек будет несопоставимо меньше полученной по данным кустовых закачек. Поэтому возможность определения по одиночным закачкам достоверного коэффициента водопроницаемости (и тем более коэффициента проницаемости) исключена. Разнообразные ухищрения (типа искусственного уменьшения углового коэффициента временного графика), предпринимаемые с целью определения гидрогеологических параметров пластов-коллекторов по данным одиночных закачек, конечно, не могут способствовать получению их истинных значений. А сами такие ухищрения могут только затруднить прохождение отчетов через ГКЗ.

Обречены на провал и попытки определения по данным одиночных закачек дополнительных сопротивлений поглощающих скважин, обусловленных их несовершенством или скин-эффектом. В данном случае более правильно применять именно последний термин (скин-эффект), т.к. им обычно обозначают комплексный показатель, учитывающий суммарное дополнительное сопротивление (общий «скачок» давления), обусловленное не только собственно несовершенством скважины (обеспечивающим основную долю сопротивлений и, соответственно, дополнительных давлений), но и потерями напора при движении закачиваемой жидкости по колонне труб скважины.

Многочисленные аналитические способы определения дополнительных сопротивлений за счет несовершенства скважин предложены еще в прошлом столетии весьма авторитетными исследователями (М. Маскет, Н.Н. Веригин, А.Л. Хейн, М.С. Хантуш, Ф.М. Бочевар и др.). Благодаря их работам стало очевидно, что единственным надежным способом определения суммарных дополнительных (по сравнению с совершенными скважинами) сопротивлений, в том числе и тех, которые обусловлены потерей напора за счет трения движущейся по обсадным трубам жидкости, пульсации потока и т.д., являются кустовые опыты. Все остальные способы, как правило, приводят к получению ориентировочных значений допол-

нительных сопротивлений и, соответственно, общего «скачка» давления. Методика его оценки по результатам кустовых исследований с помощью расчетов или графоаналитическим способом изложена в ряде публикаций. Применительно к закачным исследованиям графоаналитический способ (являющийся наиболее удобным и простым) изложен, например, в работе [2].

Практика определения дополнительных сопротивлений по результатам одиночных закачек получила широкое распространение, особенно среди гидрогеологов, работающих в нефтяной отрасли: во множестве отчетов, посвященных обоснованию захоронения подтоварных вод на месторождениях углеводородов, приводится оценка скин-эффекта, выполненная на основании результатов одиночных закачек.

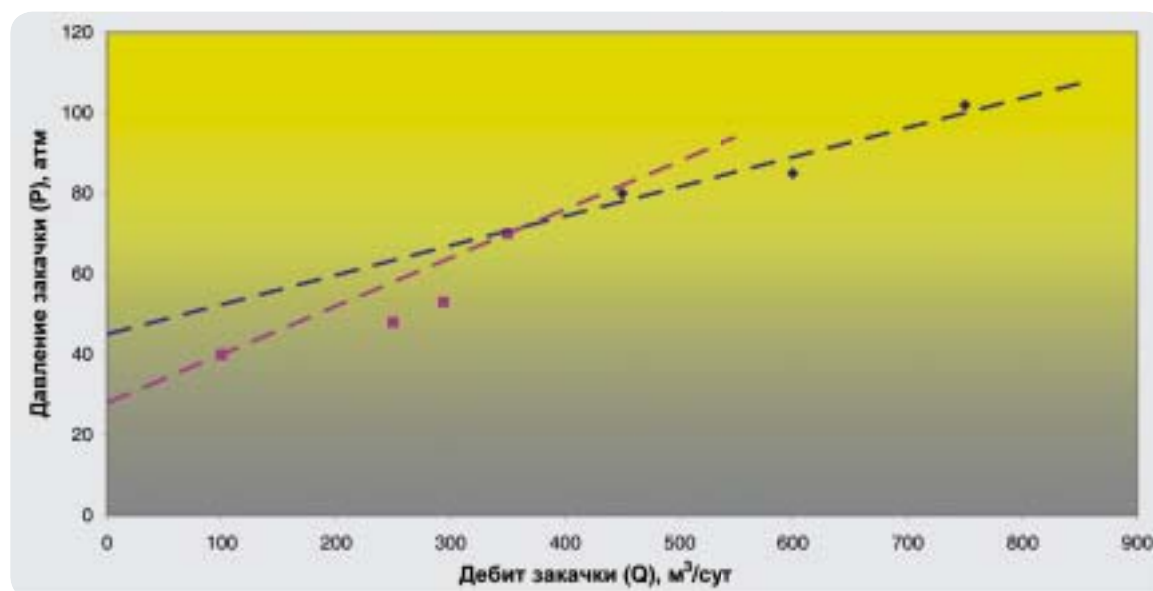
Оценка осуществляется следующим образом. По результатам одиночной, проведенной на разных режимах по дебиту закачки строятся так называемые индикаторные диаграммы (графики зависимости дебита от давления закачки). Затем диаграммы разбиваются на несколько участков, которые аппроксимируются (далеко не всегда обосновано) в виде прямых линий. Пересечение этих линий с осью давлений закачки, по утверждению авторов диаграмм, характеризует величины дополнительных гидравлических сопротивлений (давлений) за счет скин-эффекта при закачке пристоков с тем или иным расходом. Доказать правомерность такого утверждения авторы, конечно, не могут. Собственно, этого сделать вообще никто не сможет, поскольку отрезки на оси давлений характеризуют не дополни-

тельные сопротивления (давления), а начальные ординаты прямых линий, проведенных на индикаторных диаграммах не всегда обоснованно, т.к. выбираются участки диаграмм для последующей их линейризации весьма произвольно. Отрезки, отсекаемые на оси давлений такими прямыми линиями, в некоторых отчетах называются «кажущимися» дополнительными сопротивлениями. И в самом деле, получаемые с помощью такого способа отрезки могут только казаться дополнительными сопротивлениями, на самом деле, конечно, таковыми не являясь. Ведь согласно диаграммам, эти отрезки номинально характеризуют давление закачки при отсутствии самой закачки, т.е. при нулевом дебите.

В качестве иллюстрации на **рис. 1** показана диаграмма, приведенная в одном из отчетов по обоснованию захоронения подтоварных вод, представлявших на экспертизу в ГКЗ. По мнению авторов отчета, дополнительное давление за счет скин-эффекта по одному варианту интерпретации диаграммы составляет порядка 30 атм., по другому – 45 атм. Как видно из диаграммы, значениям давления закачки соответствует нулевой дебит. Но откуда взятась давлению закачки, если самой закачки нет?

Кроме отсутствия какого бы то ни было теоретического обоснования такого способа определения дополнительных давлений его несостоятельность подтверждается и фактическим опытом закачек, которые всегда осуществляются при устьевом давлении на устье

Рис. 1.
Индикаторная диаграмма



поглощающей скважины значительно больше того, которое может быть получено расчетом при суммировании установленного с помощью индикаторных диаграмм «кажущегося» дополнительного давления и прогнозной пластовой репрессии. Однако авторы отчетов не обращают на это внимание, и с упорством, достойным лучшего применения, продолжают определять по результатам одиночных закачек, выполненных на разных режимах якобы дополнительные давления закачки, обусловленные скин-эффектом.

Кстати, закачки на нескольких режимах по дебиту для обоснования подземного захоронения промстоков не всегда оправданы. Проведение таких опытов целесообразно, когда требуется установить зависимость дебита от давления закачки и, соответственно, определить возможную максимальную производительность (приемистость) поглощающих скважин. Однако часто, как показывает опыт рассмотрения в ГКЗ отчетов по проблематике подземного захоронения на нефтяных месторождениях, разнорежимные одиночные, а иногда и кустовые закачки выполняются на уже действующих полигонах (с целью обоснования продления их работы), где приемистость скважин давно установлена по результатам их эксплуатации. Поэтому проводить закачки на разных режимах, усложняя производство опытных работ, нет смысла, даже если речь идет об обосновании нагрузок на проектные скважины. Проще и правильнее выполнить закачку на одном режиме с максимальной нагрузкой по дебиту, возможность достижения которой без превышения допустимого давления закачки на действующем полигоне уже доказана по опыту его эксплуатации. Тем более, не имеет смысла выполнять закачки, как это нередко бывает на полигонах нефтяных месторождений, с чрезмерно большим количеством режимов (до 5–10) по дебиту. Такое количество режимов даже на проектных участках захоронения, на наш взгляд, малополезно, не говоря об участках, по существу, разведанных и успешно эксплуатируемых

с целью захоронения промстоков в поглощающие пласты-коллекторы.

Можно указать еще на один довольно распространенный недостаток, который допускается при обработке результатов закачек. Речь идет о неучете наследства закачки при обработке результатов восстановления (снижения) уровня (давления) после прекращения опытных кустовых закачек с более или менее постоянным дебитом. Кстати, на полигонах не всегда обоснованно отдается предпочтение способу определения фильтрационных параметров по данным прослеживания изменения уровня после прекращения закачек, а не в ходе их выполнения, что часто приводит к недополучению опытной информации. Как бы то ни было, на необходимость учета наследства закачки (откачки) при реализации такого 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, как правило, забывают. Как известно, влиянием наследства возмущения пласта можно пренебречь при условии, если $t < 0,1T$, где t – продолжительность восстановления уровня, T – продолжительность закачки (откачки). Между тем, в силу разных причин [4] 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 $\Delta P - \lg \frac{t}{t+T}$, а не $\Delta P - \lg t$.

Игнорирование этого может, согласно [1], привести к существенной погрешности определения коэффициента водопроводимости, что недопустимо при обосновании захоронения промстоков. ■

Литература

1. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М. 1979. С. 326.
2. Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков / Под ред. В.А. Грабовникова. М. 1993. С. 335.
3. 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.
4. 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.