

Рамазанов А.Ш., Валиуллин Р.А.
Башкирский государственный университет, НПФ "ГеоТЭК"
Осадчий В.М.
ЗАО "Нефтегеотехнология"
Хамитов Р.А.
Управление по недрам Республики Башкортостан

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ СКВАЖИН

Гидродинамические методы основаны на измерении давления и расхода жидкости в скважине. Особая ценность гидродинамических исследований (ГДИ) заключается в возможности зондирования пласта, т.е. в определении гидродинамических параметров пласта и призабойной зоны: пластового давления, коэффициента продуктивности пласта, гидропроводности, скин-фактора [1,2].

ГДИ с целью зондирования пластов ранее проводились и проводятся в основном лабораториями НИПИ и ЦНИПров. Эти исследования следует определить как **специальные** ГДИ, когда подготовка скважины к исследованиям и измерения должны удовлетворять определенным требованиям. Например, скважина перед исследованиями в течение длительного времени эксплуатируется в неизменном режиме, в процессе исследований не должны изменяться режимы работы соседних скважин, тщательно измеряют дебит в работающей и остановленной скважине и др.

Гидродинамические исследования пластов геофизиками традиционно выполняются с помощью испытателей пластов на трубах (ИПТ). Изменения в последние годы здесь произошли, в основном, в методах регистрации и обработки информации. Для регистрации кривых изменения давления стали использовать автономные цифровые манометры (АЦМ-1,2; КСА-А2; МТГ-25 и др.). Разработаны специальные системы автоматизированной обработки на ЭВМ, реализующие классические алгоритмы ручной обработки и новые алгоритмы. Среди этих систем можно отметить такие, как ГДИ-Эффект или FS-Гидродинамика (ЦГЭ, г.Москва) [3], Гидрозонд (БашГУ, г.Уфа) [7] и др. Считается, что исследования пластов ИПТ теоретически и методически достаточно обоснованы. Имеются монографии, руководства и инструкции.

С появлением дистанционных и автономных цифровых манометров в практике геофизических исследований скважин (ГИС) в последние годы появилась возможность получения новой информации, обрабатываемой как данные ГДИ. Эти данные получают не в результате специальных ГДИ, а в процессе обычных геофизических исследований при освоении скважины компрессором, свабом или струйным насосом. Обычно для определения гидродинамических параметров пласта используется кривая изменения давления (КИД) во времени $p(H,t)$ на глубине H , например, зависимость давления от времени после прекращения воздействия на пласт (после компрессирования, после свабирования, после прекращения отбора из скважины струйным насосом). На рисунках 1 и 2 в качестве иллюстрации приведены диаграммы изменения забойного давления при свабировании скважины и при освоении скважины струйным насосом УГИС.

Обрабатываемые данные представляют собой:

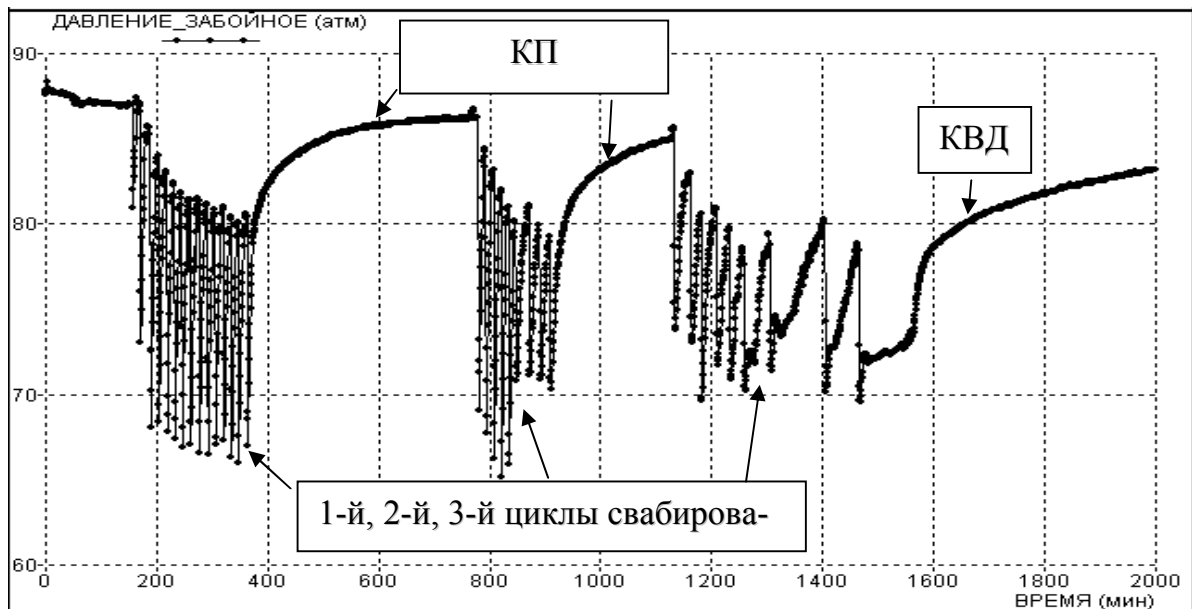


Рис. 1 Пример изменения забойного давления во времени при свабировании скважины. (Данные ЗАО "Нефтегеотехнология")

- изменение давления в течение времени, включающем весь период компрессирования, свабирования скважины или работы УГИС, зарегистрированное автономным манометром, установленным на определенной глубине в стволе скважины (рис. 1, 2);
- кривую изменения давления после прекращения компрессирования или свабирования скважины, зарегистрированную автономным либо дистанционным манометром при открытом или закрытом устье скважины;
- несколько фрагментов КИД на определенной глубине во времени, зарегистрированных дистанционной аппаратурой после компрессирования или свабирования

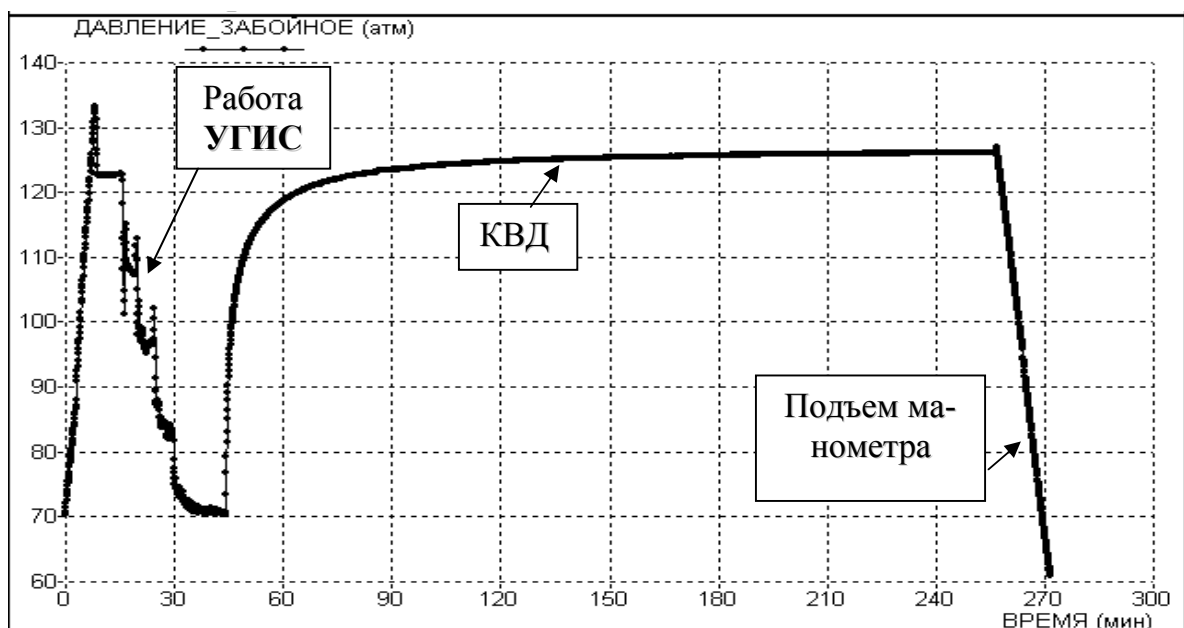


Рис.2 Изменение забойного давления при исследовании пласта с УГИС. (Данные ЗАО "Нефтегеотехнология")

ния в перерывах между регистрацией данных других геофизических методов вдоль ствола скважины;

➤ КИД и данные об изменении уровней в стволе остановленной скважины, когда геофизическими методами определены положения газожидкостного раздела (ДУ) и нефтеводораздела (НВР).

Во всех 4-х случаях на поверхности могут быть измерены объемы отбираемой из скважины жидкости.

Принята такая формулировка относительно КИД:

- КИД называют кривой восстановления давления (КВД), если восстановление давления в пласте и скважине происходит при закрытом устье скважины;

- КИД называют кривой притока (КП), если восстановление давления зарегистрировано при открытом устье скважины. При этом обычно говорят о данных, полученных методом КВУ либо по технологии КВУ (кривых восстановления уровня). Методом КВУ можно получить данные об уровнях и КП в остановленной скважине. Изменение забойного давления обуславливается продолжающимся притоком жидкости из пласта и подъемом уровня жидкости в стволе скважины.

Цель данной статьи - обратить внимание на особенности ГДИ при освоении скважины по сравнению со специальными гидродинамическими исследованиями. Эти особенности важно учитывать при обработке данных:

➤ деление КИД на КВД и КП, конечно же, условно. "Чистая" КВД представляет собой КВД при отсутствии притока жидкости из пласта в ствол остановленной скважины, на реальных КВД всегда есть влияние продолжающегося притока жидкости из пласта. В принципе, всегда можно говорить о КИД (или о КВД) и добавлять информацию об условиях ее получения. Деление КИД на КВД и КП лишь характеризует условия проведения опыта и заранее свидетельствует о возможности или невозможности использования некоторых алгоритмов при их обработке. Необходимо только иметь в виду, что КИД, зарегистрированная при закрытом устье скважины и только поэтому названная "КВД", необязательно будет содержать в себе участок чистой КВД и может быть обработана по алгоритмам обработки КВД. Например, значительная часть КВД, зарегистрированной после снижения уровня жидкости компрессором или свабом в малодобитной скважине, практически совпадает с КП и не может быть обработана по алгоритмам обработки КВД;

➤ при наличии нескольких работающих перфорированных пластов в исследуемом интервале скважины обработка данных ГДИ с целью определения параметров пластов без специального обоснования неправомерна. Найденные параметры в этом случае будут средними для этих пластов с неизвестным характером усреднения;

➤ отсутствует специальная подготовка скважины к исследованиям. При компрессировании или свабировании скважины в течение некоторого времени происходит снижение забойного давления (и даже необязательно монотонное!), затем прекращение воздействия и восстановление при открытом или закрытом устье скважины. Цикл снижения и восстановления давления может быть повторен несколько раз (см. рис. 1).

➤ часто регистрации КИД предшествуют различные технологические операции, связанные с ремонтом или воздействием на исследуемые пласты;

➤ в процессе вызова притока с помощью компрессора, сваба или струйного насоса обычно измеряют не дебит жидкости из пласта, а объемы отбираемой из скважины жидкости на поверхности;

➤ КИД, полученные дистанционной аппаратурой попутно с регистрацией других геофизических полей при решении основной задачи на скважине, могут носить подчиненный характер, и тогда их регистрация должна вписываться в технологию решения основной задачи. В итоге на КИД могут отсутствовать отдельные участки;

➤ при обработке КИД и уровней появляется возможность использования данных других геофизических методов для оценки плотности, состава флюида в стволе, работающих интервалов.

Очевидно, что не по любым данным ГДИ, полученным при освоении скважины, может быть определен весь комплекс параметров пласта. Возможность использования в этих условиях классических алгоритмов обработки, таких, как: метод анаморфозы в полулогарифмических координатах (МДХ), метод Хорнера, обобщенный дифференциальный метод (ОДМ), операционные методы Баренблатта и др. еще никем не исследована. Зондирование пласта основано на связи между дебитом и депрессией на пласт, для эффективного решения этой задачи одновременно с КИД необходимо иметь информацию об изменении дебита во времени при освоении скважины. Основные трудности в обработке данных ГДИ связаны именно с погрешностями определения дебита [8]. Для малодебитных скважин непосредственно измерять дебит в скважине практически не удастся. Вычисление дебита по самой КИД приводит к неизбежным погрешностям, а для отдельных периодов воздействия на пласт и вовсе невозможно.

При невозможности получения полной информации об изменении дебита ГДИ с целью зондирования пласта целесообразно организовать таким образом, чтобы данные максимально зависели именно от параметров пласта и в минимальной степени - от граничных условий, от процессов, происходящих, в стволе исследуемой скважины и в других скважинах. Этим требованиям удовлетворяет, к примеру, испытание пластов испытателями на трубах (ИПТ) и регистрация КВД в скважине с одним перфорированным пластом с минимальным притоком жидкости в ствол остановленной скважины (УГИС).

Понятно желание провести количественную обработку всех данных ГДИ в более полном объеме, в том числе и с целью определения гидродинамических параметров пласта, тем более, что средства автоматизированной обработки для этого имеются практически во всех геофизических предприятиях [3-7]. Естественно, объем и достоверность информации, полученной по различным технологиям, будут разными.

ВЫВОДЫ

1. Гидродинамические поля - источник дополнительной информации, часто получаемой при освоении скважин попутно. Интерпретация и обработка данных ГДИ и геофизических исследований должна быть комплексной. ГДИ легко вписываются во все известные технологии освоения нефтяных скважин.

2. Для обработки данных ГДИ имеются автоматизированные системы. Анализ реализованных в них алгоритмов показывает безусловную возможность их использования для обработки данных, полученных по стандартным технологиям специальных гидродинамических исследований. Это, прежде всего, КВД после остановки скважины, проработавшей с известным постоянным дебитом (расходом) и КИД при известном изменении дебита жидкости.

3. Использование классических алгоритмов для обработки данных ГДИ, полученных по нестандартной технологии при освоении скважин с помощью компрессора, сваба или струйного насоса, не всегда оправдано. Для обеспечения

большей достоверности результатов обработки необходимо провести комплекс теоретических и опытно-методических работ. Такие работы применительно к компрессорному освоению раньше проводились в тресте "Спецнефтегеофизика" и теперь возобновляются в ОАО "Башнефтегеофизика" и ЗАО "Нефтегеотехнология" (совместно с кафедрой геофизики Башгосуниверситета) для новых технологий освоения скважин с применением сваба и УГИС.

4. Представляется неверным утверждение о том, что параметры пласта можно определять по любой кривой изменения давления во времени. Для гидродинамического зондирования слабопродуктивных пластов, когда невозможно получить полные данные об изменении дебита за весь период освоения скважины, оптимальными являются технологии исследований, когда на регистрируемые КИД наибольшее влияние оказывают искомые параметры пласта. КВД, зарегистрированная в скважине после быстрого перекрытия ствола скважины и с минимальным объемом подпакерного пространства (например, при использовании ИПТ или струйного насоса), гораздо предпочтительней (с точки зрения зондирования пласта) КИД, зарегистрированных после свабирования или компрессирования малодебитных скважин. Отдельные кривые притока и уровенные замеры в малодебитных скважинах больше подходят для расчета изменения дебита во времени и лишь для оценки продуктивности пласта.

5. Для определения скин-фактора пласта по данным КВУ необходимо разработать специальные оптимизационные алгоритмы обработки, учитывающие реальную предысторию изменения давления в скважине.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М.* Подземная гидромеханика: Учебник для вузов. - М.:Недра, 1993. - 416 с.

2. *Шагиев Р.Г.* Исследование скважин по КВД. - М.:, 1996.

3. *Медведев А.И., Боганик В.Н. и др.* Программно-методический комплекс "FS-ГИДРОДИНАМИКА в среде MS Windows". (Описание программ и методическое руководство). - М.: 1996 г.

4. *Швецова Л.Е., Аржиловская Н.Г.* Автоматизированная обработка данных ГИС при контроле за разработкой нефтегазовых месторождений Западной Сибири. - НТС "Каротажник", № 29, 1996, с.68-80.

5. *Кременецкий М.И., Ипатов А.И.* Принципы автоматизированной обработки и интерпретации материалов ГИС-Контроля в системе "ГЕKKОН". - НТС "Каротажник", № 30, 1997, с.77-82.

6. *Бувевич А.С., Коришков С.Н.* Программные средства обработки данных исследований обсаженных скважин "Оникс". - НТС "Каротажник", № 31, 1997.

7. *Рамазанов А.Ш., Ремеев И.С., Гумеров И.Р. и др.* Автоматизированная система обработки данных гидродинамического зондирования пластов "Гидрозонд". - НТС "Каротажник", № 30, 1997, с.74-77.

8. *Хасан Акрам, Вольпин С.Г., Мясников Ю.А. и др.* Исследования малодебитных скважин в России. - Нефтегазовое обозрение, весна 1999 г., с.4-12.

Электронные адреса авторов: RamazanovAS@bsu.bashedu.ru;
KGF@bsu.bashedu.ru