

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/254529034>

Testing and Analysis of Wells Producing Commingled Layers in Priobskoye Field (Russian)

Conference Paper · October 2008

DOI: 10.2118/117411-RU

CITATION

1

READS

144

5 authors, including:



[Alfred Ya. Davletbaev](#)

Bashkir State University

51 PUBLICATIONS 146 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Erdal Ozkan](#)

Colorado School of Mines

163 PUBLICATIONS 1,495 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



New Deconvolution Approach Based on Laplace Transformation [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Alfred Ya. Davletbaev](#) on 31 October 2014.

The user has requested enhancement of the downloaded file.



SPE 117411

Исследование и анализ результатов испытания многопластовых скважин Приобского месторождения

Альфред Давлетбаев, РН-УфаНИПинефть, Erdal Ozkan, SPE, Colorado School of Mines, Андрей Слабецкий, РН-Юганскнефтегаз, Вячеслав Никишов, КНТЦ НК «Роснефть», Тимур Усманов, РН-УфаНИПинефть.

Copyright 2008, Society of Petroleum Engineers

This paper was prepared for presentation at the 2008 SPE Russian Oil & Gas Technical Conference and Exhibition held in Moscow, Russia, 28–30 October 2008.

This paper was selected for presentation by an SPE program committee following review of information contained in an abstract submitted by the author(s). Contents of the paper have not been reviewed by the Society of Petroleum Engineers and are subject to correction by the author(s). The material does not necessarily reflect any position of the Society of Petroleum Engineers, its officers, or members. Electronic reproduction, distribution, or storage of any part of this paper without the written consent of the Society of Petroleum Engineers is prohibited. Permission to reproduce in print is restricted to an abstract of not more than 300 words; illustrations may not be copied. The abstract must contain conspicuous acknowledgment of SPE copyright.

Резюме

В данной работе описана технология мониторинга многопластовой нагнетательной скважины и ее применение при исследовании многопластовых скважин на неустановившихся режимах. Технология одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) активно используется в компании «Роснефть»: около 150 скважин на Приобском месторождении оснащены компоновками для ОРЗ. Компоновка ОРЗ - это инструмент, состоящий из системы пакеров, регуляторов расхода и датчиков давления, позволяющий перераспределять закачку в несколько пластов. Возможность регулирования расходом жидкости в пласты позволяет вводить в разработку слабодренлируемые объекты и проводить гидродинамические испытания каждого объекта в многопластовых объектах. В настоящее время с помощью компоновки ОРЗ можно распределять закачку по пластам, но она не позволяет регистрировать изменение расхода жидкости на объектах испытания. Настройка клапанов осуществляется на поверхности скважины. При этом привлекаются данные профиля приемистости из промыслово-геофизических исследований (ПГИ). Главными преимуществами данной технологии является значительное снижение общей длительности и стоимости исследований, получение индивидуальных свойств и приемистости каждого пласта.

Целью работы является использование компоновки ОРЗ для гидродинамического исследования многопластовых месторождений с совместной эксплуатацией пластов. Для иллюстрации применения технологии ОРЗ при проведении гидродинамических исследований скважин на неустановившихся режимах проведен анализ результатов измерений для скважин Приобского месторождения. Также в работе приведены результаты специальных гидродинамических исследований методом установившихся закачек в однопластовых нагнетательных скважинах. Проведение этих исследований обусловлено необходимостью изучения процессов влияющих на развитие трещины при закачке жидкости в пласт и ее влиянием на увеличение приемистости скважин. Полученные данные используются при регулировании приемистости в скважинах с ОРЗ и при планировании исследований методами установившихся закачек и регистрации кривой падения давления (КПД).

Введение

К особенностям Приобского месторождения относятся крупные размеры залежи, сложное геологическое строение и резкая изменчивость свойств продуктивных пластов по площади и разрезу. Низкой продуктивностью коллектора обусловлена необходимость применения специальных решений, таких как объединение двух-трех объектов для совместной эксплуатации единой сеткой скважин, применение интенсивной системы заводнения и массовое внедрение гидроразрыва пластов (ГРП) на большей части эксплуатационного фонда. Нефтеносные горизонты отличаются невыдержанностью по площади месторождения; в связи с этим имеются скважины, вскрывшие как один из объектов и более, причем в различных комбинациях. Совместное освоение их диктует необходимость контролировать вклад каждого горизонта в объем добычи или закачки по скважинам. Для этого необходима точная информация о свойствах и добычных характеристиках пластов, а также о давлении на режимах работы скважин.

В компании ведутся работы по разработке технологий для эффективной разработки многопластовых месторождений. В силу специфики данного месторождения приоритетными задачами являются:

- уточнение фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) и добычных характеристик объектов и слагающих их пластов,
- контроль и мониторинг равномерной выработки пластов,
- перераспределение закачки в многопластовых зонах,

- исследование зависимости приемистости нагнетательных скважин при превышении забойного давления выше давления разрушения породы,
- контроль за развитием трещин ГРП в нагнетательных скважинах.

Эти цели во многом схожи с идеями, лежащими в основе технологий заканчивания «умных» скважин и ДНФС (см., например: Bussear и Barrilleaux, 2004, и Barrilleaux и Boyd, 2008). Для многих месторождений, которые разрабатываются на суше, в том числе и для Приобского месторождения ключевым вопросом при поиске оптимального заканчивания скважины является стоимость операций. Как правило, она отталкивает от использования этих новых технологий. Оптимальной с этой точки зрения является технология, которая разрабатывается в НК «Роснефть». Это технология одновременно-раздельной закачки (ОРЗ), которая позволяет управлять скоростью закачки и оптимизировать заводнение пластов. В отличие от других подобных ей технологий, которые ориентированы на большие объемы закачки, компоновка ОРЗ в настоящее время не является полностью автоматизированной и не имеет полного дистанционного управления. Спуско-подъемные операции для настройки клапанов, установка пакеров и других разноплановых операций осуществляется канатным способом.

На сегодняшний день технология ОРЗ используется приблизительно на 150 скважинах Приобского месторождения. Возможность измерения забойного давления в каждом пласте, реализованная в ОРЗ, позволяет проводить одновременно-раздельные исследования всех пластов. При этом по сравнению с последовательным исследованием каждого пласта значительно сокращается общая длительность и стоимость измерений динамических параметров и приемистости скважин. Другим преимуществом технологии является гибкость в отношении разных видов заканчивания скважин, а также отсутствие ограничений по величине расхода жидкости в пласты.

При проведении исследований методом регистрации кривой при закачке жидкости с последующей остановкой скважины оборудование должно обеспечивать эффективную изоляцию пластов. Для того, чтобы каждую кривую на неустановившемся режиме можно было проанализировать стандартными методами интерпретации данных. Для этого необходимо использование данных по дебитам и изменению забойных давлений каждого пласта (Kuchuk и др., 1986; Ehlig-Economides и Joseph, 1986 и 1987, Vidaux и др., 1992). Компоновка ОРЗ является инструментом, который регулирует распределение закачки по пластам и не позволяет проводить измерения расходов по пластам. Для получения желаемого распределения закачки по пластам на поверхности осуществляется настройка клапанов компоновки ОРЗ. При интерпретации результатов исследований задаются приемистости пластов по расходомерии на установившемся режиме притока. Использование последнего стабилизированного расхода жидкости при обработке результатов гидродинамических исследований довольно часто используется на практике (Nogner, 1951). Это допущение позволяет делать хорошую оценку фильтрационно-емкостных свойств и приемистости пластов с незначительными затратами на проведение исследования.

В работе приведены основные принципы работы технологии ОРЗ. Рассмотрена возможность применения ОРЗ для испытания скважин с практическими примерами исследования скважин Приобского месторождения. Кроме того, рассматривается вопрос о развитии трещин ГРП и рост коэффициента приемистости нагнетательных скважин. Приведены результаты специальных гидродинамических исследований однопластовых скважин методом установившихся закачек.

Технология одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) в многопластовых скважинах

Технология ОРЗ применяется при заметном преобладании закачки в один или несколько пластов при незадействованных или слабо задействованных остальных. При эксплуатации скважин в результате существенного различия в приемистости происходит прорыв воды по одному из пластов, рост обводненности в соседних добывающих скважинах. ОРЗ позволяет через одну нагнетательную скважину производить закачку в несколько продуктивных горизонтов и контролировать объем закаченной жидкости в каждый пласт. Таким образом, применение ОРЗ позволяет равномерно заводнять многопластовые объекты, характеризующиеся неоднородностью по фильтрационно-емкостным свойствам. Кроме того, технология позволяет проводить одновременно-раздельное гидродинамическое исследование нескольких пластов.

Реализация схемы компоновки ОРЗ с системой пакеров и регуляторами расхода (клапаны) приведена на фиг. 1. Система пакеров необходима для эффективной изоляции пластов, в то время как настройка клапанов позволяет регулировать объем закачки в каждый пласт. В данной комплектации компоновки ОРЗ через одну общую колонну осуществляется закачка в несколько пластов. При этом закачка распределяется по пластам через контролирующие клапаны, которые расположены в боковых карманах скважинных камер. Клапаны настраиваются на поверхности; а компоновка опускается и извлекается канатным способом. Общий объем закаченной жидкости во все пласты измеряется скважинным расходомером, расположенным на поверхности, а расходы в каждый отдельный пласт вычисляются по настройке клапанов.

На фиг. 2 приведено изменение профиля приемистости скважины 8751 после оснащения скважины компоновкой ОРЗ. В результате применения технологии ОРЗ доля от общей приемистости пласта АС₁₀ увеличилась с 3% до 9%. Также в работу подключился пласт АС₁₂, который характеризуется низкой приемистостью; прирост расхода от общего объема закачиваемой жидкости здесь составил + 38% (с 3% до 41% - до 329 м³/сутки). Доля общего расхода в пласт АС₁₁, снизилась с 94% до 50%. Таким образом, результаты испытания свидетельствует об однозначном

перераспределении закачки из более проводящего пласта AC_{11} в сторону пластов AC_{10} и AC_{12} , обладающих меньшей проводимостью. Ниже обсуждаются результаты применения технологии ОРЗ для одновременно-раздельного исследования на этапах закачки и остановки многопластовых скважин Приобского месторождения.

Исследование методом регистрации давления на этапах закачки и остановки в многопластовых скважинах

Для эффективного заводнения многопластовых зон с совместной эксплуатацией пластов необходимо обеспечить контроль за объемами нагнетаемой жидкости в каждый пласт. В свою очередь это требует определение продуктивных характеристик и текущих пластовых давлений на объектах эксплуатации. Только гидродинамические исследования скважин (ГДИС) на неустановившихся режимах позволяют определять фильтрационно-емкостные свойства каждого отдельного объекта. Результаты таких ГДИС позволяют определить распределения приемистости и коэффициента приемистости по пластам, находится пластовое давление в каждом пласте. При отсутствии данных закачки по пластам может возникнуть некоторая неоднозначность в оценке характеристик пласта и интерпретации ГДИС.

Существует несколько методов интерпретации и испытания многопластовых скважин при совместной эксплуатации пластов (например: Bourdet, 1985; Kuchuk и др., 1986; Ehlig-Economides и Joseph, 1986 и 1987; Ehlig-Economides, 1987; Larsen, 1988; Vidaux и др., 1992; Coskuner и др., 2000). Некоторые из этих методов исследования позволяют проводить быстрый и простой анализ, но являются дорогостоящими и продолжительными по времени. Другие позволяют проводить довольно быстрые и менее дорогие исследования, однако процесс их интерпретации более сложен. С точки зрения интерпретации ГДИС, лучше всего разделить пласты и произвести послепроектное исследование каждого объекта. Этого можно достигнуть с помощью раздельного испытания каждого пласта с изоляцией объектов. Это может быть чрезвычайно долгой и дорогостоящей операцией (Coskuner и др., 2000). Гораздо выгоднее замерять пластовое давление и расходы жидкости одновременно, но такой подход требует применение метода деконволюции при интерпретации исследований многослойной системы и специальных методов анализа данных (Кучук и др., 1986; Ehlig-Economides и Joseph, 1986 и 1987; Vidaux и др., 1992)

Как уже отмечалось ранее, при исследовании методом регистрации кривой забойного давления при закачке и остановки оборудование должно обеспечивать эффективную изоляцию пластов при перекрытии каждого пласта. Это необходимо, чтобы результаты исследования каждого пласта можно было проанализировать отдельно с применением стандартных инструментов и методов анализа ГДИС. Такая процедура интерпретации предполагает, что существует контроль расхода закачки в каждый пласт и проводится измерение динамических параметров (таких как давление и температура) в каждом объекте испытания. При регистрации кривых забойного давления на этапе остановки пласты эффективно изолируются друг от друга системой пакеров. При закачке на поверхности скважины осуществляется замеры общего расхода закачиваемой жидкости.

Исследование должно включать измерение расходов жидкости из каждого пласта, но комплектация данной компоновки не предусматривает устройство для измерения приемистости пластов. Для интерпретации кривой падения давления приемистость берется из данных расходомерии по стволу скважины, проведенной установившемся режиме на этапе закачки. Приближение с установившимся расходом позволяет использовать этот подход для стандартного метода интерпретации данных с использованием последнего стабилизированного расхода жидкости в анализе кривой падения давления (Nogier, 1951). Данный метод позволяет получить достоверную оценку свойств пластов и приемистости скважин с низкими затратами на интерпретацию, т.к. используются стандартные методы анализа для однопластовых скважин.

Примеры испытания методом прослеживания кривой при закачке и остановке в многопластовой скважине

Описанная ранее технология ОРЗ и процедура испытания использовалась для одновременно-раздельного исследования многопластовых скважин Приобского месторождения. При проведении испытаний ставились задачи определения физико-емкостных свойств, коэффициента приемистости и текущего пластового давления каждого пласта.

Пример 1 – Исследование методом КПД в скважине 5695

После установки компоновки ОРЗ, в скважине 5695 проведены гидродинамические исследования методом регистрации кривой давления на этапах закачки и остановки работы скважины. При этом в межтрубном пространстве, непосредственно в интервале каждого пласта, установлены датчики давления. При закачке на устье скважины поддерживался постоянный расход жидкости. После выхода на установившийся приток, закачка остановлена. При этом интервал приема каждого объекта перекрывался на забое скважины (это позволяли минимизировать влияние послепритока). Таким образом, осуществлялась регистрация изменения забойного давления в каждом пласте на этапах остановки и нагнетания. Длительность периода остановки на этапе остановки по пластам AC_{11} и AC_{12} оставила 33 и 29 суток, соответственно.

Обработка данных измерения выполнена в программном комплексе «Saphir» (Kappa Engineering). На фиг. 3 приведены диагностические графики циклов остановки пластов AC_{11} и AC_{12} . В начальное время отмечается влияние послепритока. Перекрытие объектов на забое позволило несколько снизить влияние послепритока. После длительного

переходного периода течения меняется наклон производной и наблюдается выход на псевдорadiaльный режим течения. На поздних временах наблюдается влияние работы окружающих соседних скважин.

На участке кривой с доминирующим влиянием линейного притока к трещине ГРП отмечается некоторое изменение наклона производной. Характер поведения на билинейном и последующем линейном режиме течения в скважине с трещиной ГРП отклоняется от типичного поведения из-за влияния переходной зоны (вода-нефть) и ее влиянием на реагирующее изменение давления в остановленной скважине (Earlougher, 1977). Исследование методом КПД в скважине 5695 проведено через 2,5 месяца после окончания отработки на нефть и перевода под закачку. Таким образом, радиус исследования охватывает область переходной зоны фаз (нефть, вода) и чисто нефтяной зоны пласта, не охваченной заводнением. (Радиус заводнения по пласту AC_{11} составил около 64.9 м, по пласту AC_{12} – 25.6 м.) Этим объясняется то, что переходный режим между периодом послепритока и псевдорadiaльным режимом течения не характерен для линейного режима течения к трещине ГРП.

Интерпретация этого исследования несколько осложняется наличием композитного пласта в модели пласта, поэтому решение методом наилучшего совмещения для этой кривой не получено. В дальнейшем по исследованию анализировался участок кривой с псевдорadiaльным режимом течения, по которому получены значения пластового давления и проницаемости пластов. Результаты интерпретации подтверждают неоднородность пластов по проницаемости (проницаемость пласта AC_{11} составляет 9.58 мД, пласта AC_{12} – 1 мД) и согласуются с данными профиля приемистости. При этом пластовое давление по пластам практически одинаково (пластовое давление на AC_{11} составляет 275.6 атм, на AC_{12} – 276.8 атм)

Пример 2 – Исследование методом КПД в скважине 58

На фиг. 4 рассмотрен другой пример исследования методом КПД в скважине с ОРЗ. Изменение забойного давления в пластах фиксировалось автономными датчиками давления. В качестве иллюстрации на фиг. 4 приведены результаты исследования пласта AC_{10} . На фиг. 4а приведен обзорный график изменения забойного давления на этапах закачки и остановки скважины, график давления в двойных логарифмических координатах приведен на фиг. 4б.

На фиг. 4б видно влияние послепритока в начальное время после остановки, затем наблюдается с длительный период линейного режима течения. На фиг. 4б также приведены результаты совмещения рассчитанных откликов давления, видно, что полученное совмещение с измеренной кривой неудовлетворительное. Эта объясняется тем, что при проведении исследований в скважине с трещиной разрыва большой длины, соизмеримой с радиусом ее влияния – размеры области вокруг остановленной скважины могут охватывать область влияния соседних скважин. Несмотря на большую длительность остановки (27 суток), в ходе исследования псевдорadiaльный приток не был достигнут. Шумы на производной давления, полученные после 140 часов остановки (фиг. 4б) свидетельствуют о влиянии работы окружающих скважин на измерение.

Исследование методом установившихся закачек

В предыдущем примере (КПД в скважине 58) отмечалось, что в ряде случаев после длительного линейного режима течения наблюдается влияние работы соседних скважин и выход на псевдорadiaльный приток не достигается. Сложное геологическое строение, наличие переходных зон (нефть-вода) осложняют интерпретацию методом регрессии и не позволяют получать хорошего совпадения измеренных и расчетных кривых. Для решения этих проблем на месторождении ведутся опытные работы по исследованию многопластовых скважин методом установившихся закачек. Проведение таких исследований нацелено на определение коэффициента приемистости, пластового давления и изучение течения в пласте, которое отклоняется от закона Дарси.

Исследования методом установившихся закачек в многопластовых скважинах предполагает регистрацию кривой изменения забойного давления во времени в процессе смены режимов стабильной работы. Приемистость скважин выбирается так, чтобы выполнить по 2-3 режима закачки при давлении на забое выше и ниже давления раскрытия трещин. После смены режимов работы осуществляется остановка скважины на КПД. Для исключения потерь давления за счет фазовых проявлений в переходных зонах, необходимым требованием при выборе кандидата являлось большой объем закаченной жидкости на нагнетательной скважине и высокая обводненность соседних добывающих скважин. Другим требованием было значительное удаление исследуемой скважины от границы залежи – для исключения влияния границ и зон, где свойства пласта плохо изучены. При испытании на устье скважины был установлен регулируемый штуцер. Для определения забойного давления с предотвращением потерь на трение измерение давления проводилось датчиком давления на забое и устье скважины. На каждом режиме работы скважины определялась приемистость на установившемся режиме. В настоящее время ведутся опытные работы (проектирование, выполнение, анализ данных) по исследованию многопластовых скважин. Примеры исследования однопластовых нагнетательных скважин приведены ниже.

На фиг. 5 приведены результаты исследования скважин 8827 и 7821. Из рисунка видно, что при $P_{заб} > P_{ГРП}$ течение в системе «трещина-пласт» отклоняется от закона Дарси. Излом на графике расход-давление показывает, что давление раскрытия трещины в скважинах 8827 и 7821 соответственно равны ~ 340 и ~ 360 атм (При развитии трещины ГРП, вероятность выхода на псевдорadiaльный приток значительно снижается). Коэффициент

приемистости скважины 8827 и 7821 при давлении ниже давления раскрытия трещин равны $Knp = 1.8 \text{ м}^3/(\text{сут-атм.})$, и $1.1 \text{ м}^3/(\text{сут-атм.})$, соответственно. Из цикла КПД определена величина пластового давления $P_{пл} = 178 \text{ атм}$ для скважины 8827 и 224 атм для скважины 7821. При забойном давлении выше давления раскрытия трещины ($P_{заб} > P_{ГРП}$) приемистость значительно возрастает ($Knp = 6.8 \text{ м}^3/(\text{сут-атм.})$ в скважине 8827 и $7.5 \text{ м}^3/(\text{сут-атм.})$ в скважине 7821).

Результаты специального исследования скважины 8827 от 03.02.2008 сопоставлялись с результатами предыдущего исследования от 17.09.2003 (фиг. 6). На кривой падения давления от 17.09.2003 (фиг. 6а) видно, что псевдорadiaльный поток отмечается примерно через 100 ч после начала остановки скважины. В процессе исследования скважины от 03.02.2008 (фиг. 6б) наблюдается продолжительный интервал линейного режима течения, в течение 390 часов остановки выхода на псевдорadiaльный режим течения не происходит. По исследованию от 17.09.2003 анализировался псевдорadiaльный режим течения, по которому получена проницаемость пласта и значение пластового давления. Радиус заводнения на 17.09.2003 составил около 70 м, поэтому интерпретация осложняется наличием композитной модели пласта.

Длительности линейных режимов течения по обоим исследованиям с учетом проницаемости пласта, полученной из обработки КПД от 17.09.2003, использовались для теоретических оценок полудлин трещин. Из-за неоднородности по фильтрационным свойствам пласта на дату первого КПД проведена оценка длины трещины снизу для случая чисто нефтяного пласта и оценка сверху для промывкой водой пласта, которые соответственно составили 56 м и 113 м. Условия проведения второго исследования позволяют исключить проблемы, связанные с влиянием переходной зоны. То есть, в пределах радиуса исследования пласт промывает водой. Оценка показала, что текущая полудлина трещины не менее 196 м. Это свидетельствует о том, что полудлина трещины при закачке с давлением выше давления ГРП может увеличиваться.

Заключения

1. Технология ОРЗ, которая применяется более чем на 150 нагнетательных скважинах Приобского месторождения, позволяет перераспределять закачку в объекты с низкой приемистостью.
2. Проведение исследований методом регистрации кривой на этапах закачки и остановки в многопластовых скважинах с компоновкой ОРЗ, с достаточной для практики точностью и низкими затратами на проведение, позволяет определять фильтрационно-емкостные свойства и другие характеристики пластов и скважины. Контроль этих параметров позволяет осуществлять: оптимизацию заводнения и вовлечение недренируемых запасов.
3. Применение технологии ОРЗ при испытании скважин дает возможность определять приемистости, пластовые давления и давлению раскрытия трещин в каждом пласте.
4. При снижении давления закачки ниже давления раскрытия трещин коэффициент приемистости может снизиться в 3-7 раза. При закачке жидкости с давлением выше давления раскрытия трещин отмечается, развитие техногенных трещин.
5. Полученные результаты испытания многопластовых скважин с ОРЗ учитываются при проектировании и выборе системы разработки Приобского месторождения.

Условные обозначения

Knp = приемистость, $\text{м}^3/(\text{сут-атм.})$

P = давление, атм.

$P_{заб}$ = призабойное давление, атм.

$P_{пл}$ = пластовое давление, атм.

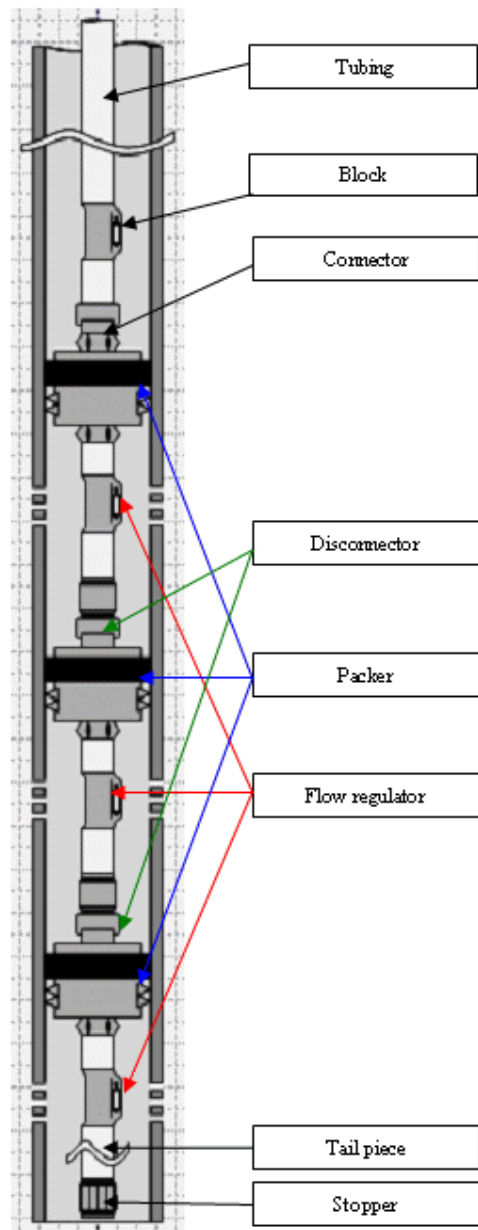
$P_{ГРП}$ = давление ГРП, атм.

q = расход жидкости, $\text{м}^3/\text{сут}$

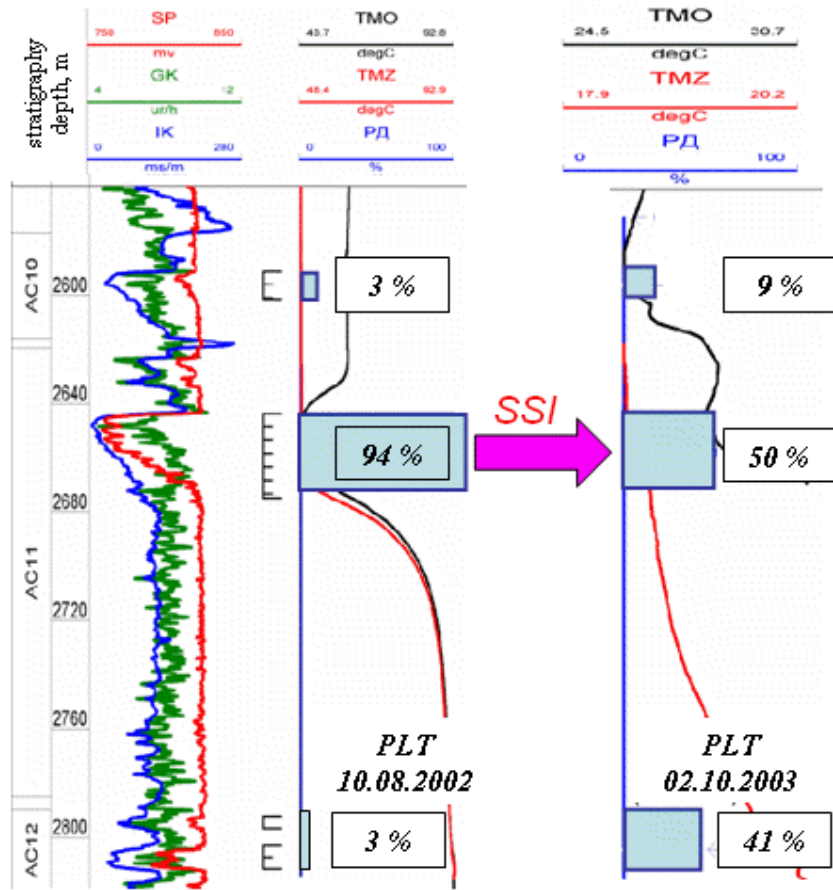
Ссылки

- Barilleaux, M. F. and Boyd, T. A. 2008. Downhole Flow Control for High Rate Water Injection Applications. Paper SPE 112143 presented at the SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands, 25-27 Feb.
- Bidaux, P., Whittle, T. M., Coveney, P. J., and Gringarten, A. C. 1992. Analysis of Pressure and Rate Transient Data from Wells in Multilayered Reservoirs: Theory and Application. Paper SPE 24679 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Washington D.C., 4-7 Oct.
- Bourdet, D. 1985. Pressure Behavior of Layered Reservoirs with Crossflow. Paper SPE 13628 presented at the SPE California Regional Meeting, Bakersfield, CA. 27-29 March.

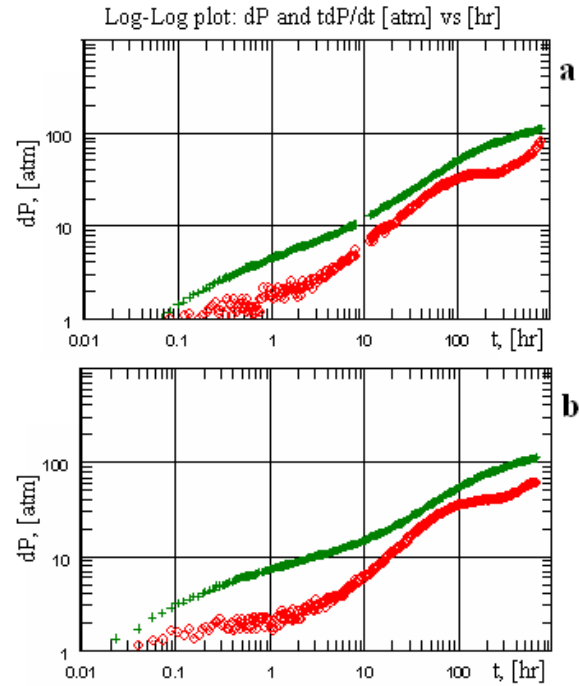
- Bussear, T. and Barilleaux, M. F. 2004. Design and Qualification of a Remotely-Operated, Downhole Flow Control System for High Rate Water Injection in Deepwater. Paper SPE 88563 presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. Perth, Australia, 18-20 Oct.
- Coskuner, G., Ramler, L. B., Brown, M. W., and Rancier, D. W. 2000. Design, Implementation, and Analysis of Multilayer Pressure Transient Tests in White Rose Field. Paper SPE 63080 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, 1-4 Oct.
- Earlougher, R. C., Jr. 1977. Advances in Well Test Analysis, SPE Monograph Series, SPE, Richardson, TX.
- Ehlig-Economides, C. A. and Joseph, J. 1987. A New Test for Determination of Individual Layer Properties in a Multilayered Reservoir. SPEFE (Sept.) 261-283.
- Ehlig-Economides, C. A. and Joseph, J. 1986. Evaluation of Single-Layer Transients in a Multilayered System. Paper SPE 15860 presented at the SPE European Petroleum Conference, London, U.K., 20-22 Oct.
- Ehlig-Economides, C. A. 1987. Testing and Interpretation in Layered Reservoirs. JPT (Sept.) 1087-1090.
- Horner, D. R. 1951. Pressure Build-Up in Wells. Proc. Third World. Pet. Cong. Sec. II. The Hague, The Netherlands. 503-523.
- Kucuk, F. Karakas, M. and Ayesteran, L. 1986. Well Testing and Analysis Techniques for Layered Reservoirs. SPEFE (Aug) 342-354.
- Larsen, L. 1988. Similarities and Differences in Methods Currently Used to Analyze Pressure-Transient Data from Layered Reservoirs. Paper SPE 18122 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, TX, 2-5 Oct.



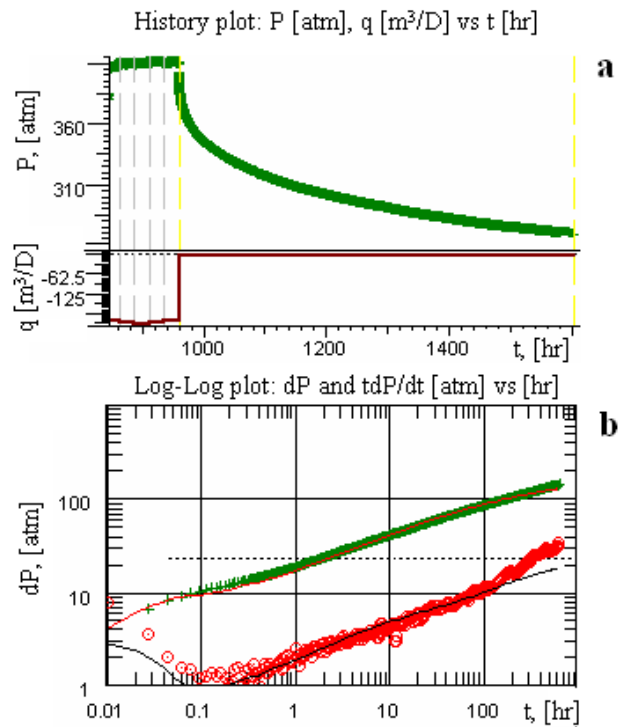
Фигура 1 – Схема компоновки скважины системой пакеров для одновременно-раздельной закачки



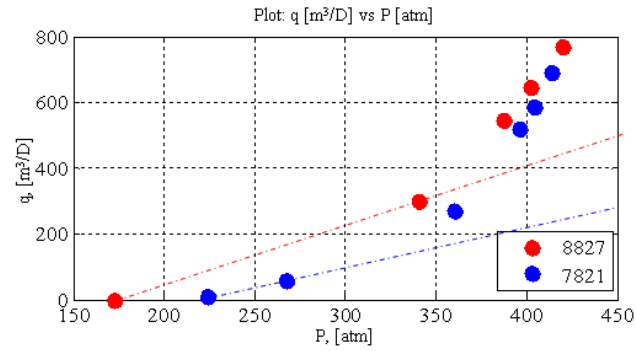
Фигура 2 – Изменение профиля приемистости скважины 8751 после спуска ОРЗ



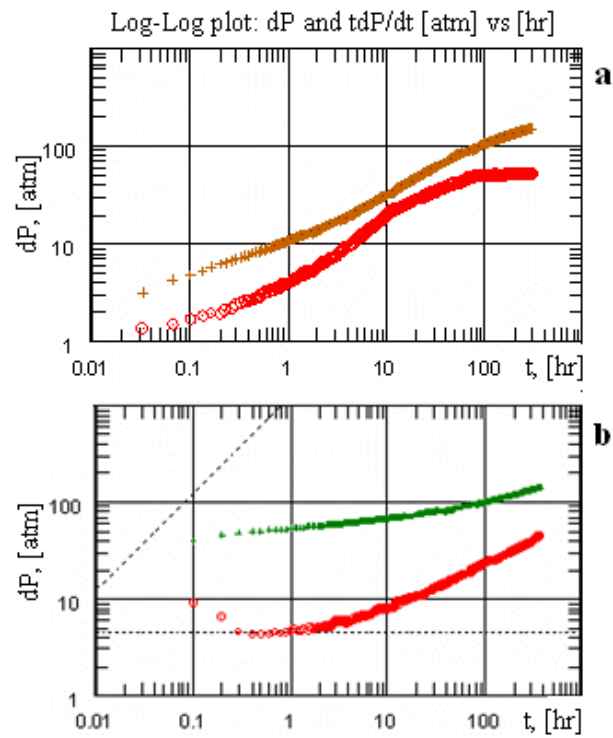
Фигура 3 – График в двойных логарифмических координатах цикла остановки скважины 5695: а – пласта AC₁₁, б – пласта AC₁₂



Фигура 4 – График изменения забойного давления в интервале пласта AC₁₁ скважины 58 с компоновкой ОРЗ: а - обзорный график циклов закачки и остановки, б – график давления в двойных логарифмических координатах



Фигура 5 – Индикаторная диаграмма, характеризующая отклонение течения в системе «трещина-пласт» от закона Дарси



Фигура 6 – График в двойных логарифмических координатах цикла остановки скважины 8827: а – исследование от 17.09.2003 г., б - исследование от 03.02.2008 г.