



ИНТЕНСОНИК

Технология обнаружения и извлечения углеводородов на основе их реакции на волновое воздействие

Дрягин Вениамин Викторович, к. т. н.,

ЗАО Интенсоник & К, Россия Екатеринбург.

Кузнецов Олег Леонидович, д.т.н., профессор, президент РАЕН,

ГНЦ РФ ВНИИгеосистем», Россия, Москва.

Объективно возрастающая обводненность продукции многих нефтяных месторождений России делает все более актуальной задачу повышения достоверности определения характера насыщенности продуктивных пластов-коллекторов. Исследования специалистов «Интенсоник&К" и ВНИИгеосистем» показали, что впервые выявленная и запатентованная ими закономерность проявления отклика пористой насыщенной среды на волновое поле большой интенсивности может быть положена в основу новой комплексной технологии, позволяющей не только эффективно решать указанную задачу, но и восстанавливать фильтрационные характеристики пластов.

Известно, что современное состояние разработки нефтяных месторождений характеризуется обострением проблемы их постепенного истощения и обводнения, обусловленного применением технологии поддержания пластового давления путем закачки в пласт воды. Как правило нагнетаемая в пласт вода имеет малую минерализацию и, в силу этого, при поиске источника обводнения не может быть выделена ядерно-геофизическими методами.

В то же время, применение любого метода восстановления производительности работы скважины, требует оперативного контроля его эффективности. Чаще всего такой контроль проводится только после завершения всех технологических операций по воздействию на пласт, когда коррекция самого процесса обработки уже невозможна.

Проведенные исследования показали, что указанное противоречие может быть преодолено в случае разработки новых технологических решений, базирующихся на впервые выявленной Арутюновым С.Л., Дрягиным В.В., Кузнецовым О.Л. в конце 90 годов закономерности проявления отклика пористой насыщенной среды на волновое поле большой интенсивности [1,5,7]. С физической точки зрения, такой отклик является результатом нелинейного взаимодействия волнового поля с флюидом, заполняющим поровое пространство и проявляющегося в виде генерации вторичного излучения, параметры которого адекватно связаны с его характером.

Несмотря на то что, залежи нефти и газа изначально обладают аномально высоким уровнем сейсмоакустических шумов, динамика вторичного излучения преобладает над фоном и развивается в двух противоположных направлениях: в случае нефтенасыщенного коллектора вторичное излучение увеличивается, а в случае водонасыщенного – уменьшается [1,5].

Именно эта физическая особенность вторичного излучения и легла в основу предлагаемой технологии избирательного восстановления проницаемости пласта, в которой интегрированы в одной операции два метода – исследования характера насыщенности пласта и селективного воздействия на пласт силовым акустическим полем.

В технологии используется метод каротажа сейсмоакустической эмиссии. Он основан на изучении в нефтегазовых скважинах естественной и вызванной сейсмоакустической эмиссии (САЭ) горных пород в звуковом и ультразвуковом диапазоне частот (10-20000 Гц) до и после акустического воздействия.

Объединение двух функций в одном приборе, – силового акустического воздействия (АВ) и регистрации сигналов САЭ, позволяет получать информацию об изменении сигнала по разрезу скважины в продуктивном пласте и за его границами, как непосредственно до и после акустического воздействия, так и в процессе мониторинга САЭ во времени.

Анализ полученной информации показал, что после акустического воздействия на околоскважинное пространство происходит изменение САЭ. То обстоятельство, что определяющим фактором изменения САЭ являются именно свойства жидкости находящейся в данный момент в поровом пространстве пласта коллектора, подтверждается и другими методами геофизических исследований скважин.

В процессе опытных испытаний технологии геофизические исследования проводились в комплексе работ по контролю разработки месторождения по методике «приток-состав». В результате проведенных исследований установлено, что в коллекторе насыщенном нефтью или газом после акустического воздействия наблюдалось увеличение сигнала САЭ по сравнению с исходным значением, а в коллекторе насыщенном водой, наоборот, регистрировалось его снижение.

Известно, что акустическое воздействие на насыщенный коллектор приводит к изменению ряда свойств и состояния флюида: разгазированию нефти, увеличению подвижности флюида, уменьшению вязкости и др. Очевидно, что эти изменения коррелируют с изменениями величины полной энергии спектра САЭ и однозначно связаны с характером насыщенности коллектора (вода или нефть). Так же обнаружено, что при отсутствии коллектора в исследуемом интервале не происходит заметных изменений энергетического спектра САЭ после силового акустического воздействия.

В самом общем случае, предлагаемая методика оценки характера (вода-нефть) насыщенности коллекторов и восстановления проницаемости пористой среды включает в себя комплексное исследование скважины, включающее каротаж сейсмоакустической эмиссии по методу «каротаж-воздействие-каротаж» и корреляцию с имеющимися данными ГИС. Кроме того, непрерывные измерения САЭ в естественном залегании используются для выделения в разрезе скважин интервалов пластовых флюидов, перетоков и т.д.

Анализ промысловых и геофизических данных, получаемых при проведении акустического воздействия на скважине [2,3], показывает высокую эффективность метода восстановления проницаемости продуктивных пластов при условии обеспечения адекватного управления процессом акустического воздействия в интерактивном режиме (см. табл. 1).

Выбор оптимального режима акустического воздействия зависит от первичного анализа расчленения разреза скважины и оценки характера текущей насыщенности по динамике акустической эмиссии с последующим контролем в интерактивном режиме результатов воздействия. Такой контроль за АВ производится без дополнительных спуско-подъемов прибора и аппаратуры серии ААВ-400, что позволяет повысить эффективность стимулирования дебита скважин при одновременном сокращении временных и энергетических затрат.

Подтверждение характера отдачи испытываемого пласта в процессе акустического воздействия сделано на основании промысловых методов ГИС. Так, в скважине №1964, Быстринское месторождение Западная Сибирь, в процессе выполнения ремонтных работ была произведена дополнительная перфорация и термогазохимическое воздействие (ТГХВ) на призабойную зону пласта. Точки измерения восстановления уровня, полученные на депрессии после этого, показаны на рис. 1.

Через 24 часа после ТГХВ и геофизических исследований по определению притока, были выполнены работы по акустическому воздействию в соответствии с методом «коротаж-воздействие-коротаж». Всего на выбранном интервале пласта воздействие проводилось поэтапно с постоянным контролем САЭ в течение трех часов. Каротажные диаграммы, полученные при помощи аппаратуры ААВ-400, позволили проследить насыщение пласта по разрезу скважины включая приграничные области, и области, расположенные вне перфорированных интервалов.

На рис 2 показаны каротажные диаграммы САЭ для скважины № 1964 Быстринского месторождения до и после акустического воздействия совмещенные с результатами измерения температуры после ТГХВ и после АВ.

Положительная динамика сигналов САЭ после акустического воздействия свидетельствует о том, что эти сигналы могут служить критериями оценки характера насыщенности коллектора (вода-нефть). Эти выводы подтверждены промысловыми данными о притоке и результатами ГИС.

Положительная величина разности между величиной сигналов САЭ после АВ и до него свидетельствует о наличии в коллекторе нефти.

Использование разности энергий акустической эмиссии, которая измерена за время одного каротажа, позволяет исключить влияние на величину полной энергии САЭ параметров пластов и характеристик месторождения, изменение которых в течение короткого промежутка времени маловероятно – температуры и давления в скважине, литологических свойств коллектора, геодинамические и другие характеристик объектов разработки и т.д. А это значит, что технология позволяет выделять ту часть полной энергии САЭ, которая связана только с изменениями свойств и состояния жидкости [1,2,4,5].

Анализ изменений сигналов акустической эмиссии в процессе акустического воздействия по методике «каротаж-воздействие-каротаж», проведенного в рамках мероприятий по стимулированию притока и определению источника обводнения в скважине №250 Москудьинского месторождения в интервале 1424-1506 м показал, что после акустического воздействия, в разных интервалах проявляется как положительная, так и отрицательная динамика сигнала САЭ.

Испытания скважины производились под депрессией, создаваемой струйным насосом. Фоновая запись сигнала САЭ, произведенная в остановленной скважине до акустического воздействия, приведена на **графике 1 рисунка 3**. Она отражает истинный уровень геоакустических шумов в исходном состоянии при отсутствии движения флюида и в пласте и стволе скважины.

После включения струйного насоса (**см. график 3, рис. 3**) общий уровень сигнала увеличился примерно в 3 раза по всему исследуемому интервалу, что говорит о движении жидкости в стволе при работе насоса, а также отражает заколонный переток из нижних горизонтов. Примечательно, что заколонный переток подтверждается аномалией температуры (**график 2, рис. 3**).

После включения акустического воздействия сигнал САЭ изменился (**график 4, рис. 3**) в соответствии с адекватной реакцией насыщенной среды. Так, верхняя часть интервала перфорации дала значительную положительную динамику сигнала, а нижняя часть – отрицательную. Кроме того, отрицательная динамика сигнала САЭ прослеживается ниже перфорации до следующего пласта коллектора насыщенного водой. **График 5, приведенный на рис. 3**, показывает динамику сигнала в высокочастотной части спектра, которая дополнительно подтверждает наличие углеводородов в пористой среде.

Проверка данного метода по оценке характера насыщенности пластов-коллекторов проводились на добывающих и нагнетательных скважинах различных месторождений Западной Сибири, Пермской области, Республики Татарстан и Западного Казахстана. Они убедительно подтвердили, что метод акустического воздействия в сочетании с каротажем сейсмоакустической эмиссии позволяет контролировать процесс в интерактивном режиме и формулировать обоснованное заключение по его результатам. Метод экономичен, его можно применять не только с целью восстановления фильтрационных характеристик пласта, но и для решения геологической задачи по оценке характера текущей насыщенности продуктивных пластов.

Литература

1. Дрягин В.В. Патент РФ №2187636 от 21.02.2001г. Способ определения характера насыщенности коллектора.
2. Митрофанов В.П. Дзюбенко А.И. Нечаева Н.Ю. Дрягин В.В. Результаты промысловых испытаний акустического воздействия на призабойную зону пласта// Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений.-1998, №10.-С.36-42.
3. Мерсон М., Митрофанов В.П., Сафин Д. Возможности ультразвука в нефтедобыче.//Нефть России. за 1999г., №1 –С.66-67.
4. Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. Акустический метод исследования скважин. М.: Недра, 1978.
5. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного акустического воздействия на нефтяные пласты. М.: Мир. 2001.
6. Продукция ЗАО "Интенсоник & К" - Научно-технический вестник АИС "Каротажник" №45,46,55,64,98,107 1998-2003г.
7. Арутюнов С.Л.(RU), Генделман Эдвард (US), Графов Б.М.,(RU), Карнаухов С.М. (RU), Кузнецов О.Л. (RU), Сиротинский Ю.В. (RU), Соколин Хаим (RU). Патент РФ №2161809 от10.01.2001г. Способ поиска углеводородов (варианты), контроля эксплуатации углеводородной залежи.

Таблица 1. Примеры параметры пластов до и после акустического воздействия

| Время измерений, эффект | Количество пропластков, шт. | Работающая толщина, м | Коэффициент продуктивности, т/сут.*Мпа | Проницаемость, мкм ² | | Прирост добычи нефти, т | t эффекта, месяцев |
|--|-----------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|
| | | | | ПЗП | Удал. зона пласта | | |
| <i>Пихтовское месторождение, скважина №174, пласт Бб (Пермская область)</i> | | | | | | | |
| До АВ | 3 | 7,8 | 2,6 | 0,011 | 0,015 | | |
| После АВ | 4 | 10,6 | 5,9 | 0,020 | 0,021 | | |
| Эффект, % | +33,3 | +35,9 | +126,9 | +81,8 | +40,0 | 19597 | 16,6 |
| <i>Ольховское месторождение, скважина № 266, пласт Тл2+Бб (Пермская область)</i> | | | | | | | |
| До АВ | 1 | 0,4 | 0,08 | 0,0032 | 0,0026 | | |
| После АВ | 2 | 1,2 | 0,33 | 0,0042 | 0,0036 | | |
| Эффект, % | +100 | +200 | +312 | +131 | +148 | 621,4 | 13 |
| <i>Уньвинское месторождение, скважина № 255, пласт Ел2+Бб (Пермская область)</i> | | | | | | | |
| До АВ | 3 | 4,0 | 4,1 | 0,010 | 0,009 | | |
| После АВ | 3 | 5,2 | 7,5 | 0,021 | 0,024 | | |
| Эффект, % | 0 | +30 | +82,9 | +110 | +167 | 2747 | 8 |

Рис. 1. Восстановление уровня жидкости после ремонта и акустического воздействия в скважине № 1964 Быстринского месторождения

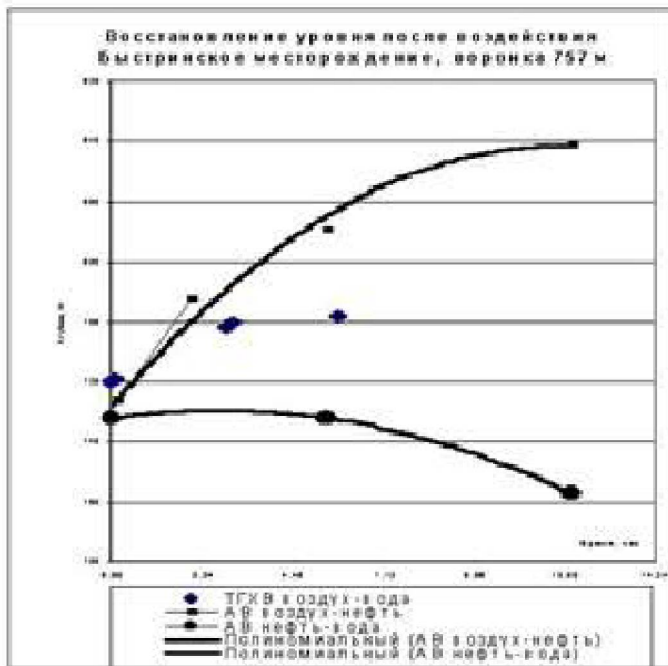


Рис. 2. Спектрограмма и диаграммы сигналов САЭ до (а) и после (б) акустического воздействия по скважине Быстринского месторождения, Западная Сибирь.

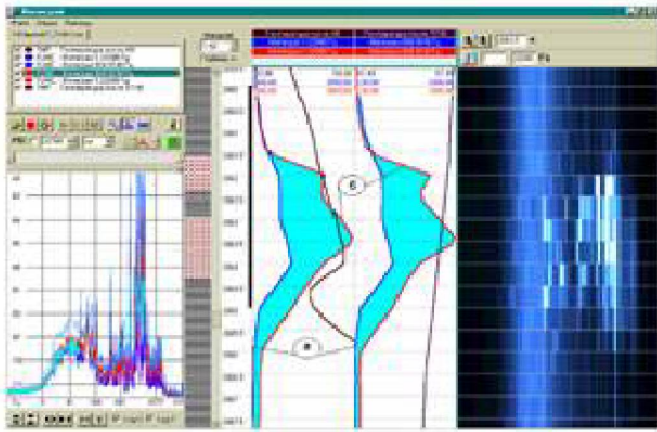
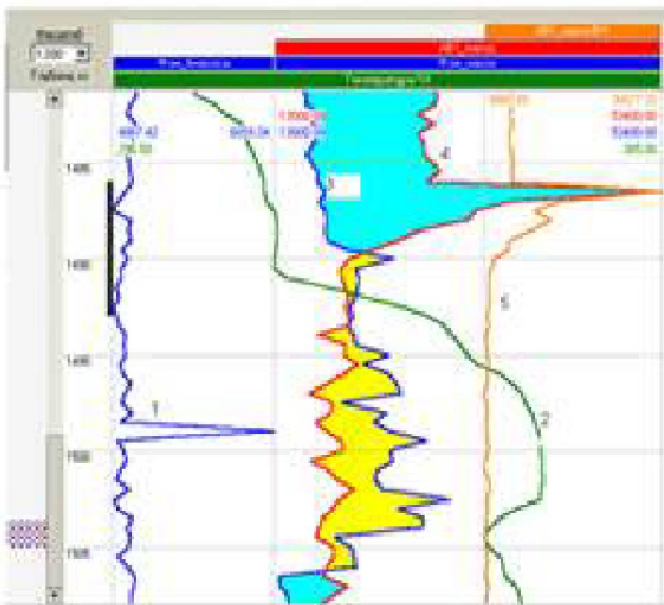


Рис. 3. Диаграммы сигналов САЭ до (1) и после (3,4,5) акустического воздействия по скважине №250 Москудьянского месторождения, Пермская область.



© ООО "НПФ "Интенсоник"