

Из таблицы 1 видно, что увеличение количества добавленного *n*-гептана способствует увеличению скорости агрегации, что приводит в конечном итоге к более раннему выпадению частиц асфальтенов.

На рисунке 2 представлены результаты агрегации асфальтенов в исходном растворе и при добавлении диспергирующей присадки разной концентрации. Для выявления влияния концентрации присадки на процесс агрегации асфальтенов количество *n*-гептана составляло 43% об. для всех экспериментов.

Из рис. 2 видно, что добавление присадки приводит к уменьшению скорости агрегации, а добавление присадки С-5А в количестве более 0,1 % позволяет стабилизировать размер частиц асфальтенов в течение всего эксперимента. Агрегативную устойчивость асфальтенов при добавлении присадки оценивали по среднему радиусу частиц за время всего эксперимента (табл. 2).

Таблица 2

Устойчивость асфальтенов в модельной системе при добавлении присадки С-5А

Концентрация присадки, % об.	Время начала седиментации, мин	Средний радиус частиц, нм
0	93	агрегация
0,05	234	агрегация
0,1	–	560
0,2	–	475
1	–	230

Результаты показывают, что увеличение концентрации присадки С-5А до 0,1 % об. позволяет уменьшить скорость агрегации асфальтенов, однако не предотвращает их выпадение из модельного раствора. Дальнейшее увеличение концентрации присадки до 1 % позволяет добиться седиментационной устойчивости асфальтенов, а также приводит к уменьшению среднего радиуса частиц асфальтенов в модельной системе за время эксперимента. Данный факт подтверждает диспергирующий механизм действия присадки С-5А.

Литература

1. Yudin I.K., Nikolaenko G.L., Gorodetskii E.E., Markhashov E.L., Frot D., Briolant Y., Agayan V. A., Anisimov M.A. Universal behavior of asphaltene aggregation in hydrocarbon solution // *Petroleum Science and Technology*. – 1998. – N 3. – P. 395 – 414.
2. Буря Е.Г. Исследование процессов агрегации асфальтенов в углеводородных системах: На правах рукописи. Дис. на соискание ученой степени канд. тех.наук. – Москва, 2001. – 109 с.
3. Горшков А.М. Влияние эффекта «тепловой» линзы на достоверность результатов определения размеров агрегатов асфальтенов в модельной системе // *Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Институт природных ресурсов*. – 2013. – Т.1. – С. 715 – 718.

АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ПЛАСТА

Ф.Н. Глушаненко, С.И. Силкин, В.В. Куприянов.

Научный руководитель ассистент П.С. Дозморов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Гидродинамические исследования скважин помогут найти фильтрационно-ёмкостные свойства пласта непосредственно в условиях, соответствующим рабочим условиям его разработки.

По данным гидродинамических исследований определяется состояние призабойной зоны скважины (скин-фактор) и создаётся модель пластовой фильтрационной системы. Исследования скважин на установившихся режимах фильтрации методом установившихся отборов обычно применяются на фонтанирующих объектах. Суть метода состоит в последовательном циклическом и неоднократном изменении забойного давления в исследовательской скважине и получении стабильного дебита при установившемся давлении. На каждом вновь установившемся режиме значения дебита и забойного давления фиксируются, и на основе этих данных строятся индикаторные диаграммы. Данными методами можно определить не только коэффициент продуктивности скважины, но и определить различные свойства жидкости, газа и горных пород, оценить проявления нелинейной фильтрации, неньютоновских свойств жидкости и деформации коллектора. Возможны исследования методом установившихся отборов и на добывающих скважинах, оснащённых глубинными насосами и работающими с постоянными дебитами и забойными давлениями. Изменение режима работы скважины производится путём штучирования выкидной линии, либо изменением числа качаний станка-качалки, длины хода штока, либо посредством частотного преобразователя. На каждом режиме измеряется дебит и забойное давление. Осуществить спуск глубинного прибора для замера давления непосредственно на забое механизированной добывающей скважины без проведения ремонта не представляется возможным, поэтому забойное давление определяют расчётным путём по известному (замеренному) динамическому уровню. Методы изучения скважин, которые основываются на теории неустановившейся фильтрации жидкости в пласте, не имеют таких недостатков и помогают находить параметры пласта без нахождения радиуса скважины, контура питания и коэффициентов дополнительных фильтрационных сопротивлений [1].

Методом прослеживания за уровнем жидкости в стволе скважины можно также оценить связь между скважинами, дренирующими один коллектор. Метод исследования пластов по взаимодействию скважин называется гидропрослушиванием. Данный метод позволяет оценить гидродинамическую связь между скважинами по пласту, выявить непроницаемые границы, определить средние значения гидропроводности и пьезопроводности пласта между исследуемыми скважинами и оценить степень участия матрицы трещиновато-пористого коллектора в разработке. Гидропрослушивание входит в комплекс методов изучения геолого-географических характеристик нефтегазовых месторождений согласно РД 153-39.0-109-01.[3]

Осуществлять контроль за пластовыми и забойными давлениями механизированных добывающих скважин возможно методами, основанными на прослеживании за динамическим и статическим уровнями столба жидкости и последующем расчёте давления в скважине. Давление рассчитывается при известной плотности ρ и высоте столба жидкости H по формуле:

$$P = \frac{\rho \times H}{102}, [\text{МПа}], \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости,

H – высота столба жидкости.

В данном виде формула применима для расчёта давления в скважине, заполненной однофазным флюидом (например, водой) и не отражает полную схему расчёта забойного давления в механизированной скважине, в стволе которой флюид находится в трёхфазном состоянии (нефть, газ, вода) в различных сочетаниях.

Модели и схемы расчёта давления на забое насосной скважины представлены ниже. Высоту столба жидкости определяют как разность между отметкой, например, кровли пласта, и расстоянием от устья скважины до уровня жидкости в ней. Коэффициент продуктивности определяется по кривой восстановления уровня. Расстояние до уровня жидкости в скважине находят при звукометрических изучениях волнометрированием или эхометрированием. Они различаются техникой создания акустической волны. Однако в обоих случаях определяется время за которое акустическая волна пройдет от устья до уровня жидкости в скважине.

Произведение скорости распространения акустической волны в газовой среде на время прохождения равно расстоянию до уровня жидкости. Используемые в нефтепромысловой практике уровнемеры получают измерение времени прохождения звуковой волны до уровня жидкости в скважине с довольно значительной точностью. Скорость звука в газе меняется в обширных границах в зависимости от состава газа и его термодинамических параметров, и неточное знание её может привести к значительным погрешностям в определении расстояния до уровня жидкости и, следовательно, давления в скважине [4].

Большинство исследователей исходят из представления о зависимости скорости звука от давления и используют это при проведении практических измерений. В действительности скорость распространения звуковой волны зависит от показателя адиабаты, температуры, плотности и состава газа, которые в свою очередь могут меняться в зависимости от давления газа в межтрубном пространстве скважины. Скорость акустических волн в реальных газах при нормальных условиях, может быть рассчитана по формуле, подходящей к идеальным газам:

$$V_{\text{зв}} = 100 \cdot \frac{\sqrt{9.8 \cdot \gamma \cdot R \cdot T}}{M}, \text{ м/с} \quad (2)$$

где γ – адиабатный показатель;

R – газовая постоянная;

T – температура;

M – молекулярная масса газа.

Пользуясь данным уравнением, возможно узнать скорость звука для некоторых газов и для смеси (попутный газ). При трубном методе получения скорости звука к волномеру также присоединяют трубу или шланг высокого давления с запорным устройством и заменяют воздух затрубным газом. Длина трубы измеряется с большой точностью. Сразу же после создания звукового импульса подключается регистратор и производится запись установившейся звуковой волны. Далее, определив время одного колебания, подсчитывают скорость звука по формуле:

$$V_{\text{зв}} = 100 \cdot \frac{\lambda}{t} = \frac{2 \cdot \ell}{t}, \quad (3)$$

где λ – показатель адиабаты;

ℓ – длина трубы;

t – период колебания волны.

При использовании метода реперов межтрубное пространство скважины снабжать особыми отражателями – реперами, глубина установки которых заранее определена с большой точностью. Скорость звука определяется по формуле :

$$V_{\text{зв}} = \frac{2 \cdot H_{\text{реп}}}{t}, \quad (4)$$

где H – глубина на которую установлен репер;

t – время прохождения сигнала до репера.

При выборе метода определения скорости импульса давления в межтрубном пространстве скважин необходимо точное знание компонентного состава газа, а также его температуры и давления в конкретной скважине. В области низких давлений скорость звука в газе межтрубного пространства практически не зависит от давления. Скорость звука в газе при равных условиях зависит от температуры. Поэтому при употреблении трубного и других поверхностных методов необходимо устанавливать теплоизоляцию. Таким образом, для роста точности звукометрических исследований необходимо использовать исследовательские комплексы,

позволяющие определять скорость звука в каждой скважине с соблюдением условий, характерных именно для этой скважины [7].

Существующая теория газовых акустических резонаторов позволила создать портативное устройство «Резонанс», позволяющее проводить прямые высокоточные замеры скорости звука в газе затрубного пространства добывающей скважины. При проведении сложных нетрадиционных гидродинамических исследований методом волнометрирования с научными целями необходимо использовать наиболее точный способ определения скорости импульса давления - моделирование. Отличие этого метода от других методов определения скорости звука в затрубном пространстве заключается в возможности решать поставленные задачи в более широком диапазоне. К тому же метод моделирования применим для скважин с любым способом эксплуатации, в то время как реперный метод (без усложнения конструкции репера) может применяться только на скважинах, оснащённых штанговыми насосами, а трубный метод является довольно трудоёмким и дорогостоящим при значительном фонде добывающих скважин.

Литература

1. Бочаров Р.В. Исследование скважин на нестационарных режимах в системе пласт – скважина: Дис. канд. техн. наук. – М., 2004. – 128 с.
2. Временное руководство по гидродинамическим исследованиям насосных скважин. – Сургут, 1995.
3. Методические указания по комплексированию и этапности выполнения геофизических, гидродинамических и геохимических исследований нефтяных и нефтегазовых месторождений (РД 153-39.0-109-01). – М., 2002.
4. Лысенко В.Д., Миллионщиков Н.В. Исследование малопродуктивных скважин по методу восстановления уровня жидкости. – М: ОАО «РИТЭК», 2003.
5. Свалов А., Дияшев И. Исследования малодобитных скважин в России. Сравнение четырёх методов исследований, применяемых в России / Нефтегазовое обозрение. – 2002. – № 9. – С. 18–19.
6. Шешуков А.И., Фёдоров В.Н., Мешков В.М. Влияние ствола скважины на достоверность гидродинамических исследований // Научно-технический и производственный журнал «Нефтяное хозяйство». – 2001. – № 5. – С. 64 – 67.
7. Шагиев Р.Г. Исследования скважин по КВД. – М.: Наука, 1998. – 304 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА ПОДЗЕМНЫМИ ЯДЕРНЫМИ ВЗРЫВАМИ НА СРЕДНЕБОТУОБИНСКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

А.В. Гоголев, А. В. Казаку

Научный руководитель доцент С.Ф. Санду

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Среднеботуобинское нефтегазоконденсатное месторождение входит в Лено-Тунгусскую нефтегазоносную провинцию, расположено на территории Мирнинского улуса (района), республики Саха (Якутии), приурочено к Среднеботуобинской и Курунградской структурам на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА). Оно открыто в 1970г. Залежи выявлены на глубине 1427–1950 м – залежи осинского и ботуобинского горизонтов. Осинский горизонт представлен низкоемким карбонатным трещиноватым коллектором [1].

Целью данной работы является анализ эффективности и целесообразности интенсификации притока жидкости к скважинам подземными мирными ядерными взрывами (МПЯВ) на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении.

Задачи исследования:

1. изучить общие сведения о применении ядерно-взрывной технологии для увеличения притока нефти и газа из малодобитных залежей;
2. проанализировать результаты проведения подземных ядерных взрывов;
3. определить причины нецелесообразности использования МПЯВ для интенсификации притока;
4. предложить геолого-технические мероприятия для ввода в эксплуатацию осинского горизонта.

В 70-80-е годы прошлого столетия отсутствовал опыт изучения продуктивности низкоемких карбонатных трещиноватых коллекторов в Восточной Сибири и Якутии. Кроме того, негативный вклад внесло недостаточное материально-техническое снабжение МинГео СССР в те годы. Все это послужило поводом для проведения мощного термобарического воздействия (эксперименты «Нева», «Вятка» и др.) [2].

В 60-е и 70-е годы в СССР и США был разработан ряд предложений по использованию ядерно-взрывной технологии (ЯВТ) в различных промышленных назначениях, одним из которых являлось использование ЯВТ для увеличения притоков нефти и газа из малодобитных залежей. Вследствие того, что залежи природных углеводородов располагаются на глубине свыше 1000 м, для данного направления ЯВТ характерно использование камуфлетных взрывов, при которых не происходит прорыва, образующейся при взрыве полости в атмосферу, что необходимо для полного удержания радиоактивных продуктов в центральной зоне взрыва (ЦЗВ) [1].

Процесс подземного ядерного взрыва подразделяют на четыре фазы:

1. выделение огромного количества энергии;
2. расширение полости взрыва (образование макро- и микротрещин);
3. обрушение горных пород выше полости взрыва;