

ТЕХНОЛОГИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ КУМКОЛЬСКОЙ НЕФТИ

А.Т.Джумагулов, А.К.Сматов, А.О.Косанов, М.Б.Тлебаев

ЮКГУ им. М.Ауезова, г. Шымкент

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

КИЭИ, г. Кызылорда

Ожидается, что к 2015 году добыча нефти в Казахстане достигнет объема 120-130 млн. тонн, с учетом возможностей Каспийского шельфа, объемы добычи газа достигнут 70 млрд. кубометров. Кроме того, объем инвестиций в недропользование в 2006 году возрос по сравнению с 1997 годом почти в 5 раз и составил \$14,5 млрд. против \$3,1 млрд. Было отмечено, в частности, что добыча нефти и газового конденсата в 2006 году по сравнению с 1997 годом возросла в 2,5 раза и составила 64,8 млн. тонн. Добыча газа в 2006 году возросла по сравнению с 1997 годом более чем в 3 раза, и составила 27 млрд. кубометров. Кроме того, реализуется второй этап отраслевой программы развития нефтехимической промышленности на 2004-2010 годы.

Разработанные и применяемые в настоящее время методы повышения нефтеотдачи пластов не могут восприниматься как окончательное решение проблемы, поскольку они сопряжены порой с большими энерго- и трудозатратами, не всегда экономически оправданы и экологически безопасны.

Поэтому и практический, и научный интерес представляет поиск новых методов повышения полноты извлечения нефти из эксплуатируемой скважины, по возможности, без указанных выше недостатков, присущих известным способам.

В 80-90 годы прошлого столетия был разработан метод акустического воздействия на внутрискважинную среду и прискважинную зону продуктивных пластов, в настоящее время он прошел стадию апробации в разнообразных геологических и технологических условиях с целью интенсификации извлечения полезных ископаемых различного типа, включая углеводороды, подземные воды, минералы (при выщелачивании горных пород) [1].

Основными преимуществами данной технологии является увеличение дебита непосредственно после обработки скважин; длительность эффекта; возможность применения технологии без остановки работы скважины; отсутствие риска ухудшения показателей скважины и экологичность.

Однако ультразвуковая технология в килогерцевом диапазоне для увеличения дебита скважины применяет повышенное значение интенсивности и, как правило, используемая аппаратура настроена на одну частоту. Этим объясняется увеличение отдачи нефтяных скважин в широком диапазоне - 15-80%.

Наибольшее распространение получила технология с использованием стандартной каротажной техники, в которой используются подъемники и кабели, позволяющие осуществлять перемещение по стволу с передачей электрической энергии на скважинный агрегат – снаряд длиной 1,6-2 м, диаметром 42 мм, содержащий акустический излучатель либо магнитострикционного, либо пьезокерамического типа; устройство генерирует акустические волны ультразвукового диапазона в зоне его нахождения в скважине [2].

Данный метод является многофункциональным и селективным, экологически безопасным, а мобильность и простота его использования при достаточно высокой экономичности по-

звонит отнести его к перспективным. При реализации метода отпадает необходимость «заглушать» фонтанирующие скважины, останавливать процесс добычи, а затраты труда и времени сопоставимы с одномоментными промыслово-геофизическими исследованиями скважин.

Диапазон частот магнитострикционных и пьезокерамических излучателей (20-25 кГц) относится к ультразвуковой области, поэтому и технология называется ультразвуковой. С помощью скважинного прибора в скважине возбуждается акустическое поле интенсивностью до 10 кВт/м². Интенсивность в породе вблизи стенки скважин составляет 1 кВт/м², а на расстоянии около 1 м от стенки интенсивность составляет 0,2 кВт/м² [3].

Для этого основной задачей является изучение низкочастотного воздействия на высоковязкую, высокопарафинистую нефть, а также на воду, т.к. она является неперенным спутником извлекаемой нефти. Кроме того, необходимо научиться использовать эту воду для изменения химического состава высоковязких нефтей путем разложения ее на водород и кислород и произвести гидрокрекинг в скважине, тем самым, улучшая качество нефти в условиях добычи.

Нефть месторождения Кумколь относится к парафинистым со сложными параметрами. При исследовании характеристик дегазированной нефти неоднозначными оказались температура застывания и массовое содержание высокомолекулярных парафинов. Диапазон колебания этих параметров в пределах объектов разработки довольно большой. Пробы характеризуют нефть месторождения Кумколь как легкую, парафинистую, смолистую, малосернистую (таблица 1).

Таблица 1 - Физико-химические свойства и фракционный состав дегазированной нефти

Наименование	Диапазон изменения	Среднее значение
Плотность, кг/м ³	806,0-857,5	823,8
Вязкость, мПа*с: при 20 °С	5,86-25,05	11,024,02
при 50 °С	2,19-7,77	
Температура застывания, °С	3-23	11,6
Температура насыщения нефти парафином, °С	44-52,7	47,8
Массовое содержание, % вес.:		
Серы	0,06-0,39	0,136
АСВ	3,59-14,15	9,15
Парафинов	6,9-19,76	8,86
Объемный выход фракций, % об.:		
до 100 °С	0-11	4,5
до 200 °С	16-38	25,73
до 300 °С	36-60	45,7

Что касается характеристик пластовой воды месторождения Кумколь, то они следующие: верхнеальбеноманская вода относится к переходному сульфатнатриевому – гидрокарбонатнатриевому типу, с минерализацией 1649-2678 мг/л. Содержание сульфатов составляет 154-723 мг/л, гидрокарбонатов 195-268 мг/л, ионов хлора 512-854 мг/л. Катионный состав следующий: кальция 40-150 мг/л, магния 6-36 мг/л, натрия+калия 492-760 мг/л. Содержание механических примесей в воде водозаборных скважин составляет 11,4-21,3 мг/л; нефтепродукты отсутствуют. В общем коллекторе количество механических примесей равнялось 15,8-22,4 мг/л.

Для нефтепромысловой сточной воды характерен хлоркальциевый тип воды, минерализация которой составляет 34894-35113 мг/л, при этом сульфатов содержится в количестве 19,8-19,9 мг/л, гидрокарбонатов 122-146 мг/л, хлора 21344-21515 мг/л, кальция 1500-1550 мг/л, магния 312-330 мг/л, натрия+калия 11571-11576 мг/л, углекислого газа обнаружено в пределах 63-84 мг/л.

Первые опыты по изучению влияния низкочастотных колебаний на слабоминерализованную воду проводились в лабораторном комплексе, где в измерительную часть в стакан с водопроводной водой погружался поршень от динамического преобразователя. Получаемые колебания при этом ориентированы вдоль стакана. Температура воды имела температуру окружающей среды и в опытах изменялась от 17°С до 23°С.

Перед тем как начать кипеть, в воде ниже поршня происходило помутнение, вызванное большим количеством очень мелких пузырьков. По-видимому, наступала деаэрация воды, а только затем происходило вскипание.

Измерялось значение pH до эксперимента и после. Во всех опытах стабильно при образовании кавитационных пузырей pH возрастало на 1,2-1,5 единицы до значения 8,0-8,3. Объем воды после проведения экспериментов изменялся на 40%, т.е. часть жидкости подвергалась деструкции и переходила в газообразное состояние. Уменьшение объема жидкости происходило не за счет испарения из-за термического кипения (температура не превышала 25°C), а именно за счет деструкции воды (ее диссоциации).

Диссоциация воды при повышении температуры повышается. Вода занимает исключительное место среди ионизирующих агентов, растворенных веществ. Вода как растворитель характеризуется целым рядом специфических особенностей, которые не присущи другим растворителям. Эти особенности определяются строением и свойствами молекул H_2O .

При добыче вязких, высокопарафинистых нефтей предусматривается очистка их от воды и ее растворов. Вода при этом находится в различных формах: кристаллической (связанная вода), коллоидной (пленочная вода) и свободной (гравитационная вода).

Представляет интерес использовать эту воду для изменения химического состава вязких нефтей путем разложения ее на водород и кислород с целью синтезировать углеводороды, используя избыточный углерод вязких нефтей для образования веществ - растворителей высокомолекулярных соединений.

Проведенные исследования по применению низкочастотной кавитации на нефть являются пионерными и в литературе не встречаются данные о способности изменять физико-химические свойства при низкочастотном волновом воздействии. Поскольку нефть является дисперсной средой, то не ясно, способно ли вызвать деструкцию низкочастотное воздействие.

Исследования по настоящей теме проводились по двум направлениям. Первое направление связано с деструкцией высокомолекулярных соединений, выполненных на лабораторном комплексе, предназначенном для воздействия на воду и углеводородное сырье акустическими колебаниями в диапазоне частот 10 Гц-200 Гц произвольной формы или широкополосным спектром с комбинированным воздействием.

С этой целью был изготовлен широкополосный многоканальный усилитель с электронным управлением мощностью и встроенными функциональными генераторами, управляемыми напряжением (ГУН).

Вторым направлением исследований является изучение влияния внешнего низкочастотного волнового воздействия на характеристики изучаемой среды (вода и высокопарафинистая нефть).

В этой связи был поставлен эксперимент на лабораторном комплексе по изучению физико-химических свойств нефти в поле низкочастотных колебаний.

В емкость заливали кумкольскую нефть. Значение используемого объема в эксперименте - 150 мл нефти. После погружения в нефть поршня от динамического преобразователя и включения генератора звуковых колебаний, нефть из спокойного состояния при определенной частоте перешла в бурно-кипящее.

Температура нефти до начала эксперимента имела в опытах температуру окружающей среды - 17°C, 18°C, 20°C. После выключения установки температура увеличивалась не более чем на 0,5°C. Давление в емкости было атмосферное. На рисунке 1 приведена хроматограмма исходной кумкольской нефти.

Групповой состав исходной кумкольской нефти приведен в таблицах 2 и 3 (используемый объем 150 мл).

Таблица 2 - Групповой состав исходной кумкольской нефти

№ п/п	Имя группы	Массовая доля, %
1	Бензин 200	32,223
2	Дизельное топливо 200-370	50,877
3	Мазут 370-500	16,274
4	Гудрон выше 500	0,626

Таблица 3 - Групповой состав исходной кумкольской нефти (А=6в)

№ п/п	Имя группы	Массовая доля, %
1	Бензин 200	38,945
2	Дизельное топливо 200-370	44,256
3	Мазут 370-500	16,568
4	Гудрон выше 500	0,232

Возникающая на определенных низких акустических частотах кавитация не приводит к тепловыделению, уровень температуры практически не изменяется в отличие от ультразвукового воздействия. В дальнейшем при интенсивном низкочастотном воздействии на нефть необходимо перейти на магнитострикционный преобразователь.

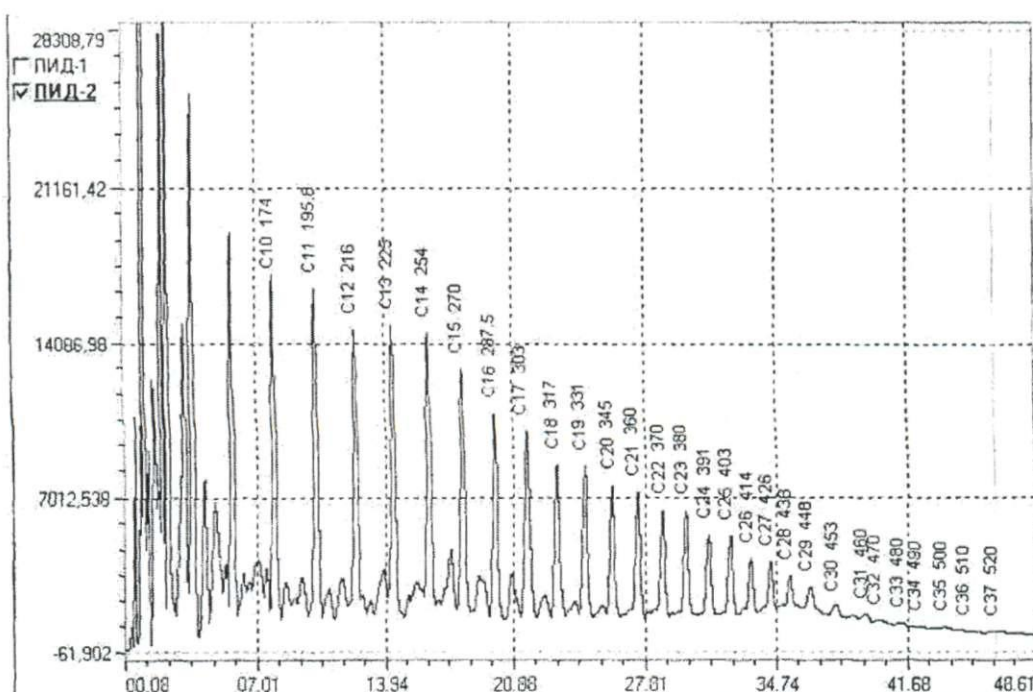


Рисунок 1 - Хроматограмма исходной кумкольской нефти ($v = 0$)

Полученные экспериментальные результаты по воздействию низкими частотами на нефть позволяют предположить, что внутри скважины в призабойной зоне холодным крекингом можно изменять свойства нефти и обеспечивать заданные свойства для эффективной эксплуатации скважины.

Основные научные результаты, полученные при выполнении этих исследований, следующие:

- при воздействии на воду и кумкольскую нефть низкочастотными колебаниями при различной интенсивности возникает кавитация, по виду схожая с кипением;

- при воздействии на воду низкочастотными колебаниями происходит деструкция воды, ее диссоциация с образованием водной части катиона водорода H^+ и гидроксо-иона OH^- в виде катиона гидроксония H_3O^+ в незначительной щелочной реакции (pH 8,8). Восстановление гидроксония до газообразной фазы с образованием H^+ проводилось с помощью цинковой пыли. При этом pH водной среды оставался таким же, как и исходный до низкочастотного воздействия;

- температура воды и нефти при низкочастотной кавитации практически не изменялась, оставаясь равной температуре окружающей среды. Низкочастотное воздействие на кумкольскую нефть вызывало бурное кипение (кавитацию) без выделения тепла;

- в исследуемом диапазоне интенсивности низкочастотного волнового воздействия на кумкольскую нефть происходил холодный крекинг нефти;

- проведен аналитический обзор состояния вопроса при акустическом воздействии на призабойную зону. Все исследования основаны на применении ультразвуковых колебаний;

- изучение низкочастотного волнового воздействия на высоковязкую, высокопарафинистую нефть является пионерным и мало известным в литературных источниках.

В заключение нужно добавить, что приоритетной долгосрочной целью и стратегией реализации задач энергетической отрасли является эффективное использование энергетических ресурсов Казахстана путем быстрого увеличения добычи и экспорта нефти и газа с целью получения доходов, которые будут способствовать устойчивому экономическому росту и улучшению жизни народа [4].

Литература

- 1 Гадиев С.М. Использование вибрации в добыче нефти.- М.: Недра, 1997.
- 2 Афанасенков М.И., Жуйков Ю.Ф., Ахияров А.В. Опыт и перспективы промышленного использования акустического воздействия в различных скважинах //Геология и геологоразведочные работы.- 1999.
- 3 Кузнецов О.Л., Ефимова С.А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности.-М.:Недра, 1983.
- 4 Материалы международной конференции "Стратегия "Казахстан-2030": итоги первого 10-летия и перспективы".

Қорытынды

Бұл мақалада жоғары парафинді, тұтқырлығы жоғары мұнайға төменгі жиіліктегі толқын әсерін зерттеу үшін Құмкөл мұнайына акустикалық әсер ету әдісі қарастырылады.

Summary

In this article the method of acoustical action on kumkol oil for investigation of low frequency mode impact on high-viscosity, high-paraffin crude oil is described.