

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ ЮК2-9 «ТЮМЕНСКАЯ СВИТА» ЕМ-ЁГОВСКОГО ЛУ КРАНОЛЕНИНСКОГО НГКМ

Семенов Перт Вячеславович

студент, Тюменский индустриальный университет, РФ, г. Тюмень

Грачёв Сергей Иванович

научный руководитель, канд. техн. наук, профессор кафедры РЭНГМ, Тюменский индустриальный университет, РФ, г. Тюмень

Аннотация. Для решения инженерных задач по гидродинамическому моделированию процесса разработки нефтегазового месторождения необходима информация о характере движения многофазного потока, а для прогнозирования извлекаемых кондиций – коэффициент вытеснения и остаточном нефтенасыщении пласта-коллектора.

Согласно условиям было выполнено четыре эксперимента по вытеснению нефти различными газами.

- смесью азота с углекислым газом (84% Азот, остальное CO₂);
- метаном;
- моделью попутного нефтяного газа (смесь метана, пропана, бутана, CO₂);
- атмосферным воздухом.

Abstract. To solve engineering problems in the hydrodynamic modeling of the oil and gas field development process, information is needed on the nature of the multiphase flow, and to predict the recovered conditions, the displacement coefficient and the residual oil saturation of the reservoir.

According to the conditions, four experiments were conducted on the displacement of oil by various gases.

- a mixture of nitrogen with carbon dioxide (84% Nitrogen, the rest of CO₂);
- methane;
- a model of associated petroleum gas (a mixture of methane, propane, butane, CO₂);
- atmospheric air.

Ключевые слова: пористость, проницаемость, водоудерживающая способность, фильтруемая жидкость, остаточная нефтенасыщенность, газовое воздействие, модель попутного газа, давление поровое, давление горное.

Keywords: porosity, permeability, water retention ability, filtered liquid, residual oil saturation,

gas effect, associated gas model, pore pressure, mountain pressure.

В связи с тем, что в низкопроницаемые пласты ЮК_{2,9} Ем-Еговской площади не способны принимать воду системы ППД, в качестве вытесняющего агента, в настоящее время рассматриваются различные газообразные составы. Однако, до проведения ОПР по технологии газового воздействия на месторождении, было инициировано проведение лабораторного моделирования обозначенного процесса на керне данного пласта коллектора, с соблюдением термобарических условий пласта, состава агентов воздействия и критериев подобия.

Опыты проводились при условиях залегания пласта: температура – плюс 96°С.; давление поровое – 25,5 МПа; давление горное (гидравлического обжима) – 45 МПа.

Кратко изложим порядок проведения экспериментов.

Физическое моделирование процесса газового воздействия на керне, было выполнено на установке AFS-302 компании Cogelab с привлечением отдельных, дополнительных блоков и коммуникаций.

В проведённой серии экспериментов по вытеснению нефти газами есть важные ключевые моменты:

Мы отказались от стандартного клапана обратного давления. Вместо этого давление на выходе из колонки поддерживалось плунжерным насосом. Такое решение позволяет исключить кавитацию и как следствие скачки давления.

В экспериментах применялся сепаратор высокого давления с программным обеспечением, позволяющим отслеживать положение границы раздела фаз «газ-нефть». Внутри сепаратора находились нефть, насыщенная газом и вытесняющий газ. Поскольку давление в системе равнялось давлению насыщения, то фазы не смешивались между собой и хорошо разделялись внутри сепаратора.

Применение сепаратора высокого давления в итоге позволило отслеживать в реальном времени количество вытесненной нефти.

Дополнительно мы реализовали идею «отсечения» кернодержателя от остальной системы посредством вентиля. Такое решение позволило уменьшить «мёртвый объём» (паразитный объём) системы – увеличить точность замеров вытесненной из керна нефти. Также перед подачей газа в колонку все подводящие и отводящие линии «промывались» газом. Таким образом, на момент начала вытеснения нефти газом, мертвый объём складывался только из объёма гидравлической трубки, расположенной между кернодержателем и сепаратором.

Составление (приготовление) нефти, рекомбинированной газом проводилось на рекомбинационной ячейке. Рекомбинированная нефть соответствовала по характеристикам пластовой нефти.

Исследования газов хроматографическим методом проводилось на базе комплекса хроматографов. Угледородные газы и смеси газов для вытеснения нефти, готовились непосредственно перед экспериментами путем их перевода из баллонов, и далее смешения из большеобъемных насосов в поршневой контейнер. Перед проведением экспериментов, состав газов (и смесей) определялся посредством хроматографии.

Подготовка образцов керна к экспериментам. После экстракции и определения ФЕС отдельных образцов, они насыщались моделью пластовой воды, и затем, посредством ультрацентрифуги на образцах создавалось остаточное водонасыщение. Далее образцы донасыщались керосином и задавливались в резервуаре высокого давления нефтью. Этот этап подготовки является стандартным. Ключевым моментом наших исследований явилось то, что мы проводили всю серию экспериментов на одной и той же наборной модели, т.е. составленную из одних и тех

же образцов.

После завершения первого и последующего, очередного эксперимента, образцы из кернодержателя демонтировались, экстрагировались, и на них вновь создавалась остаточная водонасыщенность. Такой подход позволил реализовать одинаковые начальные условия в каждом из экспериментов серии, и провести корректно сопоставление полученных результатов.

Подготовленная наборная модель пласта ЮК₂₋₉, помещалась в витонтовую манжету и далее вся сборка - в кернодержатель стенда. Затем «пласт» постепенно, и одновременно нагружался пластовым давлением и давлением гидрообжима (горным). После опрессовки всех линий собранной установки, приведения кернодержателя и всех систем в исходные режимные положения по давлению, проводилось нагревание всех коммуникаций до пластовой температуры. При этом, соответствующими насосами в режиме поддержания пластового давления контролировалось давление рекомбинированной пробы нефти, и всех других гидравлически связанных линий и емкостей.

Для более полного растворения и выноса воздуха, случайно попавшего вместе с образцами керна при зарядке, через модель пласта производилась фильтрация 3÷4 поровых объёмов керосина. Во время движения керосина в режиме поддержания постоянного расхода, дифференциальным манометром фиксировали перепад давления на модели, и после его стабилизации, фильтрацию останавливали.

Одновременно с указанной процедурой, сепаратор высокого давления заполняли исследуемым газом и поднимали в нем давление до пластовой величины, с целью предотвращения разгазирования пластовой нефти.

Далее, керосин замещался на рекомбинированную газом нефть, в количестве 4÷5 поровых объёмов. Во время фильтрации нефти по сепаратору высокого давления отслеживали количество прошедшей через образец нефти. Когда скорость прироста нефти, поступающей в сепаратор, становится равной расходу нагнетающего насоса, процесс замещения считается завершённым.

Для частичного восстановления смачиваемости внутривпорового пространства коллектора, процесс фильтрации нефти прекращали на трое суток. После возобновления движения нефти, на 4÷6 режимах поддержания постоянного расхода, определяли проницаемость по нефти при $K_{во}$.

Далее, входной нефтяной вентиль кернодержателя перекрывался, как и выходной вентиль на ёмкости с пластовой нефтью. Линия подачи продувалась газом через байпас до тех пор, пока газ не появлялся в сепараторе. Далее газ продолжал идти в обход кернодержателя в количестве двух объёмов пор, и через блок поддержания порового давления, стравливался на атмосферу.

Процесс вытеснения нефти газом осуществлялся закачиванием последнего в «пласт» сверху вниз (кернодержатель располагался вертикально). Для этого, при равенстве порового давления и давления в газовой линии, входной вентиль на кернодержателе открывали, и с постоянным расходом в керн нагнетался тот или иной газ.

Вытесняемая нефть, снизу попадала в вертикально расположенный сепаратор. Во время вытеснения, фиксировалось: количество накопленной в сепараторе нефти, перепад давления на модели, температура, поровое давление и «горное» давление. По прямым наблюдениям за количеством вытесненной нефти, с учетом «мёртвого» объема гидравлической линии, рассчитывался коэффициент вытеснения. Расчеты проводили по балансу начальной нефти в поровом пространстве, и вышедшей из него в процессе воздействия. Общее количество профильтрованного газа равнялось 6-и объёмам порового пространства. На последней стадии экспериментов расход газа увеличивали вдвое и на 3-ёх режимах определяли газопроницаемость при остаточной нефтенасыщенности в присутствии неподвижной воды.

По завершению вытеснения, проводили охлаждение всей системы с поддержанием пластового

давления. После завершения охлаждения нагнетательный насос останавливали, входной вентиль перекрывали, поровое давление в керне плавно стравливали до атмосферного, снижая давление в управляющем блоке насоса противодействия. На этом данный эксперимент прекращали, давление гидрообжима плавно снижали. Затем приступали к разборке кернодержателя.

После завершения всех 4-ёх экспериментов, на образцах методом Дина-Старка определяли $K_{во}$.

Данная работа проведена для получения исходных данных для выполнения работ по обоснованию агента вытеснения нефти тюменской свиты различными.

Эксперименты по закачке агента с CO_2 определили принципиальную возможность использования агентов с CO_2 для вытеснения нефти и показали самый высокий коэффициент вытеснения нефти – 47,5% по сравнению с использованием газов – метана, попутного газа и воздуха.

Список литературы:

1. ГОСТ 39-195-86 «Нефть. Метод определения коэффициентов вытеснения нефти водой в лабораторных условиях».
2. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа.
3. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. «Петрофизика». М. Недра, 1991, 368 с.
4. Кобранова В.Н., Извеков Б.И., Пацкевич С.Л., Шварцман М. Д. Определение петрофизических характеристик по образцам. М., «Недра», 1977, 432 с.
5. СТО 11-23-2014 Породы горные. Методика измерений коэффициента водонасыщенности и коэффициента нефтенасыщенности с использованием аппарата Дина-Старка».
6. СТО 11-13-2014 Породы горные. Методика измерений коэффициента восстановления пласта после воздействия технологической жидкостью;
7. СТО 11-30-2014 Породы горные. Методика измерений остаточной нефтенасыщенности и коэффициента вытеснения нефти водой.