

Инициирование нефтяного пласта термохимическим способом в процессе внутрипластового горения

А.А. Боксерман (Москва, Россия)

belyaev-y@yandex.ru

д.т.н., профессор, Советник Генерального директора ОАО «Зарубежнефть»

Ю.А. Беляев

канд. техн. наук., ст. н.с. «Научного центра нелинейной волновой механики и технологии» РАН

В процессе добычи нефти методом внутрипластового горения пласта инициирование горения нефти предложено проводить с применением окислительно-каталитической смеси $Mn_2O_7 + H_2SO_4$.

Материалы и методы

Материалы: $KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Mn_2O_7 + \dots$ Лабораторное исследование: Подача смеси $Mn_2O_7 + H_2SO_4$ в модель пласта, заполненную песком, насыщенного тяжелой нефтью. Моментальное возгорание нефти в модели пласта. Введение в состав пласта этанола позволяет уменьшить количество окислительной смеси более чем в два раза.

Ключевые слова

тяжелая нефть, внутрипластовое горение, окислительно-каталитическая смесь, этиловый спирт

Initiation of petroleum formation in situ combustion of oil

Author

Arkadiy A. Bokserman (Moscow, Russia)

doctor of Sc., professor, advisor to General Director OJSC «Zarubejneft».

Yuriy A. Belyaev

Ph.D., SR «Scientific Center of Nonlinear Wave Mechanics and Technology» RAS.

Abstract

In the process of oil extraction by in-situ combustion initiation was proposed to carry out with the use of oxidation-catalyst mixture $Mn_2O_7 + H_2SO_4$.

Materials and methods

Materials: $KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Mn_2O_7$
Laboratory research: mixtures $Mn_2O_7 + H_2SO_4$ injection in the model of the reservoir filled with sand, saturated with heavy oil. Instant ignition of oil in the reservoir model. Injection

В течение последних лет в нефтяной промышленности наблюдается устойчивая тенденция ухудшения структуры запасов нефти, что связано с увеличением числа вводимых в разработку месторождений с трудно извлекаемыми запасами в низко проницаемых коллекторах с высокой вязкостью нефти, в карбонатных коллекторах с осложненными геолого-физическими условиями [1]. Кроме того, продолжается снижение коэффициента нефтеизвлечения — основного показателя рационального использования сырьевой базы. С 1960 г. он уменьшился с 51 до 28 %. Это объясняется ухудшением структуры запасов [2].

Применяемые в настоящее время традиционные методы нефтеизвлечения и стимулирования производительности скважин не дают ожидаемого результата. Это стимулирует проведение исследований в направлении разработки эффективных методов эксплуатации малодебитных скважин с низко проницаемыми коллекторами, которые бы не отличались высокой стоимостью и сложностью применения [3]. В этой связи нефтяники стали уделять большое внимание проведению исследований в направлении разработки эффективных методов эксплуатации малодебитных скважин с низко проницаемыми коллекторами, которые бы не отличались высокой стоимостью и сложностью применения [3]. В этой связи нефтяники стали уделять большое внимание проведению исследований в направлении разработки эффективных методов эксплуатации малодебитных скважин с низко проницаемыми коллекторами, которые бы не отличались высокой стоимостью и сложностью применения [3]. В этой связи нефтяники стали уделять большое внимание проведению исследований в направлении разработки эффективных методов эксплуатации малодебитных скважин с низко проницаемыми коллекторами, которые бы не отличались высокой стоимостью и сложностью применения [3].

добычи с применением методов увеличения нефтеотдачи. Важно подчеркнуть, что возрастает роль тепловых методов, основанных на внутрипластовых окислительных процессах. Более того, этому направлению развития тепловых методов увеличения нефтеотдачи в ближайшем десятилетии зарубежные специалисты придадут приоритетное значение [11]. Повышение температуры в призабойной зоне пласта (ПЗП) приводит к уменьшению вязкости, увеличению текучести и смачиваемости нефтью породы, а также облегчает движение нефти к добывающим скважинам. Тепло можно вводить с поверхности посредством нагнетания подогретой жидкости, водяного пара, теплоносителей и пр. Наиболее эффективным решением является генерирование тепла непосредственно внутри пласта за счёт внутрипластового горения (ВПГ) части углеводородного сырья. Экзотермические реакции окисления позволяют нагреть горную породу до температуры 400–700 °С. Подача воды в зону реакции создаёт условия влажного внутрипластового горения, при котором наблюдается меньшая деструкция нефти, уменьшается количество окислителя на процесс и повышается коэффициент извлечения нефти до 70%.

При проведении процесса ВПГ первой стадией является инициирование горения пласта, с целью организации начала окислительных реакций. Это достигается введением в скважину легкоокисляющегося агента и разогрев его с последующей подачей окислителя (воздуха). Процесс длительный и требует больших энергетических затрат.

Для сокращения времени инициирования в институте ВНИИнефть были проведены исследования организации процесса с применением окислительно-каталитической смеси на основе димарганецгептоксидов и серной кислоты.

Экспериментальную проверку способа инициирования горения пласта осуществляли на лабораторной установке (рисунк 1). Основным звеном установки являлась трубная модель пласта (1) длиной 0,4 м. и

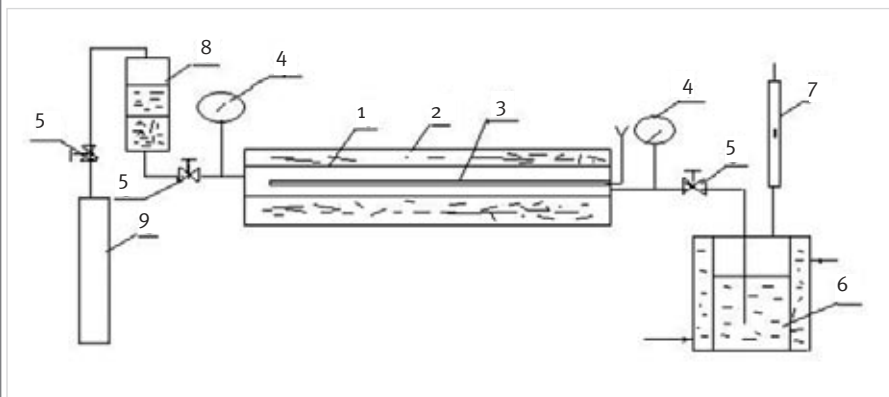


Рис. 1 — Технологическая схема исследования процесса инициирования нефтяного пласта.

внутренним диаметром 0,02 м. Модель оборудована осевым термодинамическим стволем (3), манометрами 4, игольчатыми вентилями (5), а также сепаратором-холодильником (6), ротаметром 7, поджимкой 8 и баллоном с воздухом 9. Теплоизоляция трубной модели выполнена в виде кожуха, заполненного стекловатой и шнуровым асбестом.

Работа проводилась по следующей методике. Готовая окислительно-каталитическая смесь с массовым соотношением $Mn_2O_7 : H_2SO_4 = 1 : 2$ в количестве 0,1 пор (портового объёма модели), что соответствовало в указанном случае расчётному количеству 0,75 т окислительной смеси (ОКС) на 1 м вскрытой толщины пласта, помещалась в поджимку (8) в нижнюю часть. ОКС продавливали воздухом из баллона (9) в модель пласта водным раствором Ca_2SO_4 (находящимся в верхней части поджимки). Момент контакта ОКС с пластовой нефтью в условиях недостатка воздуха сопровождался резким подъёмом температуры (до 520 °С) и перепада давления на модели до 2 МПа. Состав газов горения, определённый через 29 сек. после возгорания, представлен в таблице 2. В данном процессе преимущественное значение имеют реакции окисления, на что указывает повышенное содержание в газе кислорода, оксида и диоксида углерода. Незначительное содержание метана в газе свидетельствует о том, что реакции крекинга в данном процессе имеют второстепенное значение.

нищаемости по воздуху. Выяснилось, что в результате дожига нефти проницаемость по воздуху снизилась с 12Д до 0,4Д.

В случае подачи в модель пласта кислородсодержащего соединения, (этанола), расход ОКС на организацию процесса уменьшился в два раза. Количество спирта в эксперименте выбрано из расчёта расхода 1т на 1 м вскрытой толщины пласта. Момент контакта каталитической смеси с этанолом сопровождался резким подъёмом температуры от комнатной до 560 °С, при этом перепад давления составил 2,2 МПа. Последующая закачка воздуха способствовала распространению фронта горения в модели пласта. Состав газов горения, определённый через 29 сек. после возгорания, представлен в таблице 2.

В данном процессе преимущественное значение имеют реакции окисления, на что указывает повышенное содержание в газе кислорода, оксида и диоксида углерода. Незначительное содержание метана в газе свидетельствует о том, что реакции крекинга в данном процессе имеют второстепенное значение.

Итоги

Проведены лабораторные исследования по инициированию нефтяного пласта в процессе внутрипластового горения нефти.

Выводы

Экспериментально показана возможность применения окислительно-каталитической смеси при организации инициирования процесса внутрипластового горения нефти. Показано, что подача в пласт этанола при организации инициирования процесса горения нефти позволяет уменьшить количество окислительно-каталитической смеси в два раза.

Состав газов	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	CO
Состав воздуха	21,12	78,88	-	-	-
Газы горения	31,53	23,16	15,88	20,28	9,15

Таб. 1 — Состав газов горения при взаимодействии ОКС с пластовой нефтью

Состав газов	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	CO
Состав воздуха	21,12	78,88	-	-	-
Газы горения	32,37	35,30	0,12	19,31	12,9

Таб. 2 — Состав газов горения при взаимодействии ОКС и этанола с пластовой нефтью

Список использованной литературы

- Кудинов В.И. Основы нефтегазопромышленного дела. Москва-Ижевск: 2004, 720 с.
- Вакатов С. Н., Сапожников А.Е., Оленчикова Д.М. (ЗАО «ИННЦ»). Повышение эффективности разработки месторождений системой горизонтальных скважин и боковых горизонтальных стволов на Мискинском месторождении Удмуртской Республики. Научно-технический вестник РОСНЕФТЬ. 2008 г. № 4, с. 24-27.
- Шмал Г. Нефтяная отрасль не скатерть – самобранка. Нефть России, 2009 г. № 5, с. 20 – 23.
- Горшенев В. С. ОАО «Зарубежнефть» расширяет своё присутствие в России и за рубежом. Нефтяное хозяйство. 2009 г. № 5, с. 10-12.
- Патент США «3379254, Кл. 166-38, 1968.
- Боксерман А.А., Лыков С.Н., Беляев Ю.А., Булыгин М.Г. Авторское свидетельство СССР, № 1068046, Кл. E 21 B 43/243, 1980г.
- Амелин И.Д., Сергеев А.И., Гейхман Г.М. Тепловое

- воздействие на пласт движущимся фронтом горения (опытно-промышленные работы на залежи нефти Павлова Гора). Нефтяное хозяйство. 1969 г., № 1, с. 41-46.
- Боксерман А. А., Жданов С.А., Желтов Ю. П., Кочешков А. А. Исследования в области методов повышения нефтеотдачи путём сочетания заводнения с тепловым воздействием на пласты. Сб. «Тепловые методы добычи нефти». М., Наука, 1975 г., с. 110-116.
 - Сайфуллин З.Г., Насибуллин Р.Л., Фаткуллин А.Х. «Труды Татарского НИИ и проектного института нефтяной промышленности», 1975, вып. 30, с. 370-378.
 - Ширинов Ш.Г., Гейдаров М.И., Вельев Ю.С., Ширмамедов Х.А., Петросян Р.П. К вопросу о регулировании процессов внутрипластового горения (на примере площади Харасаны-Балаханы-Сабунчи Романинского месторождения. Ж-л. Азербайджанское нефтяное хозяйство., №3, 1976 г. с.41-43.
 - V. Alvarado, E. Manrique. Energies. 2000., № 3. p. 1532.

in the formation of ethanol reduces the amount of an oxidizing mixture in more than two times.

Results

Laboratory researches on the initiation of oil formation in situ combustion of oil have been carried out.

Conclusions

Experimentally the possibility of using oxidation-catalyst mixture during the organization of the initiation process in-situ burning of oil has been demonstrated. It is shown that the injection of ethanol into the formation during the organization to initiate the combustion of oil reduces the amount of oxidation-catalyst mixture in half.

Keywords

heavy oil, in-reservoir burning, oxidation catalyst-mixture, ethanol

References

- Kudinov V.I. Osnovy neftegazopromyslovo-go dela. Moskva-Izhevsk. 2004. 720 s.
- Vakotov S. N., Sapozhnikov A.E. Olencikov D.M. (ZAO «INNCS»). Povyshenie effektivnosti razrabotki mestorozhdeniy sistemoy gorizontálnikh stvolov na Mishkinskom mestorozhdenii Udmurtskoy Respubliki. Nauchno-tehnicheskyy vestnik ROSNEFT. 2008 g. № 4, s. 24-27.
- Shmal G. Neftyanaya otrasl ne skatert samobranka. NeftRossii, 2009. № 5, s. 20-23.
- Gorshenev V. S. ОАО «Zarubezhneft» rasshi-ryaet svoje prisutstvie v Rossii I za rubezhom. Neftyanoe khozyaistvo. 2009 g. № 5. s. 10-12.
- PatentSSHA № 3379254, Rl. 166-38, 1968 g.
- Bokserman A.A., Lykov S. N., Belyaev Yu. A., Bulygin M. G., Avtorskoe svidetelstvo SSSR, № 1068046, Kl. E 21 B 43/243, 1980 g.
- Amelin I.D., Sergeev A. I., Geykhan G. M., Teplovoe vozdeystvie naplast dvizhushchimsya frontom gorennya (opytно-promyslennyye rabotynana zalezhi Pavlova gora). Neftyanoe khozyaistvo. 1969 g. № 1, s. 41-46.
- Bokserman A. A., Zhdanov S. A. Zheltov Yu.P., Kocheshkov A.A. Issledovaniya v oblasti metodov povysheniya nefteotdachi putem sochetaniya zavodneniya s teplovym vozdeystviem na plasty. Sb. «Teplovye metody dobychi nefti». «Nauka», 1975 g. s. 110-116.
- Saifullin Z. G., Nasibullin P.L., Fatkullin A.Kh. «Trudy Tatarskogo N I I proektnogo institutaneftyanoy promyshlennosti», 1975 g. vyp. 30, s. 370-378.
- Shirinov Sh. G., Geidarov M.I., Velev Yu. S. Shirmamedov Rh.A., Petrosyan R. P. K voprosu o regulirovani protsessov vnutriplovstovogo gorennya (na primere ploshchadi Kharasany Balakhany – Sabunchi Romanskogo mestorozhdeniya. Zhurnal Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozyaistvo., 1976 g. s. 41-43.
- Alvarado V., Manrique E. «Energies», 2010 g. № 3, p. 1532.