УДК 622.24

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF INCREASE IN OIL RECOVERY OF LAYERS AT A LATE STAGE OF OPERATION OF THE FIELD

Кокарев Максим Олегович
студент-магистр,
Южно-Российский государственный
политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт)
им. М.И. Платова
13050465@mail.ru

Мирский Андрей Владимирович
студент-бакалавр,
Южно-Российский государственный
политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт)
им. М.И. Платова,
13050465@mail.ru

Kokarev Maxim Olegovich
student master,
Southern Russian state
polytechnical university
(Novocherkassk Polytechnical Institute)
of M.I. Platov
13050465@mail.ru

Mirsky Andrey Vladimirovich
student bachelor,
Southern Russian state
polytechnical university
(Novocherkassk Polytechnical Institute)
of M.I. Platov,
13050465@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы повышения нефтеотдачи пластов. Приведены самые совершенные на сегодняшний день технологии и схемы их влияния на призабойную зону пласта. Описана основная сущность каждого способа разработки трудноизвлекаемых запасов и механизм их вытеснения. Выполнены практические решения задачи по комбинированию различных способов нефтеизвлечения.

Ключевые слова: призабойная зона пласта (ПЗП), газо- и гидроразрыв пласта (ГРП), геолого-технические мероприятия (ГТМ), методы увеличения нефтеотдачи (МУН), постоянно действующие геолого-технические (фильтрационные) модели (ПДГТМ), методы ремонтно-изоляционных работ (РИР), волокнисто- и полимернаполненные дисперсные системы (ВДС и ПНДС), паротепловая обработка скважин (ПТОС), термогазовое воздействие (ТГВ), термогазохимическое воздействие (ТГХВ), третичные методы, депрессионная камера, пороховые зарядамы АДС-5М.

Annotation. In article the main methods of increase in oil recovery of layers are considered. The most perfect are brought technologies and their diagrams of influence on a bottomhole zone of layer today. The main entity of each method of development of hardly removable inventories, the mechanism of their extrusion is described. Practical decisions tasks on a combination of different methods of petroextraction are carried out.

Keywords: bottomhole zone of layer (BZL), gazo-and hydraulic fracturing of layer (GRP), geological and technical actions (GTA), methods of increase in oil recovery (MIOR), permanent geological and technical (filtrational) models (PDGTM), methods of the repair and isolation operations (RIO), fibrous and polimernapolnenny disperse systems (VDS and PNDS), steam processing of slits (PTOS), termogazovoyevozdeystvy (TGV), thermogas-chemical influence (TGHV), tertiary methods, depressionny camera, powder zaryadama of ADS-5M.

Каждое нефтяное месторождение проходит свой определенный жизненный цикл, состоящий из нескольких характерных этапов. Например, на этапе разработки месторождение нефти проходит через определенные стадии, которые так и называются: стадии разработки месторождения.

В настоящее время выделяют 4 стадии разработки:

I стадия – стадия интенсивного освоения нефтяного месторождения;

II стадия – максимальный уровень добычи;

III стадия – стадия падения добычи нефти;

IV стадия – поздняя (завершающая) стадия разработки [1].

Так как заводнение пока остается одним из ведущих методов разработки, то важным мероприятием является повышение эффективности этого способа разработки за счет различных геолого-технических мероприятий (ГТМ) на скважинах, а также дополнительных гидродинамических методов воздействия (гидроразрыва пласта, горизонтальных скважин, системного воздействия и других). Немаловажным направлением повышения нефтеизвлечения является использование методов воздействия, которые основаны на других, более эффективных вытесняющих агентах (тепловые, газовые, физико-химические методы), – «третичные» или «современные» методы прироста нефтеотдачи. Ещё

в прошлом веке заводнение как метод воздействия на нефтяной пласт отвечало задачам развития добычи нефти в стране, но сейчас, с вводом в разработку все большего количества трудноизвлекаемых запасов, необходимость внедрения принципиально новых технологий и методов увеличения нефтеотдачи стала очевидной.

Применение третичных методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов считается наиболее эффективным решением, поскольку поздняя стадия разработки месторождений характеризуется высокой степенью обводненности продукции и увеличением трудноизвлекаемых запасов нефти.

Также существует необходимость грамотного построения постоянно действующих геолого-технических (фильтрационных) моделей (ПДГТМ). Они включают в себя структурное моделирование разломов, пространственное распределение коллектора, корректировку местоположения проектных остаточных запасов. [3]

На сегодняшний день существуют всевозможные технологии по повышению нефтеотдачи пластов на поздних стадиях эксплуатации месторождений.

Наиболее интересные и перспективные из них:

- Нестационарное (циклическое) заводнение.

Метод основан на циклическом воздействии и изменении направления потоков жидкости. Это приводит к тому, что в пластах, обладающих неоднородностью по размерам пор, проницаемости слоев, пропластков, зон, участков и неравномерной их нефтенасыщенностью (заводненностью), вызванной этими видами неоднородности, а также отбором нефти и нагнетанием воды через дискретные точки – скважины, искусственно создается нестационарное давление. Оно достигается за счёт изменения объемов нагнетания воды в скважины или отбора жидкости из скважин.

- Форсированный отбор жидкости.

Технология заключается в постепенном увеличении дебитов добывающих скважин (уменьшении забойного давления $P_{заб}$). Сущность метода состоит в создании высоких градиентов давления и увеличении скорости фильтрации, путем уменьшения $P_{заб}$. В неоднородных сильно обводненных пластах вовлекаются в разработку остаточные целики нефти, линзы, тупиковые и застойные зоны, малопроницаемые пропластки и др., происходит отрыв пленочной нефти с поверхности породы.

- Ремонтно-изоляционные работы.

На завершающих стадиях разработки большое значение имеет ограничение притоков пластовой и закачиваемой воды.

Для этой цели применяются различные методы ремонтно-изоляционных работ (РИР), в результате которых не только уменьшается обводненность продукции, но и также повышается охват пласта процессом выработки запасов.

Чаще всего для изоляции обводненных пропластков или ликвидации заколонной циркуляции применяется цемент.

В случае, когда происходит прорыв воды по отдельным высокопроницаемым пропласткам, используется метод селективной (избирательной) изоляции. Вариантами этого метода являются применение кремнийорганических соединений (продукт 119-204, Акор), закачка силиката натрия (жидкое стекло), волокнисто- и полимернаполненных дисперсных систем (ВДС и ПНДС).

- Гидроразрыв и газоразрыв – механический метод воздействия, при котором порода разрывается по плоскостям минимальной прочности под действием давления, создаваемого закачкой в пласт флюида.

- Третичные методы.

В последнее время нефтяные компании планируют увеличение применения газовых, водогазовых, термогазовых, тепловых и физико-химических методов воздействия на пласт. Эти технологии основаны на более сложных процессах вытеснения нефти, поэтому проектирование промышленных работ должно основываться на максимально полной геологической информации о пласте.

А) Физико-химические МУН более системно применяются в последние годы на месторождениях таких крупных нефтяных компаний, как ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Роснефть». Основная сущность этих работ – уменьшение подвижности вытесняющей жидкости и, как следствие, преодоление вязкостной неустойчивости вытеснения, увеличение охвата заводнением, предотвращение ранних прорывов воды, закачиваемой в пласт к добывающим скважинам, снижение обводненности добываемой нефти и водонефтяного фактора в целом. Создание в пласте оторочки полимерного раствора объёмом около 30 % от порового пространства может повысить нефтеотдачу на 10–13 %. В этих технологиях применяются полимеры – полиакриламид и его различные модификации.

Б) Одними из самых приоритетных методов повышения нефтеотдачи пластов, наиболее подготовленными технологически и технически, являются тепловые, когда в продуктивный пласт вводится тепло. При этом вязкость нефти снижается, а нефтеотдача увеличивается.

Среди тепловых методов воздействия на нефтяные пласты выделяют два основных направления:

– закачка в пласты пара и нагретой воды;
– внутрипластовое горение.

Эти методы основаны на паротепловом воздействие на пласт, внутрипластовом горении, вытеснении нефти горячей водой, пароциклической обработки скважин, а также комбинированное использование этих технологий.

Рекомендуемый вариант разработки предусматривает паротепловые обработки скважин (ПТОС). Технология основана на периодической закачке пара в добывающие скважины. [9] Длительность закачки пара на первом этапе опробования технологии ПТОС составляет 12–24 часа. После закачки пара в расчетное время осуществляется отбор продукции (рис. 1).

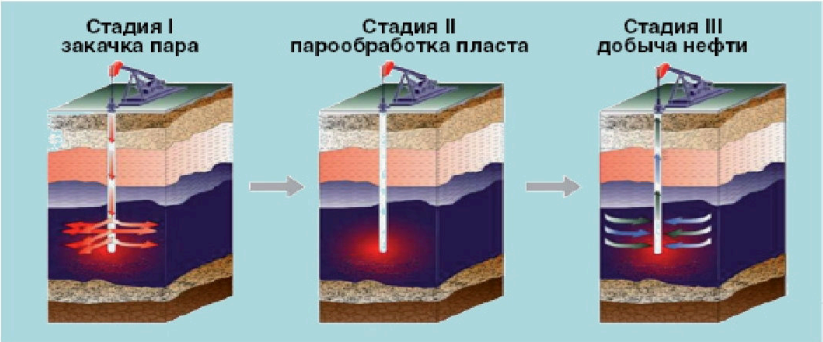

Рисунок 1 – Технология ПТОС

Технологии термогазового воздействия (ТГВ) созданы на стыке тепловых и газовых МУН и имеют принципиальные отличия от обычно понимаемого процесса внутрипластового горения, реализуемого на высоковязких нефтях. [10] В термогазовой технологии на фронте высокотемпературных реакций вытесняется около 5–15 % нефти. Основное вытеснение осуществляется впереди, и задача фронта горения (зоны высокотемпературных окислительных реакций) – генерировать эффективные вытесняющие агенты: CO_2, легкие углеводородные фракции, азот, водяной пар. Фронт горения в данной технологии играет вспомогательную роль. Основное вытеснение обеспечивается именно газовыми агентами. Одной из главных особенностей технологии ТГВ является использования важных энергетических особенностей месторождений, характеризующихся не только высоким пластовым давлением, но и повышенными пластовыми температурами (60 °С и более).

Исходя из математических исследованих, размер зоны полного потребления закачиваемого в пласт вместе с воздухом кислорода намного меньше, чем расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами, что обеспечивает безопасное использование термогазового МУН (рис. 2).

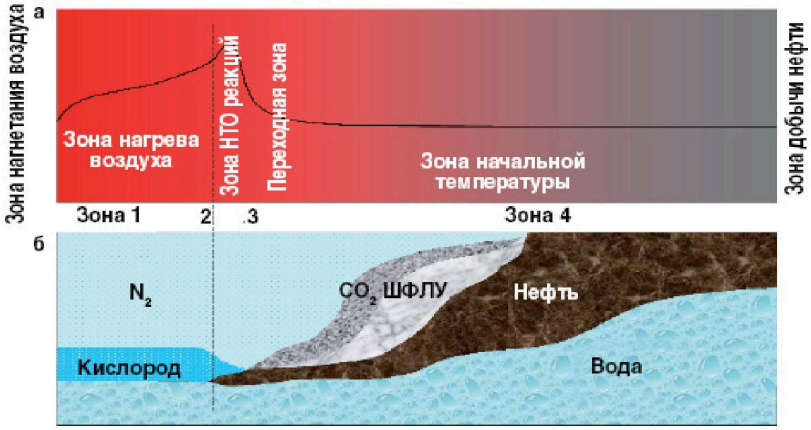

Рисунок 2 – Механизм вытеснения нефти при термогазовом воздействии

В) Газовые методы характеризуются воздействием на пласт углеводородного газа, двуокиси углерода, азота, дымового газа, а также водогазового воздействия. Эти технологии сочетают преимущества газа и воды.

Г) Одно из самых прогрессивных направлений совершенствования технологии воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП) – комплексное (совмещенное) их сочетание по механизму действия. [2]

К таким технологиям относятся:

– термокислотные обработки;
– внутрипластовые термохимические обработки;
– термогазохимическое воздействие (ТГХВ) и др.

Термогазохимическое воздействие на ПЗП заключается в сжигании на забое скважин порохового заряда, который спускается на электрокабеле. [4] Это так называемый «щадящий» метод для скважины в целом, по сравнению с разрывом пласта, он неэффективен в пластах с ухудшенными коллекторскими свойствами. Время сгорания регулируется и может длиться от нескольких минут до долей секунд. Интенсивность процесса изменяется также в зависимости от массы сжигаемого заряда (от 20 до 500 кг). При быстром сгорании порохового заряда (0,01–1 с) на локальном участке в ПЗП создается высокое давление (100–250 МПа). Под действием этого в породе возникают аномальные напряжения, приводящие к необратимым деформациям, и начинается механическое воздействие на пласт, которое приводит к образованию в нем новых трещин и расширению существующих под действием давления пороховых газов. Обработки проводятся обычно без пакера. Процесс включает в себя термогазохимическое и депрессионное воздействия. Что можно наблюдать на примере Леоновского месторождения. [7] Многократные репрессионные импульсы давления (рис. 1, участок 1–2) обеспечивают достаточно глубокое проникновение горячей смеси пороховых газов и химреагента в пласт. Серия депрессионных импульсов давления (рис. 1, участок 2–3) при срабатывании депрессионной камеры также разрушают твердые неорганические отложения в интервале перфорации, потерявших сцепление со стенкой скважины в результате расплавления парафинов. При этом подвижные органические и неорганические отложения выносятся через перфорационные каналы в скважину и частично попадают в депрессионную камеру.

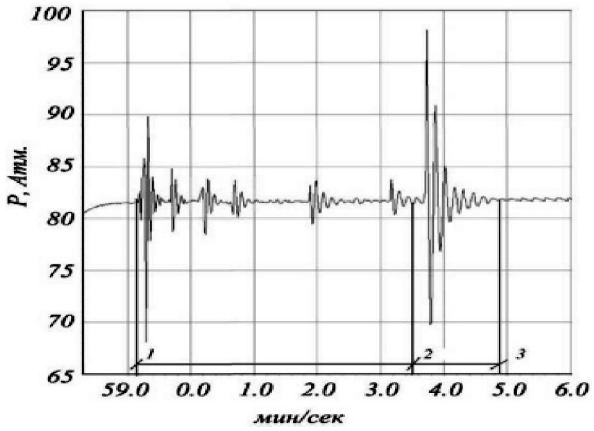

Рисунок 3 – Диаграмма давления при ТГХВ пороховыми зарядами АДС-5М (Леоновское нефтегазовое месторождение, Ростовская область)

Выполненный анализ по обобщению промыслового материала и изложенных в технической литературе данных по проблеме МУН позволили сделать следующие выводы:

1. Применение технологии заводнения на сегодняшний день не потеряло актуальности, более того оно развивается в сочетании с другими методами.
2. В последнее время использование третичных методов становится актуальным, что подтверждается практикой известных добывающих компаний.
3. Установлено, что сочетание комплекса комбинированных методов, таких как ТГХВ, приводит к увеличению дебита на Леоновском месторождении.

Для пластов с ухудшенными коллекторскими свойствами необходимы методы гидро- и газоразрыва пласта. Перед проведением этих работ во избежание нарушений колонны и цементного кольца предлагается выполнять ТГХВ для удаления отложений со стенок скважины в интервале перфорации.

Литература:

1. А.Я. Третьяк, В.Ф. Чихоткин, Ю.М. Рыбальченко. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2010. – 270 с.
2. А.Я. Третьяк и др. Методы увеличения нефтеотдачи пластов : учебное пособие. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2010. – 227 с.
3. Тер-Саркисов Р.М., Максимов В.М., Басниев К.С., Дмитриевский А.Н., Сургучев Л.М. Геологическое и гидротермодинамическое моделирование месторождений нефти и газа, 2013. – 452 с.
4. Л.М. Рузин, О.А. Морозюк. Методы повышения нефтеотдачи пластов : учебное пособие. – Ухта : УГТУ, 2014. – 127 с.
5. В.В. Попов, И.А. Богуш, А.Я. Третьяк, О.В. Савенок, А.В. Лаврентьев. Поиск, разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа : учебник. – ЮРГПУ (НПИ) и КубГТУ, 2015. – 343 с.
6. А.Я. Третьяк, О.В. Савенок, В.В. Швец. Охрана труда и техника безопасности при поисках и эксплуатации месторождений углеводородного сырья : учебник. – ЮРГПУ (НПИ) и КубГТУ, 2016. – 226 с.

7. Третьяк А.Я., Чикин А.В., Рыбальченко Ю.М., Целиков А.В. Применение термогазохимического метода для увеличения нефтеотдачи пласта на Леоновском месторождении (тезисы). Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России : тез. Докл. 5-ой ноуч.-техн. конф., г. Москва, 23–24 янв. 2003 г. – Секц. 2: Разработка и эксплуатация месторождений природных углеводородов. – М. : РГУНиГ, 2003. – С. 142.
8. Материалы 19-ой международной научно-практической конференции 2–5 июня 2015: Состав технологической жидкости для реагентной обработки призабойной зоны пласта / Рогов Е.А., Солдаткин С.Г.; Комплексные методы применения технологий и реагентов ООО «Синергия технологий» для повышения нефтеодачи пластов и капитального ремонта скважин / Ефимов О.Д.
9. URL : http://neftegaz.ru/ (дата обращения: 25.02.2017 г.).
10. URL : http://www.runeft.ru/ (дата обращения: 25.02.2017 г.).

References:

1. A.Ya. Tretiak, V.F. Chikhotkin, Yu.M. Rybalchenko. Development and operation of oil and gas fields : manual. – Novocherkassk : YuRGPU (NPI), 2010. – 270 p.
2. A.Ya. Tretiak, etc. Methods of increase in oil recovery of layers: manual. – Novocherkassk : YuRGPU (NPI), 2010. – 227 p.
3. Ter-Sarkisov R.M., Maximov V.M., Basniyev K.S., Dmitriyevsky A.N., Surguchev L.M. Geological and hydrothermodynamic modeling of oil and gas fields, 2013. – 452 p.
4. L.M. Ruzin, O.A. Morozyuk. Methods of increase in oil recovery of layers: manual. – Ukhta : UGTU, 2014. – 127 p.
5. V.V. Popov, I.A. Bogush, A.Ya. Tretiak, O.V. Savenok, A.V. Lavrentyev. Search, investigation and operation of oil and gas fields : textbook. – YuRGPU (NPI) and KUBGTU, 2015. – 343 p.
6. A.Ya. Tretiak, O.V. Savenok, V.V. Shvets. Labor protection and safety measures by searches and operation of fields of hydrocarbonic raw materials : textbook. – YuRGPU (NPI) and KUBGTU, 2016. – 226 p.
7. Tretiak A.Ya., Chikin A.V., Rybalchenko Yu.M., Tselikov A.V. Application of a thermogas-chemical method for increase in oil recovery of layer on the Leonovsky field (theses). Urgent problems of a state and development of an oil and gas complex of Russia:. Moscow, 23–24 January. 2003 – Section. 2: Development and operation of fields of natural hydrocarbons. – M. : РГУНиГ, 2003. – P. 142.
8. Materials of the 19th international scientific and practical conference on June 2–5, 2015: Composition of technological liquid for reagent processing of a bottomhole zone of layers / Horns E.A., Soldatkin S.G.; Complex methods of use of technologies and reagents of LLC Sinergiya tekhnology for increase in a nefteodacha of layers and Workover / Yefimov O.D.
9. URL: http://neftegaz.ru/ (date of the address: 2/25/2017).
10. URL: http://www.runeft.ru/ (date of the address: 2/25/2017).