

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЙ ПЛАСТ ФИЗИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Паклинов Н.М., Барышников А.А., Ведменский А.М.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень, Российская Федерация, (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: 033253@mail.ru

В данной статье описываются несколько методов воздействия физическими полями на нефтесодержащий пласт с целью увеличения нефтеотдачи. Рассмотрены три метода: плазменно-импульсное, электромагнитное и инфразвуковое воздействия. По всем перечисленным методам проводятся исследования. Собрана лабораторная научно-исследовательская установка по электромагнитному воздействию на насыпную модель керна. Результаты проведенных с ее помощью исследований легли в основу диссертационной работы Барышникова А.А. Собранная лабораторная установка по плазменно-импульсному воздействию позволяет проводить исследования воздействия на керн кратковременными плазменными импульсами для оценки возможности промышленного применения для очистки призабойной зоны пласта. В настоящее время ведется разработка лабораторной научно-исследовательской установки по инфразвуковому воздействию на модель керна. Установка будет использована для оценки фильтрационных характеристик коллектора в поле действия низкочастотных упругих колебаний.

Ключевые слова: нефтесодержащий пласт; электромагнитное воздействие, инфразвуковое воздействие, плазменно-импульсное воздействие, добыча нефти, увеличение нефтеотдачи.

IMPACT ON THE PHYSICAL LAYER FIELDS OILY TO INCREASE OIL RECOVERY

Paklinov N.M., Baryshnikov A.A., Vedmensky A.M.

Federal state budget higher professional educational institution "Tyumen State Oil and Gas University", Tyumen, Russian Federation (625000, Tyumen, Volodarskogo street, 38), e-mail:033253@mail.ru

This article describes several methods to influence physical fields in the oil-containing reservoir to increase oil recovery. We consider three methods: plasma pulsed electromagnetic and infrasound exposure. For all these methods of research. Collected laboratory research plant for electromagnetic effects on the bulk of the core model. The results of the research with the help form the basis of the thesis AA Baryshnikov Collected laboratory facility for plasma-pulse action allows the study of the impact on the core transient plasma pulses to assess the feasibility of commercial application for cleaning the bottomhole formation zone. Currently under development laboratory research installation for Infrasound impact on the core model. The installation will be used to evaluate the filtration characteristics of the reservoir in the field of action of low-frequency elastic vibrations.

Keywords: oil-containing layer; electromagnetic influence, infrasound exposure, plasma-pulse action, oil, increased oil recovery.

На сегодняшний день необходимо применение нестандартных методов увеличения нефтеотдачи, отличающихся повышенной управляемостью, энергоэффективностью и экологичностью, как на поздних стадиях разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, так и на ранних стадиях разработки с физически обусловленными трудноизвлекаемыми запасами. Для трудноизвлекаемых запасов нефти, обусловленных геологическими особенностями залегания, выраженными в макронеоднородности коллекторов, множественных водонефтяных контактах, разломах, тектонических экранах, управляемое физическое воздействие на фильтрационные процессы позволит адресно воздействовать на зоны с остаточными запасами. Для месторождений с физически

обусловленными затруднениями вытеснения, вызванными высокой вязкостью нефти, реологическими свойствами, высокой долей микрокапилляров, требуется прямое длительное действие на флюиды для стимуляции фильтрационных процессов за счет снижения вязкости, градиента сдвига и капиллярных сил.

Электромагнитное воздействие (ЭМВ) – воздействие, оказываемое колебаниями волн различных диапазонов с целью влияния на нефтесодержащий пласт и пластовый флюид, для изменения их свойств, которые повлияют на дополнительное извлечение нефти.

Выполненные лабораторные исследования ученых Тюменского Индустриального института выявили, что воздействие на модель пласта и пластового флюида электромагнитными волнами значительно увеличивает показатели фильтрационно-емкостных свойств пласта и способствует дополнительному нефтеизвлечению. При закачке в модель пласта электролита (солевой раствор) наблюдалось многократное увеличение эффекта.

Солевой раствор способствует повышению температуры в продуктивном пласте под воздействием электромагнитного поля, т.к. является хорошим проводником электрического тока. Усиление термического эффекта, в особенности в приближенной к призабойной зоне пласта, провоцирует уменьшение вязкости и очистки от тяжелых углеводородов порового пространства пласта под воздействием давления.

Также осуществляется практически полное снижение фильтрационных потенциалов статического электричества, которые возникают в нефтесодержащих коллекторах и препятствуют течению нефти.

Находясь в области действия переменного электрического поля, скопления молекул жидких углеводородов начинают колебаться с частотой, зависящей от источника электроэнергии. Это приводит к снижению вязкости нефти, способствующему увеличению добычи.

Подобный метод был внедрен на Усть-Балыкском месторождении «Юганскнефтегаз». Электроды, прикрепленные к оголенным концам высоковольтных кабелей, спускаются в экспериментальные скважины на колонне насосно-компрессорных труб. В качестве электрода использовалась часть утяжеленной бурильной трубы длиной 1 метр с внешним диаметром 140 мм. В нижней части трубы равномерно по окружности сверлятся 3 отверстия диаметром 10 мм, в которых нарезается резьба, и с внутренней стороны вворачиваются винты, на которых закрепляются луженные наконечники питающего кабеля. В результате осуществляется «запараллеливание» жил на теле электрода. Нижняя часть электрода располагается у подошвы продуктивного пласта. Конструкция предполагает ограничение по суммарному току в используемом кабеле – 230 А с учетом поправочного коэффициента на

пластовую температуру. Для поддержания такого тока необходимая максимальная мощность источника электроэнергии составляет 216 кВт. При этом полезная мощность в призабойной зоне пласта составляет 100 кВт (рисунок 2).

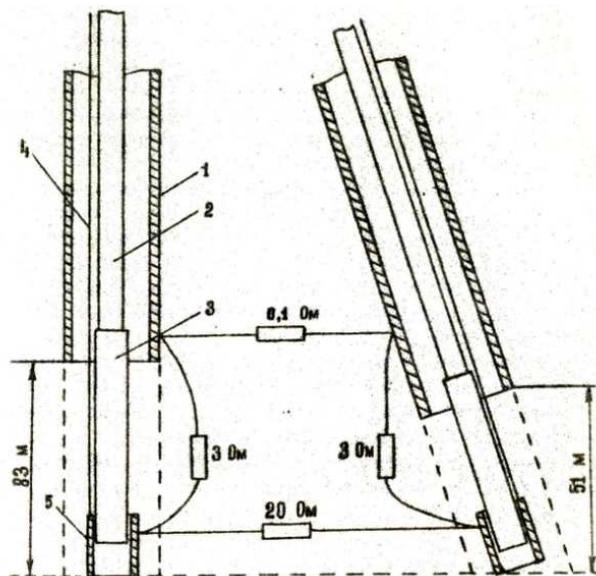
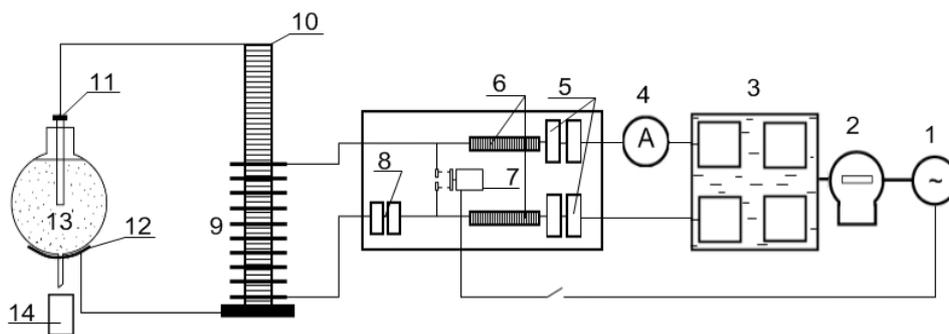


Рис.1. Схема электровоздействия на призабойную зону пласта

Данное направление требует изучения и поэтому в ТюмГНГУ была собрана лабораторная установка, состоящая из электротехнической и гидродинамической части. Установка позволяет проводить эксперименты по электромагнитному воздействию на физическую модель керна. В основе установки лежит резонансный трансформатор переменного электрического тока. От обычных трансформаторов он отличается тем, что в конструкции отсутствует ферромагнитный сердечник. Это позволяет многократно снижать взаимоиנדукцию между двумя катушками.



1 – источник переменного тока (50 Гц, 220 В), 2 – счетчик электрической энергии, 3 – емкость с повышающими микроволновыми трансформаторами, погруженными в моторное масло, 4 – амперметр, 5 – высоковольтные конденсаторы Capacitor, 6 – катушки фильтров ВЧ, 7 – динамический разрядник, 8 – батарея конденсаторов К-75-25 первичного контура, 9 – первичная катушка, 10 – вторичная катушка, 11 – электрод, погруженный в модель керна, 12 – медная пластинная, 13 – стеклянная колба, 14 – мерная колба.

Рис.2. Схема лабораторной научно-исследовательской установки по электромагнитному воздействию

Плазменно-импульсное воздействие (ПИВ) – один из методов интенсификации добычи нефти, основанный на использовании резонансных свойств пласта. В основе технологии лежат принципы нелинейных систем, к которым относятся среды со значительным энергосодержанием и энерговыделением, высокоскоростные, высокотемпературные процессы, колебания и волны со значительной амплитудой.

При этом в пласте происходят такие процессы, как:

- разогрев прискважинной зоны;
- ускорение (до 1000 раз) гравитационной агрегации нефти и газа;
- увеличение относительных фазовых проницаемостей для нефти в большей степени, чем для воды;
- увеличение скорости и полноты капиллярного вытеснения нефти и водой;
- возникновение сейсмоакустической эмиссии в породах коллектора, сопровождающейся образованием микротрещин;
- изменение напряженного состояния горных пород коллектора и связанное с этим изменение структуры порового пространства (дилатансия).

Ток высокого напряжения (от 3 000 В) пропускают через электроды разрядника в рабочий интервал внутри скважины. Электрическая дуга, характеризующаяся высокой степенью разложения молекул и ионизацией, приводит к образованию плазмы с мгновенным повышением температуры (порядка 28 000 °С). Благодаря этому в течение нескольких микросекунд развивается высокое давление (около 10 000 кг/см²). Мгновенная ударная волна со скоростью выше скорости звука передаётся окружающей жидкости в скважине, что приводит к образованию скачка уплотнения.

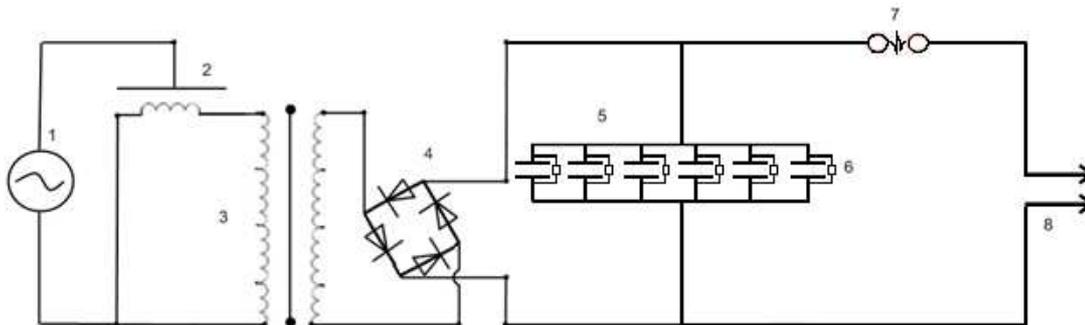
В среднем энергия небольшая (500 Ватт), однако за счёт крайне короткого времени разряда максимальная энергия достигает 20 МВт. Мгновенное расширение плазмы создаёт ударную волну, и последующее охлаждение и сжатие плазмы вызывает обратный приток в скважину через перфорационные отверстия в обсадной колонне, что на начальном этапе обработки скважины способствует выносу кольматирующих веществ в ствол скважины.

При многократных повторениях разряда энергия ударной волны распространяется по твёрдому скелету пласта и в жидкости, превращаясь затем в продольные и поперечные (сдвиговые) волны.

При использовании плазменно-импульсного воздействия увеличивается проницаемость призабойной зоны скважины, увеличивается гидродинамическая связь нефтяного пласта с забоем скважины за счет очистки старых и создания новых фильтрационных каналов, происходит очищение порового пространства и формирование новых микротрещин в призабойной зоне скважины и фильтрационных каналах пласта.

Во время воздействия появляется ударная волна, которая, выходя через перфорационные отверстия в зону проникновения в упругую среду, вызывает ее движение, быстро затухает, превращаясь в ряд последовательных колебаний, распространяющихся со скоростью упругих волн.

На базе ТюмГНГУ была создана лабораторная установка для проведения исследований (рис. 1).



1 – источник переменного тока, 2 – ЛАТР, 3 – повышающий трансформатор, 4 – выпрямитель тока, 5 – высоковольтные конденсаторы, 6 – высоковольтные резисторы, 7 – искровой промежутки, 8 – выходы для подключения к объекту плазменно-импульсное воздействия

Рис.3. Схема лабораторно-исследовательской установки

Инфразвуковое воздействие. Инфразвук – звуковые волны, частота которых лежит ниже диапазона, воспринимаемого человеческим ухом (от 16 до 20 000 Гц). Нижняя граница инфразвукового диапазона принята за 0,001 Гц. Как и слышимый звук, инфразвук представляет собой распространение в среде механических колебаний в форме упругих волн. Поэтому для инфразвука характерны свойства звуковых волн, а также определенный набор особенностей, таких как большие амплитуды колебаний, дальнейшее распространение в воздушной среде. Вступая в резонанс с крупными объектами, инфразвук вызывает в них вибрацию. Большая длина волны позволяет инфразвуковым волнам распространяться на большие расстояния в жидкостях, газах и твердых телах.

Инфразвук используется в качестве средства, обнаруживающего землетрясения и приближающиеся штормы. Инфразвук, распространяющийся в жидкой среде, используют для ускорения процессов диффузии и растворения.

Значительное расстояние распространения инфразвуковых колебаний, вибрационные эффекты, оказываемые на массивные объекты, могут послужить полезными свойствами для применения инфразвука в качестве способа извлечения дополнительной нефти, за счет расположения источника излучения волн в нагнетательной скважине, а также повышения ее приемистости.

Инфразвуковые колебания предположительно будут способствовать увеличению скорости и выравниванию фронта вытеснения нефти водой. Вибрации, передаваемые скелету горной породы, могут привести к освобождению капиллярно-удерживаемой нефти, тем самым способствуя повышению коэффициента извлечения нефти.

В ТюмГНГУ ведется разработка лабораторной научно-исследовательской установки по инфразвуковому воздействию на насыпную модель керна.

Вышеописанные методы воздействия на нефтесодержащий пласт физическими полями представляют большой интерес и перспективу.

Список литературы

1. Аметов И.М. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей / И.М. Аметов, Ю.Н. Байдилов, Л.М. Рузин, Ю.А. Спиридонов. – М.: Недра, 1985. – 205 с.
2. Ащепков М. Ю. Дилатационно-волновое воздействие на нефтяные пласты: дис... д-ра техн. наук: 25.00.17. – Уфа, 2003. – 140 с.
3. Газизов А. Ш. Научно-технические основы энергосберегающих технологий повышения нефтеотдачи пластов /А. Ш. Газизов, А. А. Газизов // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 3. – С.60 – 64.
4. Дыбленко В.П. Волновые методы воздействия на нефтяные пласты с трудноизвлекаемыми запасами. Обзор и классификация. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2008. – 80 с.
5. Кицис С.И., Белоусов П.Л., Ульянов М.В. Перспективы применения метода электровоздействия на продуктивный нефтегазосодержащий пласт для интенсификации притоков нефти к скважинам. 1988 г.: сборник научных трудов «Проблемы освоения энергетических ресурсов Западно-Сибирского нефтяного комплекса» ТГУ ТИИ им. Ленинского Комсомола. – 1988. – С.100-104.
6. Максютин А. В. Экспериментальные исследования реологических свойств высоковязкой нефти при упругом волновом воздействии // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2009. – № 5. – С.4–8.
7. Молчанов А. А. Интенсификация притока высоковязких нефтей с применением скважинного упругого воздействия на продуктивные пласты. – Казань: Изд-во «Фэн», 2007. – С. 417-420.
8. Фатыхов М.А., Худабердина А.И. Комбинированные методы воздействия на нефтяные пласты на основе электромагнитных эффектов // Монография / М.А. Фатыхов, А.И. Худабердина. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2010. – 112с.

Рецензенты:

Грачев С.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г.Тюмень;

Сохошко С.К., д.т.н., заведующий кафедрой «Моделирования и управления процессами нефтегазодобычи», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г.Тюмень.