

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ИЗ БАЖЕНОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

В.И. Карев, Ю.Ф. Коваленко

Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, 119526 Москва, РФ

Особое место среди нетрадиционных источников углеводородов занимают сланцевые и глинистые месторождения. К ним относится и баженовская свита, [1,2]. Главной отличительной особенностью этих месторождений является практически полное отсутствие природной проницаемости продуктивного пласта — нефть располагается в изолированных порах и уплотненных неоднородностях. Поэтому основной технологической задачей разработки баженовской свиты в настоящее время является создание вторичной проницаемости нефтенасыщенной матрицы за счет системы наведенных трещин. В настоящее время с этой целью крупнейшие отечественные нефтяные компании используют разработанную в США технологию бурения горизонтальных скважин с множественными гидроразрывами пласта (ГРП), рис.1, [3,4].

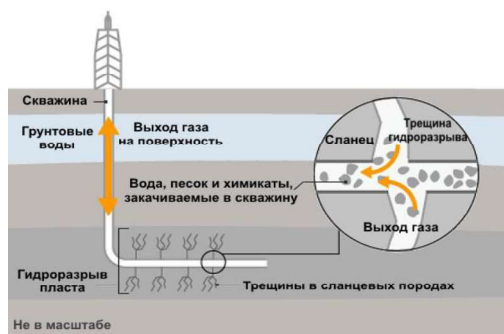


Рис.1. Схема множественного гидроразрыва пласта



Рис.2. Схема метода направленной разгрузки пласта

Однако добыча нефти по этой технологии имеет чрезвычайно экстенсивный характер, несет с собой большие затраты. Это связано с тем, что дебиты нефти из скважин быстро падают (до 70–75% в течение года), что приходится компенсировать за счет непрерывного бурения новых скважин. Кроме того, использование технологии множественного гидроразрыва пласта представляет значительный экологический риск, поскольку она связана с закачкой в пласт большого количества химреагентов и проппанта.

Причина низкой эффективности указанной технологии заключается в том, что при гидроразрыве нефть из пласта поступает в трещину гидроразрыва только из небольшой области, где под действием касательных напряжений произошло растрескивание породы.

Но эта зона относительно невелика, и по мере ее «опорожнения» дебит газа из скважины быстро падает. Это также является причиной того, что коэффициент извлечения нефти из пласта при использовании технологии множественного гидроразрыва столь низок.

Из сказанного следует, что в основе новой эффективной технологии разработки баженовской свиты должно лежать создание искусственной проницаемости во всем объеме пласта или в его большей части. Совершенно ясно, что сделать это путем воздействия на пласт извне, как при образовании трещины воздействия на пласт извне, как при

образовании трещины гидроразрыва, нельзя. Создать искусственную проницаемость во всем объеме пласта можно лишь изнутри, используя запасенную в породе энергию от горного давления и энергию нефти и газа.

Эффективность и экологическая чистота многостадийного гидроразрыва могут быть значительно увеличены при применении в скважине после проведения гидроразрыва метода направленной разгрузки пласта (НРП).

Метод НРП разработан на основе геомеханического подхода в Институте проблем механики РАН под руководством академиков С.А.Христиановича и Д.М.Климова для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин, в том числе на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, [5,6]. Идея метода НРП состоит в образовании в пласте наведенной проницаемости за счет создания в нем напряжений, приводящих к развитию в пласте множественной системы микро- и макротрещин, играющих роль искусственной системы фильтрационных каналов. В отличие от гидроразрыва пласта, где создается одиночная трещина гидроразрыва, в предлагаемой технологии происходит множественное растрескивание породы, рис.2, что достигается за счет использования запасенной в пласте внутренней энергии – энергии горного давления и давления флюида - и неравномерной разгрузки пласта от горного давления. Метод НРП позволяет отказаться от закачки химреагентов в пласт, что обеспечивает экологическую чистоту его применения.

С целью определения напряжений, которые следует создать в пласте, чтобы вызвать в нем множественное растрескивание породы, на созданной в ИПМех РАН уникальной экспериментальной установке Испытательной системе трехосного независимого нагружения ИСТНН (рис.3),[7], на кубических образцах породы из исследуемого месторождения проводится физическое моделирование деформационных и фильтрационных процессов, а также процессов разрушения горных пород, протекающих в коллекторах нефтяных и газовых месторождений под действием создаваемых в них напряжений. В ходе испытаний кубических образцов породы из исследуемых коллекторов определяются их деформационные, прочностные и фильтрационные характеристики, используемые в дальнейшем при физическом и компьютерном моделировании геомеханических процессов, происходящих в пласте при проведении различных технологических операций на скважине. Компьютерное моделирование осуществляется в упругопластической постановке с учетом зависимости проницаемости породы от напряженно-деформированного состояния.

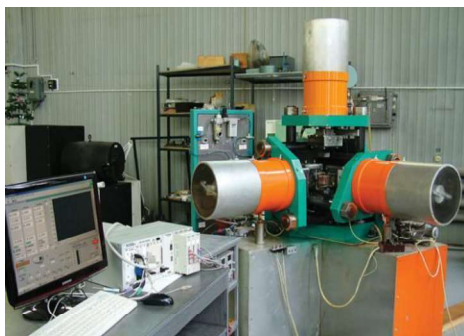


Рис.3. Установка ИСТНН



Рис.4. Образец после испытания

На рис.5 показаны результаты моделирования на установке ИСТНН процесса создания депрессии на забое необсаженной скважины на образце из Сыморьяхского месторождения. На рис 5-а показаны действующие в окрестности скважины напряжения, на

рис.5-б – программа нагружения образца, отвечающая изменению напряжений в окрестности необсаженной скважины при понижении давления на ее забое, [8], а также изменение проницаемости образца в ходе опыта, на рис.5-в – соответствующие диаграммы деформирования образца по трем осям. Из рис.5-б видно, что проницаемость образца сначала заметно уменьшилась, но при возникновении в окрестности скважины достаточно больших напряжений она резко увеличилась и стала значительно выше начальной. Это связано с образованием в образце системы искусственных трещин высокой проницаемости, что хорошо видно на рис.4.

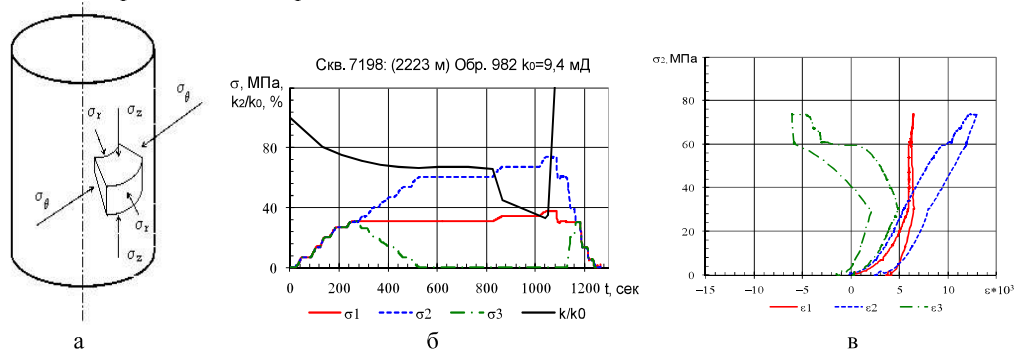


Рис.5. Результаты испытания образца породы Сыморьяхского месторождения при физическом моделировании создания депрессии в необсаженной скважине.

Отметим, выполненные на Сыморьяхском месторождении ООО «Лукойл – Западная Сибирь» опытно-промысловых работ по методу направленной разгрузки пласта полностью подтвердили выводы и рекомендации, сделанные на основе проведения испытаний образцов пород-коллекторов на установке ИСТНН. В частности, дебит скв.7197 в результате применения на ней метода НРП увеличился с 6 до 27 куб.м/сут.

Помимо применения метода НРП после проведения гидроразрыва, эффективность многостадийного гидроразрыва пласта может быть значительно увеличена при предварительном применении в скважине метода НРП. Это связано с тем, что инициируемое при использовании метода НРП растрескивание породы в окрестности скважины значительно снижает прочность породы в прискважинной области пласта и тем самым может существенно уменьшить давление гидроразрыва пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нестеров И.И.** Новый тип коллектора нефти и газа // Геология нефти и газа. 1979 . № 9. С. 26-29
2. **Колос В.Ю.** Баженовская свита и перспективы её разработки // Академический журнал Западной Сибири. 2018. 3 (74). Т.14. С.8,9
3. **Saputelli L., Lopez C., Chacon A., Soliman M.** Design Optimization of Horizontal Wells With Multiple Hydraulic Fractures in the Bakken Shale // SPE167770-MS. 2014
4. **Хасимов Р.С., Ахметгареев В.В., Хакимов С.С., Кеижеханов Ш.Ш.** Технология многостадийного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах: опыт разработки коллекторов Shaly Carbonates в США и возможность адаптации для месторождений республики Татарстан // Георесурсы. 2017. Т.19. №3. Ч.1. С. 186-190
5. **Христианович С.А., Коваленко Ю.Ф., Кулинич Ю.В., Карев В.И.** Увеличение продуктивности нефтяных скважин с помощью метода георыхления // Нефть и газ Евразия. 2000. № 2. С. 90-94
6. **Коваленко Ю.Ф., Карев В.И.** Метод георыхления – Новый подход к проблеме повышения продуктивности скважин // Технологии ТЭК. 2003, № 1. С. 31-35
7. **Karev V.I., Kovalenko Yu.F.** Triaxial loading system as a tool for solving geotechnical problems of oil and gas production // True Triaxial Testing of Rocks. Leiden: CRC Press. Balkema, 2013. pp. 301-310
8. **Климов Д.М., Карев В.И., Коваленко Ю.Ф.** Экспериментальное исследование влияния неравнокомпонентного трехосного напряженного состояния на проницаемость горных пород // Изв. РАН. МГТ. 2015. № 6. С. 39-48