

УДК 622.276.652

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Бочкова К. В., магистр, Лагунова Ю.А., проф.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург

*Рассмотрены основные виды тепловых методов воздействия на нефтяной пласт. Проанализированы их возможная эффективность в условиях Баженовской свиты. Сделано предположение, что наиболее эффективным методом добычи тяжелой нефти в условиях Баженовской свиты будет применение пиролиза в присутствии воды, что, в свою очередь, способствует увеличению выхода жидких продуктов.*

**Ключевые слова:** нефтеотдача, теплоноситель, тяжелая нефть, пиролиз, прогрев пласта, Баженовская свита.

## ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF APPLYING THERMAL METHODS TO INCREASE OIL TRANSFER

Bochkova K. V., Lagunova Yu.A.

*The main types of thermal methods for influencing the oil reservoir are considered. Their possible effectiveness in the Bazhenov formation is analyzed. It has been suggested that the most effective method for producing heavy oil in the Bazhenov formation will be the use of pyrolysis in the presence of water, which will increase the yield of liquid products.*

**Keywords:** oil recovery, coolant, heavy oil, pyrolysis, formation heating, Bazhenov formation.

Одной из наиболее важных тенденций, наблюдаемых в настоящее время в нефтедобывающей отрасли, является усовершенствование существующих методов увеличения нефтеотдачи. Это связано с сокращением запасов традиционной нефти и увеличением доли трудноизвлекаемых запасов. Особый интерес наряду с тяжелой нефтью и природными битумами вызывают горючие сланцы и твердые органические вещества низких стадий преобразования, называемые керогеном.

Для добычи высоковязких нефтей используются различные виды тепловых методов увеличения нефтеотдачи. По виду нагнетаемого агента и механизму воздействия на пласт тепловые методы можно разделить на три группы:

- нагнетание в пласт теплоносителей (пара, горячей воды и др.);
- нагнетание в пласт окислителей (воздуха, кислорода);
- закачка в пласт двух и более агентов (термополимерный, парогазовый и др.).

Наибольшее распространение в мировой практике получили технологии, основанные на закачке в пласт пара: пароциклические обработки скважин и площадная закачка пара. Данные технологии предполагают относительно невысокие температуры воздействия – до 250 °С. Для добычи высоковязких нефтей такой температуры для увеличения добычи оказывается достаточно, но для добычи нефти из низкопроницаемых коллекторов и керогена, а также для добычи нетрадиционной (сланцевой) нефти температура должна быть значительно выше [1].

Главным примером низкопроницаемых залежей в России является Баженовская свита, характеризующаяся высокой нефтенасыщенностью. При этом нефть представлена двумя основными фазами – керогеном и жидкой фазой, соотношение между которыми может существенно меняться в пределах свиты. Жидкая фаза отличается легкостью, малым содержанием серы, а также отсутствием других нежелательных примесей. Условия залегания отложений Баженовской свиты характеризуются повышенной температурой и давлением в отличие от выше- и нижележащих пород. Эти факторы оказывают серьезное влияние на выбор технологии разработки [2].

Таким образом, учитывая особенности залегания углеводородов в Баженовской свите и недостатки так называемых традиционных тепловых методов увеличения нефтеотдачи, литературный обзор был проведен по источникам, в том числе зарубежным, содержащим результаты новейших лабораторных исследований и примеры их применения на месторождениях сланцевой нефти всего мира.

Богатейшие в мире запасы сланцевой нефти находятся в России (Баженовская и Ачимовская свиты), в США и Китае.

В Соединенных Штатах для увеличения добычи нефти низкопроницаемых пород рассматривается возможность закачивать в нефтекерогеносодержащие пласты формации Баккен углекислый газ. Участники проекта изучали поведение  $\text{CO}_2$  в пласте, его взаимодействие с углеводородами при различных давлениях и температурах. На основании лабораторных исследований и математического моделирования процессов было установлено, что закачка  $\text{CO}_2$  в продуктивные пласты Баккен позволит увеличить коэффициент извлечения нефти (КИН) примерно на 4 %. Кроме того, благодаря использованию данного метода увеличения нефтеотдачи, в США на государственном уровне решается проблема утилизации углекислого газа, выделяющегося в процессе переработки горючих сланцев и извлечения из них сланцевой смолы.

Учитывая особенности залегания продуктивных пластов на месторождениях Баженовской свиты, можно предположить, что данная технология будет модифицирована в термогазовую, так как углекислый газ переходит в сверхкритическое состояние. Основными факторами, указывающими на нецелесообразность применения данной технологии, является отсутствие достаточных энергогенерирующих мощностей и достаточного количества  $\text{CO}_2$  в Западной Сибири.

Наиболее емкими являются результаты, полученные китайскими исследователями из технологического университета Тайюани. В течение нескольких лет инициативной группой изучался процесс сухого пиролиза органического вещества сланца Фушунь с образованием сланцевой нефти и углеводородного газа при температуре от 20 °С до 600 °С.

В ходе эксперимента исследователями была установлена критическая температура, соответствующая скачкообразному изменению проницаемо-

сти и наиболее интенсивному растрескиванию образца. Так, с увеличением температуры до 350 °С коэффициент проницаемости увеличивается очень медленно, в то время как после достижения 350 °С коэффициент проницаемости резко возрастает (рис. 1). Количество и размеры трещин резко увеличиваются в интервале температур от 300 °С до 400 °С (рис. 2).

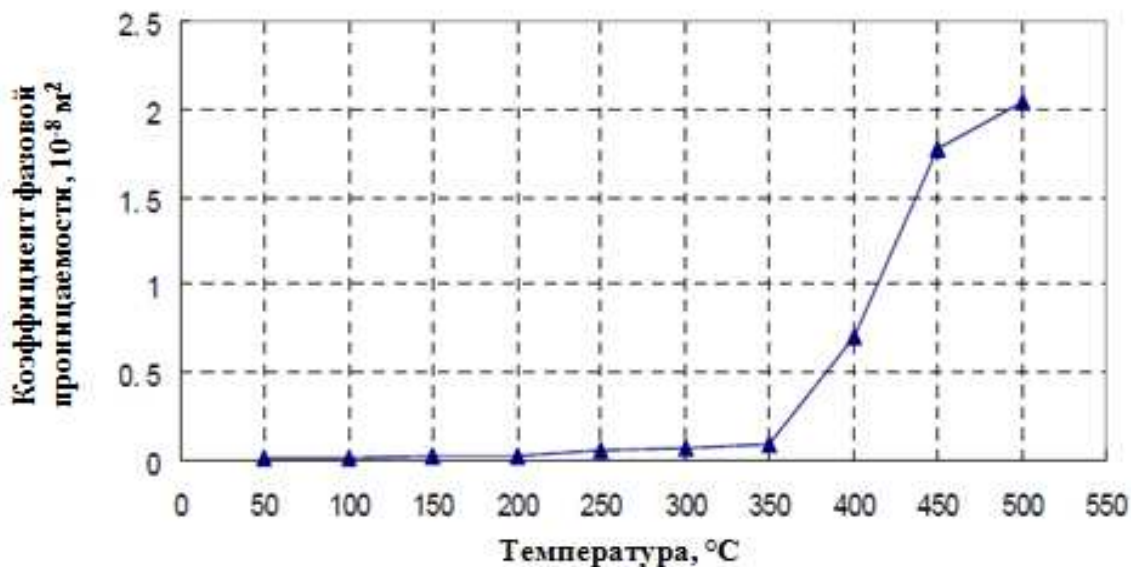


Рис. 1. Связь между температурой и коэффициентом проницаемости

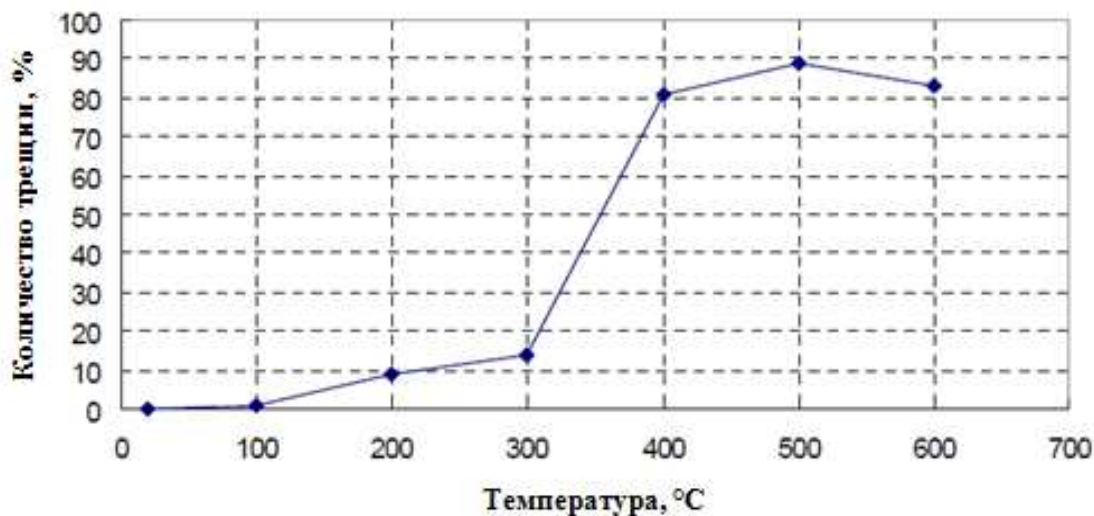


Рис. 2. Связь между температурой и количеством трещин

Из сказанного выше видно, что процесс термического крекинга можно разделить на два этапа в зависимости от температуры: от 20 °С до 300 °С и от 300 °С до 600 °С. Первый температурный интервал характеризуется образованием большой трещины по направлению напластования при температуре 100 °С. При повышении температуры от 200 °С до 300 °С инициируется образование нескольких микротрещин, параллельных плоскостям напластования. Второй температурный интервал характеризуется

скачкообразным ростом образования новых трещин и увеличением размеров уже образовавшихся трещин в предыдущем температурном диапазоне.

Из этого следует, что термический крекинг может значительно повысить проницаемость продуктивных пластов [3].

Горючие сланцы распространены по всему миру, и основным методом их превращения в жидкое топливо является пиролиз. Так как органическое вещество горючих сланцев характеризуется высоким содержанием водорода (7-12 %), его большая часть (75-85 %) преобразуется в газообразные продукты при низкотемпературном пиролизе.

В процессе нагрева твердого топлива до температуры его термического разрушения, органическое вещество подвергается разложению, обусловленному разрывом химических связей и образованием свободных радикалов. По результатам экспериментов на образцах болгарских нефтеносных сланцев было доказано, что в отсутствие водорода процесс смещается в сторону образования продуктов конденсации, т.е. полукокса и кокса. При наличии дополнительного водорода, а также свободных связей, образованных после разрушения молекул, осуществляется процесс внутримолекулярного перераспределения водорода, в результате чего растет выход жидкости в качестве конечных продуктов.

Таким образом, пиролиз в присутствии воды способствует увеличению выхода жидких продуктов, а образующиеся газообразные продукты могут выступать в качестве углеводородных растворителей, при этом проблемы несовместимости углеводородов по составу не возникает.

### **Список литературы**

1. Методы повышения нефтеотдачи пластов (теория и практика) : учебное пособие / Л. М. Рузин, О. А. Морозюк. – Ухта : УГТУ, 2014. – 127 с.
2. Стрижнев К. В. Повышение эффективности технологии интенсификации добычи нефти для коллекторов баженовской свиты / К. В. Стрижнев, В. Т. Литвин // НефтьГаз-Промышленность. – 2013. – № 50. – С. 26-31.
3. Zhiqin Kang, Dong Yang, Yangsheng Zhao ,Yaoqing Hu. Thermal Cracking and Corresponding Permeability Fushun Oil Shale // Oil Shale. No. 2. – 2011, pp. 273–283.