

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.Г. Калмыков, Г.Г. Савостин, Т.В. Григоренко, М.О. Костышина, М.С. Тихонова,
О.В. Видищева, Д.А. Иванова, Г.А. Калмыков

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторного моделирования генерации нефти и газа путём крекинга керогена различных нефтегазоматеринских пород. Показано, что в присутствии воды в интервале температур 350–375 °С формируются углеводородные соединения, состав которых близок к составу природных нефтей. При этом жидкие углеводороды образуются в том числе и из углистых пород. В результате дальнейшего прогрева ряд биомаркерных параметров, таких как H35S/H34S, MPI и DBT/Phen, изменяются по другим относительно описанных в литературе механизмам. Полученные результаты должны быть учтены при рассмотрении процессов формирования нефти и газа в результате локального прогрева в пласте.

Ключевые слова: *Нефтегазоматеринские породы, генерация нефти и газа, лабораторное моделирование, преобразование углеводородов*

ORGANIC MATTER TRANSFORMATION LABORATORY MODELLING FOR HYDROCARBON COMPOUNDS GENERATION AND CONVERSION PROCESSES INVESTIGATIONS

A. Kalmykov, G. Savostin, T. Grigorenko, M. Kostishina, M. Tikhonova,
O. Vidishcheva, D. Ivanova, G. Kalmykov

Moscow State University, Moscow

Annotation. The paper presents the results of oil and gas generation laboratory modelling by kerogen cracking from various source rocks. It has been shown that in the presence of water under the temperature of 350–375 °C hydrocarbon compounds are formed, and their composition is close to the composition of natural oils. Also liquid hydrocarbons are formed from coals. As a result of further heating, a number of biomarker parameters such as H35S/H34S, MPI and DBT/Phen change according to different than described in the literature mechanisms. The results should be taken into account when considering the formation of oil and gas as a result of local heating in the reservoirs.

Key words: *Source rocks, oil and gas generation, laboratory modelling, hydrocarbons transformation*

Поиск новых перспективных площадей, на которых могут располагаться месторождения и может быть получен экономически рентабельный приток нефти и газа, в том числе на труднодоступных территориях, таких как, например, шельф Арктики, является важной стратегической задачей Российской Федерации. Для этого используют комплекс геологической информации и пытаются распространить имеющиеся результаты исследований на новые территории. Дополнительно выполняется бассейновое моделирование и оценивается количество сгенерированных за предполагаемую геологическую историю углеводородных соединений (УВС). При этом одним из ключевых аспектов прогноза является корректная реконструкция процессов преобразования органического вещества (ОВ), включающая восстановление стадий крекинга керогена и изменений состава УВС. Для этого среди как российских, так и международных исследователей принято применять два подхода. Первый базируется на изучении молекулярного и изотопного состава УВС в зависимости от природы, строения и степени преобразованности керогена. Второй основан на проведении различных лабораторных экспериментов, позволяющих за счёт более высоких температур осуществлять крекинг керогена и исследовать характеристики формирующихся жидких и газообразных продуктов. В данной работе рассмотрены результаты лабораторного моделирования преобразования ОВ из разных регионов России и показаны особенности протекания процессов генерации нефти и газа, которые в дальнейшем могут не только расширить научные представления о влиянии разных параметров на разложение керогена разного типа, но и предоставить больше информации для повышения точности геологического и бассейнового моделирования.

Для изучения процессов преобразования ОВ был поставлен цикл экспериментов по изучению температурного воздействия на нефтегазоматеринские породы баженновской свиты, доманиковой высоко-

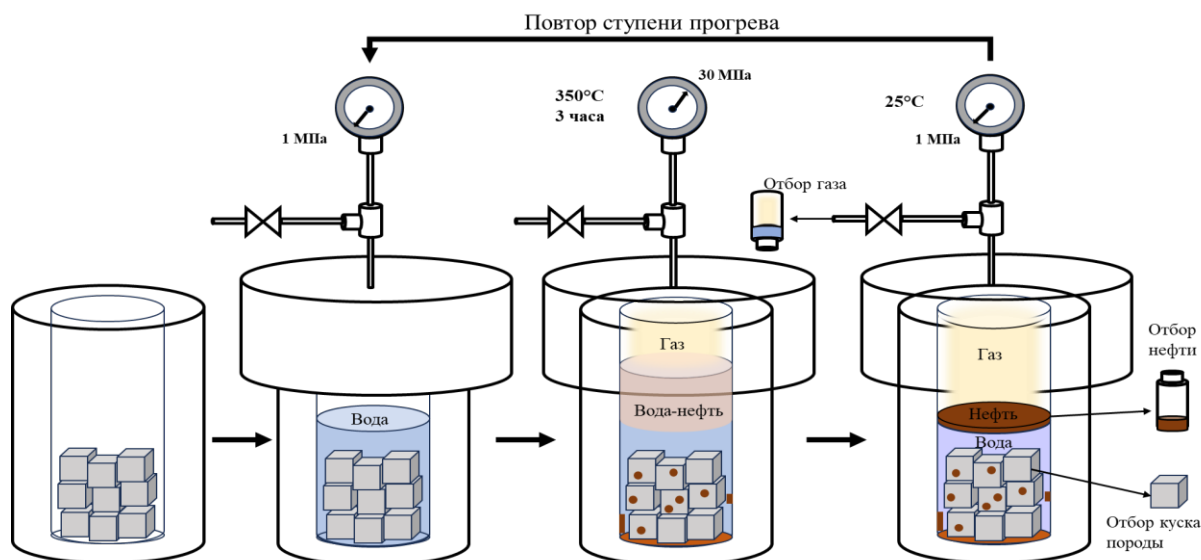


Рис. 1. Схема проведения экспериментов по лабораторному моделированию преобразования ОВ

углеродистой формации и образцы углей мелового и палеогенового возраста с северных территорий Западной Сибири и морской акватории шельфа Арктики. Для этого породы помещались в автоклав, добавлялась вода, после чего проводился нагрев до различных температур. Затем система охлаждалась, отбирались жидкие и газообразные продукты, а также оценивались изменения в характеристиках керогена. Диапазон температур составлял 250–470 °С. В случае неполной реализации генерационного потенциала мог быть выполнен повторный эксперимент на уже частично преобразованном образце. Схем последовательного эксперимента приведена на рисунке (рис. 1). Помимо отбора образовавшихся флюидов после каждой стадии прогрева также выполнялась экстракция пород различными растворителями для изучения характеристик аккумулированных в породе УВС. Анализ газообразных продуктов проводился на аналитическом комплексе для исследования углеводородных объектов различной природы состоящий из двух хроматографов «Хроматэк – Кристалл 5000» с различными детекторами. Состав жидких УВС исследовался на газовом хроматографе Agilent 8890, соединенном с масс-селективным детектором 5977В.

Результаты выполненных исследований показали, что основное количество УВС генерируется при температурах выше 325 °С. В то же время состав флюидов при температурах 400 °С и выше преимущественно представлен асфальтизированными и полимеризованными соединениями. В интервале температур 350–375 °С генерируются соединения, близкие к природным нефтям. При этом нефть генерируется даже в случае прогрева углистых пород, однако большая её часть удерживается в образцах за счёт сорбционных свойств угля. Установлено, что выход и состав как жидких, так и газообразных продуктов определяется не только мацеральным составом исходного ОВ, но и взаимодействием керогена и отдельных минеральных зёрен в объёме пород, позволяя предположить каталитическое воздействие ряда минералов.

Хроматографический анализ молекулярного состава как выделившихся на поверхности воды УВС, так и удерживаемых в породе при отборе проб на промежуточных этапах экспериментов показал, что флюиды изменяется как в результате формирования новых соединений, так и в результате вторичного крекинга. При этом в диапазоне температур 350–375 °С ряд биомаркерных параметров изменяются не так, как принято в классическом представлении [1]. Например, постепенно изменяется параметр H_{35S}/H_{34S} , который не должен зависеть от времени и температуры, тогда как изменение параметров MPI и $DBT/Phen$ не имеет прямой зависимости с изменением степени преобразованности керогена. Эти особенности биомаркерных параметров необходимо учитывать, поскольку на территории некоторых месторождений были установлены следы гидротермальной проработки, протекавшей при температуре не менее 270 °С, а молекулярный состав на других месторождениях, имеющих признаки гидротермальных процессов, практически полностью совпадает с составом «синтетических» нефтей, полученных при прогреве незрелых образцов баженовской свиты при температуре 350 °С до соответствующей стадии катагенеза.

Таким образом, проведённые эксперименты показали, что при воздействии на различные нефтегазоматеринские породы при температуре 350–375 °С в присутствии воды можно практически полностью реализовать генерационный потенциал керогена и моделировать процессы формирования нефти и газа.

Состав получаемых флюидов в определённой мере схож с реальным составом нефтей, газов и битумоидов в пластах, при этом предложенная методика исследований позволяет изучать процессы удержания флюидов в породах и вторичного крекинга. Необходимо более детально изучить влияние отдельных мацералов и зёрен минералов на процессы генерации УВС для более точного прогнозирования перспектив нефтегазоносности различных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peters K.E. The biomarker guide / K.E. Peters, C.C. Walters, J.M. Moldowan. – Cambridge university press, 2005. – 1162 p.