

Механизм крекинга углеводородов в электромагнитных полях — к вопросу об образовании баженовской нефти

А. А. Пономарев

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
e-mail: ponomarev94@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме — истощению запасов углеводородов и необходимости добычи углеводородов из отложений баженовской свиты. Целью данного исследования является изучение механизма крекинга углеводородов под воздействием электрофизических волновых полей. В работе освещены полученные экспериментальные данные изменения компонентного состава нефти баженовской свиты в результате электромагнитной обработки частотой 50 Гц, а также небольшой эксперимент по СВЧ-обработке черных аргиллитов баженовской свиты и оценке изменения нефтегазогенерационного потенциала. Полученные результаты согласуются с теоретической базой фундаментальных исследований члена-корреспондента РАН [\[И. И. Нестерова\]](#) и академика РАН А. Л. Бучаченко по парамагнитным центрам в нефтяных залежах и стабильным изотопам с угловым электронным магнитным эффектом. Результаты проведенного исследования могут войти в фундаментальную основу представлений о формировании топливно-энергетического потенциала баженовской свиты и помочь в разработке методов увеличения нефтеотдачи.

Ключевые слова: крекинг углеводородов; ядерно-электронные взаимодействия; электромагнитная обработка; баженовская свита

The mechanism of cracking hydrocarbons in electromagnetic fields — to the question of oil in Bazhenov formation

Andrey A. Ponomarev

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
e-mail: ponomarev94@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the depletion of hydrocarbon reserves and the need for hydrocarbon production from the deposits of Bazhenov formation. It is topical issue. This study aims to identify the mechanism of cracking of hydrocarbons under the influence of electrophysical wave fields. The author consecrates experimental data changes of the component composition of oil in Bazhenov formation in the result of the electromagnetic treatment frequency of 50 Hz. Also, small experiment on microwave processing of black shales of Bazhenov formation and evaluation of petroleum generation potential changes is presented in the article. The results obtained are consistent with the theoretical basis of the research of the corresponding member of the Russian Academy of Sciences [\[I. I. Nesterov\]](#) and academician of the Russian Academy of Sciences A. L. Buchachenko on the paramagnetic centers in the oil fields and stable isotopes with angular electron magnetic effect. The results of this study can be included in the fundamental basis of ideas about the formation of the fuel and energy potential of Bazhenov formation and can help in the development of methods to increase oil recovery.

Key words: hydrocarbon cracking; nuclear-electronic interactions; electromagnetic treatment; Bazhenov formation

Введение

Актуальность вопроса связана с тем, что формирование залежей углеводородов (УВ) в глинистых породах и образование особого типа пород-коллекторов (например, баженинов [1]) — явление более редкое и слабо изученное по сравнению с формированием традиционных залежей нефти и газа. Механизм образования УВ в этих отложениях основывается на взаимодействии внутримолекулярных (спиновых) полей с внешней магнитной энергией с образованием свободных углеводородных радикалов в нанопространственном объеме вокруг ядер углерода и крекингом в пластовых условиях смол, асфальтенов и рассеянного материнского органического вещества пород.

Глинистые породы с повышенным содержанием рассеянного органического вещества (РОВ) в Западной Сибири в виде отдельных линзовидных тел обнаружены в нижней юре северных районов; в подошве средней юры (радомская свита); в киммеридж-титано-берриасских отложениях (баженовский горизонт); в валанжин-нижнеготеривских породах западных районов (тетеревская свита) и туроне (кузнецовская свита). Аналогичные породы развиты в бассейнах Грин-Ривер (США) [2], Уиллистон (Канада) [3], дельте р. Нигер [4], Ирати (Бразилия) [5], Большом Южном бассейне (Новая Зеландия) [6], Северном море, на южном и восточном побережье Англии [7], Северном Кавказе и др. [8].

Объект и методы исследования

Объектом исследования выступает механизм изменения компонентного состава нефти баженовской свиты (скв. 308-Р Салымской площади, инт. 2 873–2 940 м) в результате электромагнитной волновой обработки с частотой 50 Гц и магнитной индукции в воздушном зазоре электромагнита 0,81 Тл (рисунок).

Методика эксперимента заключается в следующем:

1. Образцы нефти в количестве 6 колб налиты в шприцы объемом 2 мл и по отдельности помещены в электромагнитное поле.

2. На образцы нефти воздействовали электромагнитным полем продолжительностью от 10 до 60 минут.

Опыты проводились при комнатных условиях (при температуре окружающей среды 20 °С).

Контроль изменений вещественного состава проб нефти проводился газохроматографическим методом на хроматографе Кристалл-5000 при следующих условиях: колонка — капиллярная, 30 м; фаза — полиметилсилоксан 100 %; температурный режим колонки — программируемый линейный нагрев с 30 до 300 °С; температурный режим испарителя — изотерма 310 °С. Расчет фракционного состава проводился по методу имитированной дистилляции. Фракции нефти (бензин, керосин и т. д.) приводились по W. L. Leffler [9].

Кроме этого, были проведены небольшие эксперименты по СВЧ-воздействию на черные аргиллиты баженовской свиты, отобранные из скважин 301 и 305 Салымской площади. Были исследованы 4 образца, каждый из которых был разделен на две равные части. После чего одна из частей облучалась 10 раз по 30 с, пауза между экспозициями составляла 30 минут. Такой подход позволил избежать на-

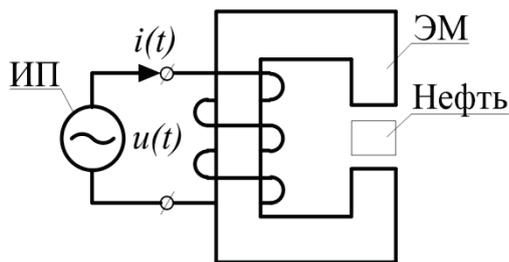


Рисунок. Схема эксперимента:
ИП — источник переменного синусоидального напряжения; ЭМ — электромагнит

грева образца. Далее был произведен пиролиз всех образцов — проводился на экспериментальном приборе, собранном из узлов хроматографа Chrom-5. Так как прибор является экспериментальным, оценивались относительные показатели (процентное изменение характеристик исходного образца после обработки СВЧ-волнами), а не количественные.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного эксперимента по электромагнитному воздействию на образцы баженовской нефти были получены следующие результаты (таблица).

Изменение фракционного состава баженовской нефти

Время воздействия, мин	Бензин, %	Керосин, %	Дизельное топливо, %	Соляровые масла, %	Мазуты, %	Смолы, %
0	16,75	19,76	38,06	15,94	8,05	1,44
10	16,01	18,80	36,08	17,05	10,25	1,81
20	16,87	19,89	36,91	14,55	9,17	2,61
30	16,21	19,24	34,97	15,48	11,15	2,95
40	16,41	18,56	34,45	15,80	11,70	3,06
50	18,31	21,72	42,17	12,69	4,53	0,57
60	17,77	20,94	39,13	14,17	6,91	1,08

Хорошо виден прогрессивный рост тяжелых фракций до 40 мин за счет распада асфальтенов и РОВ. Рост смол обусловлен тем, что они являются промежуточным звеном между асфальтенами и УВ при формировании нефти за счет преобразования керогена. Более легкие смолы преобразуются в УВ. Четко видно, что при 40-минутном воздействии волновых полей смолы и мазут переходят в бензин и керосин и частично в легкий газойль. При более длительном воздействии (более 40 мин) тяжелые фракции начинают распадаться. Соляровые масла в ходе воздействия почти не претерпели изменений. В течение первых 10 мин воздействия идет уменьшение легких фракций, и образуются углеводородные газы. Затем фиксируются два пика в распределении легких фракций. Дизельное топливо наиболее сильно подвержено влиянию электромагнитного поля, и из них тоже образуются газообразные соединения, только более тяжелого состава.

Результаты эксперимента по СВЧ-воздействию на черные аргиллиты баженовской свиты показали следующие изменения реализованного нефтегазогенерационного потенциала: 11,07; 22,15; 31,41; 16,77 %. По результатам анализа можно сделать вывод о том, что электромагнитные волны высокой частоты действительно способствуют разрыву связей С–С, тем самым увеличивая долю реализованного нефтегазогенерационного потенциала, так как процент изменения пика S1 относительно пика S2 составил более 10 %, в некоторых случаях достигая 30 %.

Литературный анализ показал, что полученные результаты в целом совпадают с тенденцией результатов зарубежных и отечественных ученых [1, 10–13]. Однако большинство ученых не описывают фундаментальные закономерности протекания химических реакций и механизма крекинга углеводородов.

Согласно результатам исследований И. И. Нестерова [14–18], углеводороды образуются за счет радикальных реакций имеющих в ОВ групп: R–CH_n (типа CH, CH₂ и CH₃) и R–H, где R — молекулярные группы керогена в исходном ОВ и продуктах его преобразования. Волновые (в частности электромагнитные) поля взаимодействуют с неспаренными электронами углерода органического вещества в радикалах типа CH, CH₂ и CH₃ и перемещают их на новую (внешнюю) орбиту с

выделением кванта энергии, достаточной для разрыва связей углерод — углерод (–C–C–) в алифатических цепях и формирования УВ. При крекинге для разрыва связей –C–C– или –C–H– в циклических молекулах требуется энергия в размере 56,8 ккал/моль (667 кДж/моль). Эта теория хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными А. Л. Бучаченко и подтверждается теоретическим обоснованием механизма ядерно-электронных взаимодействий и свойств стабильных изотопов с угловым электронным магнитным эффектом. К ним относятся Н2 и С13 и др. [19–21].

Выводы

В результате проведенных работ можно сделать следующие выводы и предположения:

- электромагнитные поля способствуют разрыву связей –C–C– и –C–H– (крекингу УВ);
- образование углеводородов в баженовской свите может протекать дискретно, за счет быстрого крекинга РОВ под воздействием волновых блуждающих в земной коре полей с обходом энергетического барьера — по туннельному эффекту (не соответствуя классическим представлениям о термобарических условиях формирования залежей нефти);
- в будущем технологии волновой обработки нефтематеринских отложений могут стать главным источником ускорения процессов нефтегенерации.

Автор данной статьи выражает глубочайшую признательность и благодарность своим коллегам и наставникам за помощь в проведении экспериментов и оказание консультаций: д. г.-м. н., профессору, члену корреспонденту РАН И. И. Нестерову, к. г.-м. н. В. М. Александрову, к. г.-м. н. М. Д. Заватскому, В. А. Копырину, М. А. Кадырову, Д. А. Кобылинскому.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00070.

Библиографический список

1. Evaluation of the hydrodynamics generated by agitation and electromagnetic field during the electrocoagulation of oil/water emulsion / O. A. Fadali [et al.] // Journal of Water Process Engineering. – 2018. – Vol. 25 (October). – P. 182–189. DOI: 10.1016/j.jwpe.2018.07.010
2. Kar T., Hascakir B. Effective Extraction of Green River Oil Shale via Combustion // SPE Improved Oil Recovery Conference (11–13 April). – Tulsa (Oklahoma, USA): 2016. – Available at: <https://doi.org/10.2118/179610-MS>.
3. Organofacies study of the Bakken source rock in North Dakota, USA, based on organic petrology and geochemistry/ A. Abarghani [et al.] // International Journal of Coal Geology. – 2018. – Vol. 188 (March). – P. 79–93. DOI: 10.1016/j.coal.2018.02.004
4. Jegede T. O., Adekola S. A., Akinlua A. Trace element geochemistry of kerogens from the central Niger Delta // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2018. – Vol. 8, Issue 4. – P. 999–1007. DOI: 10.1007/s13202-018-0448-1
5. Foltin J. P., Prado G. N., Lisboa A. C. L. Analysis of kinetics parameters of oil shale pyrolysis // Chemical Engineering Transactions. – 2017. – Vol. 61. – P. 439–444. DOI: 10.3303/CET1761071
6. Oslil N., Shalaby M. R., Islam M. A. Hydrocarbon generation modeling and source rock characterization of the Cretaceous-Paleocene Taratu Formation, Great South Basin, New Zealand // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – Available at: <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0511-y>.
7. Jarvie D. M. Williston Basin Petroleum Systems: Inferences from Oil Geochemistry and Geology // The Mountain Geologist. – 2001. – Vol. 38, Issue 1. – P. 19–41.

8. Арутюнов Т. В., Савенок О. В. Исследование сланцевых пород и природы сланцевой нефтеносности баженской свиты и формации Баккен // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 1. – С. 28–46.
9. Леффлер У. Л. Переработка нефти. – 2-е изд., пересмотренное / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 224 с. – (Для профессионалов и неспециалистов).
10. Davletbaev A. Y., Kovaleva L. A. Simulation of high-viscosity oil production using electromagnetic radiation combined with hydraulic fracturing of formation // High Temperature. – 2014. – Vol. 52, Issue 6. – P. 900–906. DOI: 10.1134/S0018151X14060078
11. Processing of high-viscosity oils by complex electromagnetic treatment / V. O. Dovbysh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 181, Issue 1. – Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/181/1/012006/meta>. DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012006
12. Evaluation of different microwave heating parameters on the pore structure of oil shale samples / J. Zhu [et al.] // Energy Science and Engineering. – 2018. – Vol. 6, Issue 6. – P. 797–809. DOI: 10.1002/ese3.253
13. Application of microwave heating with iron oxide nanoparticles in the in-situ exploitation of oil shale / J. Zhu [et al.] // Energy Science and Engineering. – 2018. – Vol. 6, Issue 5. – P. 548–562. DOI: 10.1002/ese3.231
14. Нестеров И. И., Шпильман В. И. Теория нефтегазоаккумуляции. – М.: Недра. – 1987. – 232 с.
15. Нестеров И. И. Искусственное формирование залежей нефти и газа // Вестник РАН. – 1994. – Т. 64, № 2. – С. 115–122.
16. Нестеров И. И. Нефть черных сланцев // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 5. – С. 46–52.
17. Нестеров И. И. Фундаментальные основы формирования залежей нефти и природных газов, их поисков, разведки и разработки // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 4. – С. 425–433.
18. Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири / И. И. Нестеров [и др.]. – М.: Недра, 1987. – 256 с.
19. Бучаченко А. Л. Новая изотопия в химии и биохимии. – М.: Наука, 2007. – 189 с.
20. Бучаченко А. Л. Комплексы радикалов и молекулярного кислорода с органическими молекулами. – М.: Наука, 1984. – 157 с.
21. Бучаченко А. Л. Магнитно-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине // Успехи химии. – 2014. – Т. 83, № 1. – С. 1–12.

Сведения об авторе

Пономарев Андрей Александрович, ассистент кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: ponomarev94@mail.ru

Information about the author

Andrey A. Ponomarev, Assistant at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen, e-mail: ponomarev94@mail.ru