

О ПРОИСХОЖДЕНИИ НЕФТИ В СВЕТЕ АБИОГЕННОЙ И БИОГЕННОЙ ГИПОТЕЗ

Ю.А. Романов, В.Н. Фомин
(ИГиРГИ, ИЦ НВМТ РАН)

Неослабевающий интерес к нефти исследователей и специалистов различных отраслей обусловлен всевозрастающим значением ее как важнейшего вида сырья для нефтехимического синтеза и важного источника возобновляемой энергии. Огромный поток информации и накопленная база данных по этой тематике отражают системный подход к одному из главных горючих ископаемых геосферы.

В комплексе изучаемых проблем, связанных с нефтью, выделяется своей актуальностью и значимостью вопрос о происхождении нефти. Изучение генезиса горючих ископаемых и анализ всесторонних связей процессов формирования месторождений с геологической средой являются фундаментальным направлением геологии и позволяют выявлять пространственно-временные закономерности образования и размещения залежей нефти, газа и других полезных ископаемых, а также способствуют определению режимов экологически обоснованного природопользования.

До настоящего времени широким распространением пользуется гипотеза о преимущественно биогенном происхождении скоплений углеводородов. В пользу этого свидетельствуют данные об их нахождении главным образом в осадочных породах, а также о присутствии в них небольших количеств специфических биомаркеров.

В то же время на земном шаре уже открыты и находятся в разработке более 210 месторождений нефти и газа, приуроченных к метаморфическим и магматическим породам фундамента. В числе этих месторождений имеются и такие гиганты, как Белый Тигр, Дракон, Черный Лев во Вьетнаме, Лас Пас и Мара в Венесуэле и др. Промышленная разработка их ведется успешно, а дебиты скважин часто достигают 2...3 тыс. т/сут. Все это позволяет рассматривать фундамент в качестве еще одного нефтегазового этажа земной коры.

Следует заметить, что во многих случаях над скоплениями углеводородов в фундаменте имеются залежи и в осадочных отложениях. Большинство таких скоплений приурочено, как правило, к зонам разломов.

Характерно, что в современных представлениях о происхождении нефти и газа нет прежнего антаго-

Проведен сравнительный анализ основных критериев биогенного и абиогенного происхождения нефти. Отмечено, что современные геохимические данные свидетельствуют о высокой вероятности образования в процессе геологической истории глобальных зон абиогенного синтеза углеводородов из природных CO, CO₂, H₂.

There is comparative analysis of biogenic and abiogenic oil's origin conceptions. It was emphasized that modern geochemical data are testified about high probability of forming global zones of catalitical non-biological synthesis of carbonhydrogenes from natural CO, CO₂ and H₂.

низма между сторонниками биогенной и абиогенной гипотез. Анализ физико-химических условий генезиса углеводородов в земной коре показывает, что существует принципиальная возможность как абиогенного синтеза в глубинах, так и катагенеза биомассы в осадочных породах. Вопрос о соотношении вкладов биогенных и абиогенных источников в формирование

реальных месторождений (при конкретных геологических и кинетических условиях того или другого типа нефтегенеза) связан с оценкой скоростей образования и мощностей потоков углеводородов.

Многочисленные исследования последних лет позволяют также говорить о высокой вероятности абиогенных механизмов синтеза нефтегазовых образований, которые могут происходить и на значительных глубинах.

В настоящей работе сделана попытка сопоставления факторов, указывающих на оба механизма синтеза нефти и газа, и обсуждаются некоторые аргументы, свидетельствующие о возможности абиогенного синтеза углеводородов в глубоких зонах земной коры и в мантии с участием природных катализаторов.

Основополагающая гипотеза Д.И. Менделеева о минеральном происхождении нефти опубликована в Журнале Русского химического и физического общества при Санкт-Петербургском университете в 1877 г. (т. IX, вып. 2, отд. 1, с. 36—37). Этому предшествовали его обстоятельное знакомство с органической гипотезой происхождения нефти, представлениями М. Бертло, геологические наблюдения, лабораторные опыты по получению углеводородов при действии разбавленных кислот на чугуны, перегретого пара на углеродистые металлы (карбиды железа).

Д.И. Менделеев в своей концепции о происхождении нефти, содержащейся в статье "Нефть" в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона (1897 г.) и других работах, составляющих X том его Собрания сочинений [1], применил естественно-исторический (эволюционный) подход, рассматривающий естественные природные процессы развития Земли в целом, эволюции Земли как планеты с особенностями ее геологических, геохимических и химических процессов.

Сущность минеральной концепции сводится к тому, что нефтегазообразование и формирование нефтяных и газовых месторождений рассматриваются как проявление более широкого природного процесса — дегазации Земли. Этот процесс в своих различных формах является одним из главных факторов эволюции Земли, сформировавших современный облик ее внешних оболочек, создавших гидросферу, атмосферу и всю биосферу. Глубинная дегазация связана главным образом с активными зонами земной коры, для которых характерны наличие глубинных разломов, высокая сейсмичность и вулканизм. Преобладающие компоненты в составе газов — CO_2 , пары воды, H_2 , N_2 , H_2S и углеводороды. При определенных условиях, связанных с внутренней динамикой Земли, в пределах зон тектонических нарушений на больших глубинах возникают очаги нефтеобразования. Из этих очагов массы синтезированных углеводородов и других продуктов химических реакций поднимаются по проницаемым трещиноватым зонам земной коры вверх, в области меньших давлений, образуя при благоприятных условиях (наличие пористых и трещиноватых горных пород-коллекторов, флюидоупоров-покрышек и т. д.) нефтяные и газовые месторождения. Минеральная концепция базируется на том, что вне осадочной оболочки Земли и биосферы содержится более 99 % углерода всей планеты, на наличии в недрах огромного количества внутренней энергии, необходимой для синтеза и переноса к поверхности больших масс флюидов, в том числе и углеводородных, на существовании в недрах активных их носителей в виде метана, паров воды и т. д. Этой концепции не противоречит присутствие большого количества органических соединений, в первую очередь углеводородов, в космосе.

Химическая основа минеральной гипотезы — синтез с участием природных катализаторов и конверсия углеводородов при высоких температурах и давлениях, в основном освоенные химической технологией. Главные аргументы в пользу неорганического происхождения нефти, высказанные в прошлом веке, сохраняют свою актуальность и в настоящее время: связь месторождений с глубинными разломами и грязевым вулканизмом; аномально высокое давление газов в пластах, вызывающее фонтанирование нефти; присутствие в метеоритах углеродистых соединений (в том числе битумов), а в глубоких недрах Земли сильных восстановителей, среди которых особое значение придавалось неокисленному железу в изверженных породах. Первые работы по неорганическому синтезу в несколько иных вариантах были повторены позже (1903, 1911 гг.) В.В. Харичковым [2] и др.

В 1889—1913 гг. В.Д. Соколов опубликовал “космическую” гипотезу неорганического происхождения нефти. Обратив внимание на присутствие углеводородных газов и атомов углерода в хвостах комет и широкое распространение водорода в космосе, он пришел к выводу, что в своей основе углеводо-

роды происходят от соединений, конденсация которых имела место при образовании Земли [3]. В дальнейшем неорганическая теория нашла отражение в работах американского геолога Ю. Коста.

Однако история разработки вопросов происхождения нефти характеризуется часто возникавшими противоречиями между химическими и геологическими аргументами и законами. После смерти Д.И. Менделеева работы русских геологов Г.П. Михайловского, А.Д. Архангельского, В.И. Вернадского, И.М. Губкина, американского геолога П. Траска и других оказали сильное влияние на ход дальнейших исследований по происхождению нефти.

“Несмотря на то, что химические исследования достаточно хорошо объясняют минеральный процесс образования нефти в природе, — писал в 1911 г. академик В.Н. Ипатьев, — мы все-таки отдаем предпочтение органической гипотезе происхождения нефти. Объяснение такому предпочтению мы должны искать только в геологических исследованиях” [4]. В.И. Вернадский отмечал, что “...проще понять историю нефти, оставаясь в пределах верхних оболочек земной коры, доступных нашему непосредственному изучению” [5].

Одним из главных аргументов, используемых сторонниками биогенной концепции происхождения нефти, является связь нефти и живого вещества, на что указывают оптическая активность нефти, наличие в ее составе порфиринов, сходный состав микроэлементов. Отмечая взаимодействие органического вещества со средой, следует исходить из того, что нефть представляет собой весьма сложную природную субстанцию. Она соответствует определенному высокому этапу или ветви эволюции углеродистых соединений Земли, которая привела к возникновению живого вещества. Свойства нефти как организованной сложной субстанции с большим запасом свободной энергии еще мало изучены. Так же, как и живым системам, нефти свойственны постоянная изменчивость во времени и открытость, обмен с окружающей средой веществом и энергией. Как живой организм, так и нефть представляют собой гетерогенные, неравновесные системы, состоящие из множества больших и малых молекул. Как следует из теории химической эволюции открытых каталитических систем, особенности их химического состава, строения и структуры, возникающие при формировании новых свойств и функций, в биогенезе на любой базе должны повторяться или быть подобными. Такая конвергенция признаков должна усиливаться при достижении все более высоких стадий эволюции [6].

Таким образом, нефть как вещество, относящееся к системам, достигшим определенного этапа химической эволюции, на котором приобретаются некоторые свойства и функции, напоминающие свойства и функции живого вещества, характеризуется и некоторыми термодинамически выгодными особенностями химического состава, строения и структуры живого вещества. Эти черты сходны, но не идентичны, как не идентична и нефть живому веществу.

Вторым серьезным противоречием в обеих гипотезах нефтеобразования между химией и геологией остается несоответствие между высокомолекулярным характером "первичной нефти" и механизмом ее миграции, т. е. необходимостью перемещения по толщам горных пород. Не случайно, что в ряде работ [2] были высказаны предположения о гибридном происхождении нефти как продукта химического взаимодействия между глубинным водородом или метаном и биогенным веществом. Построение непротиворечивой модели на базе биогенной концепции встречает больше трудностей.

Органик Н.Д. Зелинский констатировал, что "...минеральная теория происхождения нефти, развитая Д.И. Менделеевым, позволяет химику гораздо легче теоретически представить вполне правдоподобную картину всех стадий реакций, ведущих, исходя из карбидов металлов и разложения их водой, к нефтяным углеводородам" [7].

В 1950-х гг. с появлением работ Н.А. Кудрявцева [8] и ряда других исследователей вновь возрастает интерес к неорганической теории. На базе накопленных к тому времени геологических знаний была дана критика основных положений органической теории, по-новому осмыслены закономерности размещения и условия формирования нефтяных и газовых месторождений. При этом указывалось на связь данной проблемы с вопросом о происхождении жизни на Земле. Известно, что возникновение и развитие жизни до появления фотосинтеза невозможно объяснить без признания, по А.И. Опарину, существования на земной поверхности значительных количеств сложных органических соединений абиогенного происхождения [9—11].

Фундаментальный характер, непреходящая значимость и актуальность рассматриваемой проблемы, а также плодотворность идеи и подхода к ней Д.И. Менделеева обуславливают углубление и расширение отмеченной ее связи с другими смежными проблемами и областями, которые здесь могут быть только упомянуты. Отметим лишь некоторые из них, в частности затрагивающие физико-химическую модель абиогенного синтеза углеводородов в природных условиях: поликонденсационные превращения углеродсодержащих веществ на поверхности катализаторов, модель нестационарного полимолекулярного процесса в открытой каталитической системе, модель абиогенного синтеза углеводородов в природных открытых каталитических системах на потоках дегазации магмы [12], а также такие химические и геохимические проблемы, как каталитический синтез углеводородов из оксида углерода и водорода [13], химизм и масштабы потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли (с оценкой соотношения между газами, генерированными в осадочных породах и поступающими из мантии Земли) [14], роль гидротермальных факторов в эволюции углеродистых веществ и формировании скоплений нефти и газа (гидротермальный процесс как модель перемещения нефти в недрах), черты сходства нефтяных и

рудных месторождений [15], закономерности формирования и размещения нефтегазоносных провинций (в свете минеральной теории и современных представлений о тектонике литосферных плит) [16].

Отмечается сопряженность скоплений урана и нефтей, что позволило авторам предположить "радиоогенную" гипотезу происхождения углеводородов [17].

Анализируя особенности синтеза нефти на больших глубинах, где геостатическое давление достигает десятков тысяч килобар, Э.Б. Чекалюк [18] описывает последовательность распределения составов углеводородной смеси (равновесной системы, подчиняющейся принципу Ле-Шателье) и отмечает ее неизменность по глубине. Повышение давления приводит к синтезу более высокомолекулярных соединений, возрастание температуры действует в противоположном направлении.

Новые данные о возможности каталитического абиогенного синтеза углеводородов в земной коре содержатся в работах К.Г. Ионе с сотрудниками [19]. Авторами показано, что с большой термодинамической вероятностью возможен каталитический синтез из газов CO , CO_2 и H_2 углеводородных смесей, включающих метан, *n*-алканы, нафтены, изоалканы и ароматические углеводороды в соотношениях, близких к природным газоконденсатным и нефтяным смесям. Эти процессы протекают с высоким экзотермическим эффектом и после запуска могут идти с выделением большого количества тепла. Геохимическая модель Земли указывает на высокую вероятность существования каталитически активных зон — Fe, Ni, Mo, Co, Cu, Zn, Cr-содержащих руд с включением алюмосиликатной или алюмофосфатной составляющих. Данные о составе газовых флюидов Земли, содержащих водород и углекислый газ, свидетельствуют о возможности образования глобальных зон каталитического небиологического синтеза метана и смесей высших углеводородов из природных CO , CO_2 и H_2 . Названные бифункциональные каталитические системы, включающие, помимо металлического компонента, катализаторы кислотно-основного действия — алюмосиликаты, в том числе глины или цеолиты, позволяют осуществлять при 220...450 °C и давлениях 1...100 ат синтез смесей углеводородов с широким варьированием содержания нафтенов, изопарафинов и ароматических, в том числе полициклических, соединений в их составе [20].

В недавно опубликованной работе [21] выполнен анализ основных положений и доказательств органической и неорганической гипотез нефтегазообразования, при этом отстаивается вывод о глубинном абиогенном генезисе нефтяных углеводородов. Автор полагает, что многие направления современной органической геохимии являются несостоятельными, поскольку базируются на недостаточно обоснованном исходном положении о возможности генерации углеводородов из рассеянного в породах органического вещества.

Небезынтересно указать на еще одно развитие концепции о строении и составе нефти как дисперс-

ной системы [22]. Известно, что типичные горные породы являются дисперсными системами с высококоразвитыми межфазными границами, характерными для гетерогенных катализаторов, а химический состав пород нередко соответствует составу традиционных катализаторов синтеза углеводородов. Поэтому естественно предположить, что в глубинах Земли при высоких температурах могут происходить достаточно интенсивные каталитические процессы, в том числе абиогенного синтеза или диспропорционирования углеводородов.

Материалы прошедших в Институте проблем нефти и газа РАН в 2002 и 2003 гг. двух международных конференций по дегазации Земли [23] и генезису нефти и газа [24] свидетельствуют о большой роли глубинной дегазации Земли в процессах миграции и трансформации углеводородов, происходящих в фундаменте и осадочной толще, а также формировании месторождений нефти и газа. При этом, исходя из концепции неравновесных открытых каталитических систем, в которых совершаются нестационарные поликонденсационные превращения углеводородсодержащих соединений с образованием углеводородов, приводятся важные свидетельства в пользу абиогенного происхождения нефтяных углеводородов. В качестве главных признаков абиогенеза можно отметить первичность абиогенного круговорота углерода, захватывающего огромные толщи Земли, включая мантию, роль водородсодержащих флюидов в нефтеобразовании, корреляции гелиевых потоков по разломам с нефтяными месторождениями, синтез всех групповых компонентов нефти в лабораторных условиях из CO , CO_2 и H_2 .

Таким образом, рассмотрение нефти как многофункциональной системы особенно важно при анализе данных о генезисе нефтяных углеводородов. В этой связи весьма существенно выявление двуединства этого важнейшего вида горючих ископаемых. С одной стороны, это объект геосферы, формирование которого определяется геологическими закономерностями. В то же время нефть как сложная многофазная (и многокомпонентная) субстанция, безусловно, должна рассматриваться как физико-химическая система, подчиняющаяся термодинамическим и кинетическим закономерностям, позволяющим обнаружить универсальную природу и особенности каталитических процессов синтеза углеводородов в глубинных зонах земной коры. В связи с этим, учитывая основательность и прозорливость концепции Д.И. Менделеева о минеральном происхождении нефти, можно сделать вывод, что она не только не утратила своей актуальности в настоящее время, но и с присущей великим классическим открытиям много-

гранностью находит все новые подтверждения своей неопровержимости, в том числе в известных рассеянных источниках и месторождениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Менделеев Д.И. Собрание сочинений. — Л. — М.: Изд-во АН СССР, 1954.
2. Кропоткин П.Н. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 482—486.
3. Соколов В.Д. Космическое происхождение нефти и других битумов. — М., 1913.
4. Ипатьев В.Н. Журн. Рос. хим. общ-ва. — 1911. — Т. 48, № 8. — С. 1444—1451.
5. Вернадский В.И. Очерки геохимии. — М.: Наука, 1983.
6. Пиковский Ю.И. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 489—498.
7. Зелинский Н.Д. Избранные труды. — М.: Изд-во АН СССР, 1968. — 406 с.
8. Кудрявцев Н.А. // Нефть. хоз-во. — 1951. — № 9. — С. 17—24.
9. Флоровская В.Н. // Вест. Моск. ун-та. Геохимия. — 1964. — № 2. — С. 3—11.
10. Опарин А.И. Возникновение и начальное развитие жизни. — М.: Медицина, 1966.
11. Серебровская К.Б. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 512—517.
12. Руденко А.П., Кулакова Н.И. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 518—526.
13. Лapidус А.Л., Локшев С.М. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 527—532.
14. Войтов Г.И. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 533—540.
15. Флоровская В.Н. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 562—568.
16. Доленко Г.Н. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 578—591.
17. Лесовой Ю.И. Тез. докл. на 31-й Междунар. геолог. конгрессе. — Рио-де-Жанейро, 2000.
18. Чекалюк Э.Б. Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. — 1986. — Т. 31, № 5. — С. 556—562.
19. Нефтехимия / К.Г. Ионе, В.М. Мысов, В.Г. Степанов, В.Н. Пармон. — 2001. — Т. 41, № 3. — С. 178—184.
20. Химия в интересах устойчивого развития / К.Г. Ионе, В.М. Мысов, В.Г. Степанов, В.Н. Пармон. — 2001. — Т. 9. — С. 129—143.
21. Шахновский И.М. Происхождение нефтяных углеводородов. — М.: ГЕОС, 2001. — 72 с.
22. Туманян Б.П. Научные и прикладные аспекты теории нефтяных дисперсных систем. — М., 2000. — 336 с.
23. Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ: Материалы Междунар. конф. памяти акад. П.Н. Кропоткина. Москва. — М.: ГЕОС, 2002.
24. Генезис нефти и газа: Материалы Междунар. конф. Москва. — М.: ГЕОС, 2003.