

А.А. Баренбаум

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва
azary@mail.ru

НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Изложена «климатическая» концепция формирования крупных скоплений нефти и газа. Новая концепция, обобщая биогенную и абиогенную теории нефтегазообразования, позволяет объяснить механизм восполнения запасов разрабатываемых нефтегазовых месторождений, сильную изменчивость состава нефтей и газов и другие наблюдаемые факты.

Введение

Согласно биогенной и абиогенной теориям, нефтегазообразование – это длительный геологический процесс в сотни тысяч – миллионы лет. Однако имеются многочисленные примеры восполнения запасов эксплуатируемых месторождений, сильные вариации состава нефтей (Муслимов и др., 2004) и углеводородных газов (Войтов, 1991), а также присутствие в нефтях радиоактивного изотопа C^{14} естественного (Peter et al., 1991) и искусственного (Kalmytkov et al., 1999) происхождения. Эти факты вынуждают автора рассматривать формирование скоплений нефти и газа не только как геологический, а, в первую очередь, как климатический процесс (Баренбаум, 2002, 2004, 2007а).

Ограниченность биогенной и абиогенной гипотез

Традиционные подходы к решению проблем происхождения нефти и газа страдают отсутствием необходимой системности постановки задачи.

Оценки показывают (Ронов и др., 1982), что в фанерозое в породах земной коры погребено углерода в 2120 раз больше, чем находится сегодня на поверхности. Поэтому углерод должен не только захораниваться в недрах, но и пополняться на поверхности Земли. Сторонники же биогенной теории интересуют, в основном, механизмы образования нефти и газа из органики осадочных пород. Так что принципиальный для проблемы вопрос: откуда берется в биосфере, т.е. на земной поверхности, в необходимых

количествах тот углерод, который после отмирания организмов и фоссилизации их остатков превращается в нефть и газ, остается без ответа.

Казалось бы, проблему решает неорганическая гипотеза. Ее приверженцы полагают, что этот углерод в составе плюмов квазипериодически (Добрецов, 1997) поступает к поверхности из глубоких земных недр, где он сохранился (Летников и др., 1977) с момента образования нашей планеты. При этом земная кора перехватывает и сохраняет в виде нефти и газа очень малую часть потока УВ. Так что практически весь дегазирующий из недр углерод в количестве $10^{15} 10^{16}$ г/год (Войтов, 1986) поступает в атмосферу Земли.

Но возникает другой вопрос – куда затем девается весь этот углерод? Ведь при современных темпах дегазации атмосфера планеты оказалась бы насыщенной глубинным углеродом (метаном) всего за ~1000 лет. Уйти в космическое пространство он не может из-за тяготения Земли. Не может этот углерод всецело поглотиться живыми организмами и водами Мирового океана, поскольку масса биоты и состав океанических вод на протяжении фанерозоя оставались в целом достаточно стабильными (Вернадский и др., 1960).

Сущность новой концепции

Ранее приведены убедительные доказательства (Баренбаум, 2002) того, что в эпохи на границах стратонов фанерозойской шкалы наша планета и в целом Солнечная система подвергаются интенсивным бомбардировкам галак-

достижением этого проекта является доказательство современного активного генезиса новых масс углеводородов в разрабатываемых пластах.

В определенных случаях можно добиться воспроизводства запасов за счет эффективного управления природно-техногенными процессами. Это принципиально новая постановка вопроса в отношении медленно воспроизводимых ресурсов планеты в геологической шкале времени.

В этой связи можно сделать принципиально важный вывод, имеющий большое практическое значение. В период активной разработки многопластовых месторождений в Западной Сибири за счет перетоков в различных направлениях происходит увеличение запасов в отдельных зонах или формирование новых скоплений нефти и газа. Значительную подпитку дают новообразованные массы углеводородов за счет их современного генезиса в

активных очагах литосферы. Подобные процессы отмечаются во многих нефтегазоносных районах мира. Эти вновь образованные, вторичные или «техногенные» залежи могут содержать значительные запасы. Необходимо ориентировать разведочные работы на такие объекты, которые могут быть «размазаны» по большому стратиграфическому диапазону. Надо разрабатывать целевые методики для таких работ, которые могут существенно увеличить нефтегазовые запасы Западной Сибири.

В Западной Сибири активный процесс формирования и переформирования залежей продолжается и в настоящее время. Молодой возраст скоплений нефти и газа в фанерозое Западной Сибири отмечается всеми геологами.

Главный вывод. Нефть и газ являются возобновляемыми ресурсами за счет спонтанно активизированных природных и природно-техногенных процессов в земной коре.

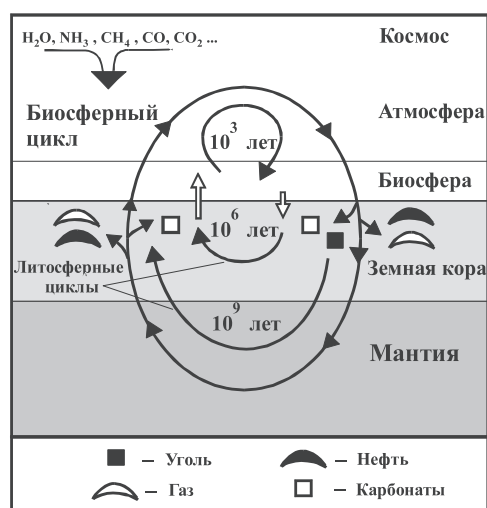


Рис. 1. Схема глобального круговорота углерода на Земле.

тическими кометами. Вместе с кометами на Землю поступают большие количества космического углерода и воды, которые включаются в происходящий на Земле геохимический круговорот вещества (Вернадский, 1960). В результате углерод перераспределяется по разным подсистемам нашей планеты, как над, так и под ее поверхностью.

Согласно развиваемым представлениям нефть и газ – это продукты циркуляции подвижного углерода через земную поверхность с участием его трех главных циклов круговорота на нашей планете (Рис.). Первый длительностью $\sim 10^3 - 10^6$ лет связан с погружением углеродсодержащих пород в мантию Земли при субдукции литосферных плит. Второй – с характерным временем $\sim 10^6 - 10^7$ лет вызван преобразованием захораниваемого органического вещества при накоплении осадков. И третий – биосферный цикл длительностью ~ 40 лет обусловлен переносом углерода в земную кору метеогенными водами в процессе их климатического круговорота.

Все три цикла тесно связаны между собой и происходят таким образом, что над земной поверхностью, играющей роль геохимического барьера, углерод циркулирует в окисленном виде (CO_2 и живое вещество CH_2O), а под поверхностью – в восстановленном. После восстановления до УВ углерод формирует в верхней зоне земной коры собственные скопления в виде залежей нефти и газа, что помечено на рисунке соответствующими значками.

Значительную роль в современном формировании залежей нефти и газа играет биосферный цикл углерода, который охватывает биосферу в целом, включая ее подземную часть. Вследствие больших масштабов переноса углерода метеогенными водами и его преимущественно регионального характера, пополнение ловушек УВ происходит за десятки – сотни, а не миллионы лет. При этом сами ловушки, во-первых, приурочены к крупным осадочным бассейнам, дренирующим огромные по площади территории, и, во-вторых, тяготеют к разломам земной коры. Наличие разломов, с одной стороны, облегчает поступление метеогенных вод в породы осадочного чехла, а с другой, способствует разгрузке этих вод от транспортируемого углерода.

Своим образованием нефтегазовые скопления обязаны двум основным физико-химическим процессам: 1) экстракции подземными водами преобразованной в катагенезе и диагенезе органики осадочных пород, 2) поликонденсационным реакциям синтеза УВ из поставляемо-

го с поверхности метеогенными водами гидрокарбоната (HCO_3). Первый процесс отвечает за наличие в нефти сложных УВ (биомаркеров), сходных органическому веществу вмещающих пород, из которого они произошли, а второй – нормальных и изопреноидных алканов и др. сравнительно просто структурированных УВ, присутствующих в больших количествах в нефтях категории А¹.

Состав УВ нефти формирует также подземная микрофлора. Под ее влиянием он может меняться как при подземной миграции флюидов к ловушкам, так и в самих залежах. Однако эти изменения свойственны неглубоко залегающим нефтям В¹ и В² (Забродина и др., 1978). Нефти А¹, погруженные на глубину от 2 до 5 км, обычно биодегрاديруются слабо.

На состав нефти влияют и другие факторы. Из-за неодинаковой подвижности низко- и высокомолекулярных УВ и разной эффективности их накопления в ловушках многие нефти лишены легких фракций, причем в ряде случаев эти потери достигают 90% и более. В термобарических условиях осадочного чехла имеют место также фазовые переходы УВ нефти из жидкости в газ и, наоборот. Типичная смесь УВ на таких глубинах распадается на две фазы: газ и нефть (Баренбаум, 2002). Ниже этого «нефтяного окна» УВ представлены газом либо газоконденсатом. На еще больших глубинах флюид ведет себя как единая водородная смесь и на фазы не распадается.

Механизм геохимического круговорота

«Земная кора – писал В.И. Вернадский – есть область нашей планеты, чрезвычайно сложная по своему строению. Ее происхождение нам неясно. По-видимому, она в своей основе сильно переработана постоянно в нее проникающими космическими излучениями. Она представляет не случайную группу явлений, но совершенно закономерное явление в истории планеты, своеобразный планетный механизм».

В условиях периодического поступления на планету больших масс космического вещества, устойчивое функционирование системы требует обязательного вывода из активного обмена излишков углерода (и воды) и их фиксации на какое-то время в неких «резервуарах». Такими резервуарами – накопителями подвижного углерода, в первую очередь, служат Мировой океан, биота, атмосфера, почвы, а также породы земной коры и мантии.

При геохимическом равновесии системы выполняется требование:

$$\frac{n_i}{\tau_i} = C = const,$$

где n_i и τ_i – соответственно масса углерода и среднее время его пребывания в i -том резервуаре, C – константа равновесия, характеризующая скорость геохимического круговорота в системе.

Фактические данные свидетельствуют о пребывании биосферного цикла в состоянии равновесия, когда уход углерода из одного резервуара системы восполняется его поступлением из других. Скорость этого обмена $C = (2.7 \pm 0.1) \times 10^{17}$ г/год совпадает со скоростями круговорота кислорода атмосферы и вод подземной гидросферы. Тем самым, как полагал В.И. Вернадский, на нашей планете существует единая геохимическая система круговорота вещества. Ее объединяющим началом являются живые

организмы, которые, входя составным элементом в циклы воды, углекислоты и кислорода, приводят их скорости в соответствие с общим круговоротом вод гидросферы.

Балансовые проблемы круговорота углерода

Анализ круговорота углерода через поверхность Земли выявляет в эмпирических данных серьезное балансовое противоречие. Оно отражено на рисунке вертикальными стрелками разной длины. Из измерений следует, что если в осадках континентов и океанов ежегодно погребается $(2 \div 6) \times 10^{14}$ г углерода, то из недр на поверхность его поступает $(1 \div 5) \times 10^{15}$ г в год. Причем на нисходящей ветви круговорота захоранивается углерод окисленный, состоящий на $\sim 2/3$ из карбонатов и на $\sim 1/3$ из отмершей органики, в то время как на восходящей ветви в атмосферу поступает преимущественно углерод восстановленный, представленный метаном (CH_4) и его гомологами (Войтов, 1986).

Не менее важна эта проблема для климатологии. В мире ежегодно добывается около 3,3 млрд. т нефти, 2,3 трлн. м³ природного газа и 3,3 млрд. т каменного угля. В нефтяном эквиваленте эта масса топлив составляет 7,6 млрд. т н.э. в год (или 7.6×10^{15} г углерода). При их сжигании образуется втрое большее количество CO_2 , которое, по мнению климатологов, может вызывать наблюдаемое потепление климата Земли. Данная эмиссия CO_2 для надземной системы круговорота углерода, как показывают расчеты, избыточна. При самых оптимистичных предположениях $\sim 30\%$ CO_2 невозможно удалить из атмосферы за счет известных механизмов его растворения в водах Мирового океана и поглощения биотой (Кондратьев, Крапивин, 2003).

Учет переноса CO_2 в форме гидрокарбоната метеогенными водами под земную поверхность количественно решает данный вопрос, как и проблему нефтегазообразования в целом (Баренбаум, 2004). Это решение опирается на два эмпирически доказуемых положения: 1) поверхностные воды достаточно легко и быстро проникают до глубин ~ 5 км (Ферронский, Поляков, 1983) и 2) абиогенный синтез нефтяных УВ активно протекает в осадочном чехле земной коры при температуре $\sim 150 - 200^\circ\text{C}$ (Баренбаум, 2007б).

Основные выводы

В новой концепции формирование залежей нефти и газа определяется не только условиями генезиса и накопления УВ в недрах, но и факторами круговорота углерода над земной поверхностью. Среди них важную роль играет хозяйственная деятельность людей. Так как масса извлекаемого из недр ископаемого углерода превышает его поступление за счет естественной циркуляции, человек способен оказывать активное воздействие на региональные процессы генерации нефти и газа в недрах (Баренбаум и др., 2006).

Умеренное по темпам извлечение нефти и газа из залежей (без нарушения подземной циркуляции вод) не должно сильно влиять на потенциальную нефтегазоносность региона, повышая темп восстановления его месторождений. Но произойдет это лишь в условиях, когда извлекаемые УВ потребляются в пределах того же гидрогеологического бассейна, что и их добыча.

Практика транспортировки нефти и газа на тысячи километров от мест добычи способствует перераспределению мировых ресурсов УВ. Интенсивно потребляющие нефть и газ промышленно развитые страны аккумулируют их на сво-

ей территории, тогда как страны, специализирующиеся на добыче и экспорте УВ сырья, свои ресурсы истощают.

Другим прогнозируемым следствием является тенденция смещения крупных скоплений УВ в акватории Мирового океана. Из-за отсутствия на краях континентов условий накопления УВ, избыточный углерод при региональном круговороте выносится водами подземного стока на глубоководном шельфе и континентальном склоне материков (Баренбаум, 2007а). Поэтому именно здесь сосредоточены основные запасы УВ нашей планеты, представленные не только нефтью и газом, но и аквемаринными газогидратами.

И, наконец, третий важный вывод состоит в принципиальной возможности эксплуатации месторождений нефти и газа как восполняемых источников углеводородного сырья. При бережном недропользовании, когда темп извлечения УВ из залежей не превышает темпа их естественного пополнения, существуют предпосылки восполнения ресурсов нефтегазовых месторождений.

Эффективность использования нефтегазового потенциала недр может быть повышена и за счет интенсификации потоков УВ в залежи на конкретных месторождениях путем специального бурения скважин и оптимизации режимов их работы (Баренбаум и др., 2005).

Литература

- Баренбаум А.А. *Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция*. М.: ГЕОС. 2002.
- Баренбаум А.А. Механизм формирования месторождений нефти и газа. *Доклады АН*. №6 2004. Т. 399. 802-805.
- Баренбаум А.А. О возможной связи газогидратов с субмаринными подземными водами. *Водные ресурсы*. Т.34. №4. 2007а.
- Баренбаум А.А. Изучение условий образования нефти с использованием теоретической модели Андерсона-Шульца-Флори. *Вестник ОНЗ РАН*. <http://www.segis.ru>. 2007б.
- Баренбаум А.А., Закиров С.Н., Закиров Э.С. и др. Интенсификация притока глубинных углеводородов. *Доклады АН*. Т.406. №2. 2005. 221-224.
- Баренбаум А.А., Шиловская Т.И., Шиловский А.П. *Современное нефтегазообразование. Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ*. Казань: Изд-во КГУ. 2006. 34-38.
- Вернадский В.И. *Избранные сочинения*. М.: Изд-во АН СССР. 1960.
- Войтов Г.И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли. *Журн. всеобщей хим. о-ва им. Д.И. Менделеева*. 1986. Т.31. №5. 533-539.
- Войтов Г.И. О химической и изотопно-углеродной нестабильности свободных газов (газовых струй) в Хибинах. *Геохимия*. 1991. №6. 769-780.
- Добрецов Н.Л. Мантийные суперплоты как причина главной геологической периодичности и глобальных перестроек. *Доклады АН*. 1997. Т.457. №6. 797-800.
- Забродина М.Н., Арефьев О.А., Макушина В.М., Петров А.А. Химические типы нефтей и превращение нефтей в природе. *Нефтехимия*. 1978. Т.18. №2. 280-290.
- Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. *Моделирование глобального круговорота углерода*. М.: Физматлит. 2004.
- Летников Ф.А., Карпов И.К., Киселев А.И., Шкандрий Б.О. *Флюидный режим земной коры и верхней мантии*. М.: Наука. 1977.
- Муслимов Р.Х., Глумов Н.Ф., Плотникова И.Н. и др. Нефтегазовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты. *Геология нефти и газа*. 2004. 43-49.
- Ферронский В.И., Поляков В.А. *Изотопия гидросферы*. М.: Наука. 1983.
- Kalmytkov St.N., Sapozhnikov Yu.A., Golubov B.N. Artificial radionuclides in oils from the underground nuclear test site (Perm's region, Russia). *Czech. J. of Phys.* 1999. V.49. Suppl.1. P.91-95.
- Peter J.M., Peltonen P., Scott S.D. et al. ¹⁴C ages of hydrothermal petroleum and carbonate in Guaymas Basin, Gulf of California: Implications for oil generation, expulsion, and migration. *Geology*. 1991. V.19. P.253-256.