

Поговорим о нефти и газе

Принесенные солнечным ветром

Опубликовано в журнале
«Эксперт». 2007. № 19.
Интервью с А. Механиком
и Д. Медовниковым

От редакции Небывалый рост потребления органического топлива, в первую очередь нефти и газа, и вызванный им ценовой шок опять заставили задуматься о происхождении ископаемых углеводородов. Согласно традиционной теории органического происхождения, нефти и газа осталось на несколько десятков лет. Согласно другим, более радикальным теориям неорганического происхождения, запасы углеводородов практически неистощимы. Недавно даже появились гипотезы вполне уважаемых ученых, что нефть, благодаря каталитическим процессам, возникла практически одновременно с самой Землей и ее не просто много, а очень много. Другие не менее уважаемые ученые говорят о «естественной дегазации Земли», а потому газа у нас еще лет на четыреста, не меньше. Единой позиции нет даже у Российской академии наук. Так кто же прав? Мы готовы выслушать и традиционалистов, и радикалов, но начинаем все же с первых.

Наш собеседник – Эрик Галимов, академик РАН, директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, заведующий в своем институте лабораторией геохимии углерода. Основные труды академика посвящены химии и геохимии стабильных изотопов, органической геохимии нефти и газа, происхождению алмазов, происхождению и химической эволюции Земли, происхождению Луны. Эрик Михайлович призывает не обольщаться себя пустыми надеждами. История планетообразования и развития биосферы неопровержимо свидетельствует в пользу органического происхождения ископаемых углеводородов. Органическое топливо на исходе. Человечество стоит перед глобальным вызовом исчерпания энергетических ресурсов. По мнению Галимова, единственный выход – развитие термоядерной энергетики, основанной на использовании ге-

лия-3, огромные запасы которого находятся на Луне. Россия, имеющая большой научный и инженерный задел и в термоядерной физике, и в исследовании Луны, может сыграть важную роль в освоении нового источника энергии. Осталось сорок лет, пора приступать к работе.

— Сейчас появились публикации о новой версии происхождения нефти. Согласно этой теории, нефть возникла одновременно с Землей и ее запасы практически неисчерпаемы. Некоторые считают, что, если теория подтвердится, это может привести к обвалу рынка нефти.

— Я знаю об этой теории. В ней много от недостаточно хорошего знания предмета. На первоначально образовавшейся планете не то что углеводов, скорее всего, воды даже не было. Поэтому я думаю, что от этого открытия рынок нефти не обрушится.

Чтобы понять ошибочность этой теории, надо представлять себе процесс возникновения и формирования планет, и в частности Земли. Сейчас все в большей степени становится понятно, что исходным моментом генезиса планет была турбулентность исходного газопылевого вещества, которое собиралось в сгустки и потом стало коллапсировать. Для того чтобы это произошло, необходимо было выдуть из этого протопланетного образования газ, потому что водород составляет 98 процентов исходного космического вещества. И это сделало Солнце, которое выдувало водород солнечным ветром из внутренней части Солнечной системы, где образовались Меркурий, Венера, Земля, Марс, на ее периферию, где появились газовые гиганты Юпитер и Сатурн. Уходя, водород унес массу восстанавливаемых веществ, прежде всего кислород. То есть на этих планетах не стало воды. А железо, составляющее ядро планет, оказалось в значительной степени восстановленным.

— А сверху ядра что?

— Силикатная мантия. В ней сохранился углерод, но главным образом в виде элементарного углерода. Не вдаваясь в подробности, отмечу, что первичная атмосфера Земли, скорее всего, была восстановленная и состояла из метана и, возможно, азота. Такая атмосфера могла сочетаться с восстановленной мантией. А вот в последующем мантия стала постепенно окисляться. Дело в том, что в силикатной мантии железо существует в форме FeO. Однако если в мантии происходит конвекция, а конвекция была достаточно интенсивной, особенно в первое время, то на границе ядра и мантии FeO при высоком давлении диспропорционирует на металлическое железо (Fe) и более окисленную форму — магнетит (Fe₃O₄), при этом железо прихватывается металлическим ядром, а окисленное железо с восходящим потоком поступает в верхнюю мантию. В результате происходит некоторое наращивание ядра и окисление мантии.

А вода, скорее всего, попала на Землю уже позже в результате выпадения на поверхность на заключительной стадии формирования планеты астероидов, комет и метеоритов. Среди метеоритов широко распространены углистые хондриты, составляющие первичное вещество, из которого создавалась Солнечная система. Близкий состав имеют кометы. Химический состав того же Солнца

ближе всего к составу углистых хондритов. Углистые хондриты содержат железо в виде FeO и гидроксильные группы минералов, которые включают до четырех процентов воды. Источником метеоритов является пояс астероидов.

Это фрагменты небесного тела, то ли не сложившегося в планету, то ли разрушившегося под влиянием приливных сил Юпитера. В результате там осталось много первичного вещества, которое не прошло стадию дифференциации, то есть оно сохранилось в примитивной форме. И такое вещество могло бомбардировать планеты, когда их формирование находилось на заключительной стадии. На Луне мы видим следы этой бомбардировки, но Луна не смогла удерживать летучие вещества. Поэтому она какой была, такой и осталась. А вот Земля удержала. А метеориты были очень крупные, судя по тем кратерам, которые мы видим на Луне. И они принесли на Землю ту воду, которая в конечном счете создала водный резервуар на нашей планете.

– **То есть весь мировой океан?**

— Для того чтобы получился мировой океан, нужно было, чтобы масса попавших на Землю метеоритов соответствовала массе земной коры. А масса земной коры незначительна по сравнению с массой планеты в целом. Ее толщина где-то 70 километров по сравнению с 6380-километровым радиусом Земли. Это немного и достаточно, чтобы создать мировой океан. Есть доказательства тому. Вода на Земле имеет изотопный состав, как и вода в углистых хондритах. И благородные газы на Земле имеют такой состав, как в углистых хондритах.

– **Почему метеориты перестали бомбардировать Землю?**

— На самом деле, как вы знаете, метеориты выпадают и сейчас, но, конечно, гораздо реже, чем в ту эпоху. На Луне, где легче проследить этапы ее бомбардировки, видно, что эпоха бомбардировки продолжалась в период с 4,2 до 3,8 миллиарда лет тому назад. С чем это связано? Может быть, планета, которая формировалась на месте пояса астероидов, в это время разрушилась. Большая масса материала была выброшена, в том числе во внутреннюю часть Солнечной системы. А потом интенсивность этого потока ослабла.

– **Давайте перейдем к углеводородам. Ваше отношение к органической и неорганической теориям происхождения углеводородов.**

— Органическая теория происхождения нефти подтверждена многочисленными исследованиями. Но у молодых людей есть склонность к революционному мышлению. Классическая теория органического происхождения нефти для многих выглядит очень скучно. Хочется сказать оригинальное слово. Многие проходят эту стадию до тех пор, пока в достаточной мере не познают науку и не поймут что к чему. И вот тогда они вынуждены под давлением реальных фактов и реальной науки принять классическую, возможно, неромантическую точку зрения, что нефть образуется из гниющих органических остатков.

– **Как это происходит?**

— В самом упрощенном виде процесс можно представить следующим образом. Исходным материалом для формирования нефти выступают останки организмов, в первую очередь планктона, которые в течение миллионов лет

опускаются на дно водоемов и накапливаются там вместе с осадками. По мере накопления осадков они уплотняются и превращаются в осадочную породу. При этом органические остатки частично разлагаются, из них выделяются газы. Оставшаяся масса превращается в плотный органический полимер кероген. Эксперименты показали, что выделение углеводов из керогена происходит при температуре 100–200 °С. Такая температура характерна для глубин 3–5 километров, которые считаются главной зоной нефтеобразования.

— А почему с этим не согласны сторонники неорганического происхождения нефти?

— Углеводы можно получить и неорганическим путем. Кстати, предтечей этого направления был Менделеев, который показал, что если на карбид подействовать водой, то действительно образуются углеводороды. Но вопрос не в том, могут ли углеводороды образовываться неорганическим путем, а в том, какого происхождения именно нефть, потому что в том, что углеводороды могут образоваться неорганическим путем, нет сомнений. Да, мы их наблюдаем в кимберлитах, во включениях минералов магматических пород. Возникает, естественно, вопрос, можем ли мы определить реально происхождение встреченных в природе углеводов. Такие возможности существуют.

— Давайте остановимся на них подробнее.

— Раньше придавали большое значение оптической активности нефти. Это фундаментальное свойство, общее для живого вещества, продуктов его преобразования и нефти. Оно заключается в оптической асимметрии органических молекул: все биогенные аминокислоты — левые, а сахара — правые зеркальные изомеры. А при минеральной синтезе углеводов возникают смеси, не обладающие оптической активностью. Но это доказательство не полное. Оптическую активность проявляет не вся нефть. Более надежное доказательство — наличие в нефти соединений, называемых биомаркерами. Биомаркеры — свойственные живому существу структуры, например изопреноидные углеводороды, порфирины, возникновение которых связано с хлорофиллом растений. То есть это такие компоненты, которые, безусловно, имеют органическое происхождение. И они в нефти есть. Но и здесь сторонники неорганического происхождения нефти находят контрдовод, говорят, что биомаркеры были вымыты из осадочных пород, когда через них проходила основная масса углеводов, которая поступала из мантии, из глубоких недр. Так вот, я должен сказать, что наши работы поставили точку в этом деле. Каким образом? Мы в целом ряде нефтей исследовали изотопный состав основных классов углеводов. Это парафиновые, нафтеновые и ароматические. И одновременно извлекли и исследовали изотопный состав биомаркеров разного типа. Если биомаркеры попали в нефть случайно, они не будут по изотопному составу углерода коррелировать с остальными углеводородами нефти. Так вот, наши исследования показали, что углеводороды основной массы и биомаркеры для данной нефти имеют один источник. То есть получается, что биомаркеры не случайно попали в нефть, они родственны с другими углеводородами. А поскольку все согласны, что биомаркеры имеют органическое происхождение, то, таким образом, и вся соответствующая нефть имеет такое же происхождение.

Более того, сегодня имеются методы, позволяющие не просто говорить о происхождении нефти, а определить нефтематеринскую породу, в которой данная нефть возникла. Это важно и с практической точки зрения. Если нефтематеринская порода определена, то, зная ее мощность, содержание органического вещества, мы можем предсказать ресурсы данного нефтеносного бассейна. Мы видим, например, по характеру нефтематеринской породы, что у нас должно быть 2 миллиарда тонн нефти, а разведано только 60 миллионов тонн, значит, надо искать не открытую еще нефть. А если мы видим, что там 2 миллиарда, и мы уже 1,6 открыли, то на многое рассчитывать не приходится.

Методы выявления нефтематеринских пород основаны на изотопном анализе. Например, в Волго-Уралье есть очень богатый нефтью Яснополянский горизонт. Считалось, что для этой нефти нефтематеринскими являются малиновские глины, а анализ показал, что это девонские отложения (доманик), которые залегают гораздо глубже. То есть мы можем указать конкретную нефтематеринскую породу, конкретное органическое вещество, которое дало нефть. В некоторых случаях это сложно, требуется привлечение других данных. Но все необходимые для этого инструменты известны специалистам.

Сторонники неорганической теории спрашивают, почему в одном осадочном разрезе нефть есть по всему разрезу, а в другом ее совсем нет. Они объясняют это тем, что нефть идет снизу, из земных глубин. Там, где есть проводящая трещина, весь разрез заполнен, а где не было трещины, там нефти нет. На самом деле это происходит совсем по другой причине. Для того чтобы возник нефтеносный район, в нем должны присутствовать пласты, богатые органическим веществом. При этом трансформация органического вещества должна достичь определенной стадии. Если мы возьмем наиболее богатые нефтеносные районы, то они все имеют такие пласты: Западная Сибирь — баженовская свита, Волго-Уралье — доманиковские отложения, Венесуэла — Ла-Луна, Персидский залив — Ханифа и Тувайк.

Нефть образует в нефтематеринской породе систему трещин, поскольку жидкая нефть по объему существенно превосходит исходное плотное органическое вещество. Через эту систему трещин нефть выдавливается в ловушки, в коллекторы и аккумулируется, формируя, таким образом, месторождение. Если ловушки нет, нефть вообще может рассеяться, что часто бывает. При этом нефть выдавливается и вверх, и вниз. Все зависит от того, какие пласты — проницаемые или непроницаемые — имеются снизу или сверху.

— Сторонники неорганической теории приводят пример сверхвязких нефтей в подтверждение своей правоты, поскольку такая нефть не могла, по их мнению, формироваться так, как Вы описали, и мигрировать в силу своей вязкости из нефтематеринских пород в ловушки.

— Во-первых, если над нефтяными слоями не очень хорошая покрывка, то легкие углеводороды начинают уходить. Во-вторых, если нефтеносные слои не слишком глубоко погружены, до одной тысячи метров, то микроорганизмы вполне могут произвести так называемую биодеградацию нефти. При этом микроорганизмы не любят ароматику, плохо относятся к нафтеновым углеводородам, но обожают парафиновые углеводороды. И они их выедают. В результате

эти нефти становятся такими вязкими, малоподвижными. Есть такое Новопортовское месторождение в Западной Сибири, а выше по разрезу — Русское месторождение. Нефти очень разные: Новопортовское месторождение — прекрасная нефть, а Русское месторождение — вязкая нефть, не очень удобная для добычи. Но изотопный анализ показал, что обе нефти имеют один и тот же источник. Просто нефть Русского месторождения оказалась биодegradированной, то есть до нее добрались микроорганизмы, они выели то, что им нравится выедать, и испортили качество этой нефти.

Еще в качестве доказательства неорганического происхождения нефти приводят случаи нахождения ее в гранитах, а не в осадочных породах. Дескать, она могла попасть туда только через трещины снизу. Но и это не так. И тому тоже есть серьезные доказательства. Возьмите месторождения в Восточной Сибири. Там действительно нефть есть в подошве буквально кристаллического фундамента. Но сверху кембрийские отложения. И там же есть такая верхнебугтабинская свита — органическое вещество. И мы можем сказать, что эта нефть сформировалась из этого органического вещества.

— А газ тоже имеет органическое происхождение?

— Безусловно. Конечно, метан может быть как органического, так и неорганического происхождения. Вопрос только, какой метан. Я сторонникам неорганической теории не раз втолковывал что к чему (они меня даже боятся). У нас есть возможность определить, какого метан происхождения. Дайте мне ваш метан, и я скажу, какого он происхождения.

— Также по биомаркерам?

— В данном случае по изотопному составу углерода и водорода. Любой метан имеет химическую формулу CH_4 , но по изотопному составу можно точно сказать, что этот метан — болотный газ, этот — из гумуса, органического вещества, этот — из сапропеля, а этот — вулканический. В вулканах тоже метан есть неорганический, а есть органический, который попадает в вулканы.

— Биомаркеры — это все-таки как-то убедительней. Мало ли почему такой изотопный состав получился. Разве совпадений не может быть каких-то случайных?

— Как раз наоборот. Изотопный состав очень точный индикатор. Мы знаем, как получается тот или иной изотопный состав. Метан есть в кимберлитах, в пиропе, ольвине — минералах, которые поднялись из мантии. Этот метан по изотопному составу имеет определенную точную характеристику, и мы можем определить, что он магматический. А метан в нефтяных и газовых месторождениях совершенно другой.

— Есть ли какие-нибудь более или менее правомерные оценки, сколько нефти осталось?

— Не правы и те, кто говорит, что закончилась, не правы и те, кто говорит, что ее бесконечно много. На сегодняшний день разведанные запасы нефти составляют где-то около 170–190 миллиардов тонн, а добыча — 4,5 миллиарда тонн в год. То есть разведанных запасов осталось примерно на 40 лет. Другое дело, что до середины восьмидесятых годов запасы росли быстрее, чем добыча.

В Советском Союзе вообще считалось, что прирост запасов должен опережать добычу. И так было до середины восьмидесятых во всем мире. У нас если получалось меньше — снимали министра. С восьмидесятых годов мы уже ничего не прибавляем, а только отбираем то, что открыли. И рассчитывать, что произойдет что-то, способное изменить эту тенденцию, — напрасное дело.

— **А шельф?**

— Шельф имеет определенную разведанную площадь, и хотя запасы на шельфе по большей части не входят в те 170 миллиардов тонн утвержденных запасов, о которых я говорил, но и размеры его ограничены. Шельф — это часть континента, залитая водой. Но континент при этом может быть представлен, например, и магматическими породами, и кристаллическими, которые к нефти никакого отношения не имеют.

— **А что можно сказать про Арктику или Антарктику?**

— Антарктика остается нам пока неясной. Неизвестно, есть ли там вообще осадочные бассейны.

— **А на Северном полюсе?**

— Пока мы вообще не знаем, есть ли там континентальный шельф. Другое дело, из политических соображений мы стараемся доказать, что он есть. Но даже если разведают весь шельф, проведут глубоководное бурение в Арктике и Антарктику раскопают, увеличение этих 170 миллиардов на какую-то заметную величину маловероятно. Поскольку уже исследованная площадь нам известна, то легко посчитать, что осталось, может быть, еще неразведанных запасов процентов десять-двадцать. Но это не может изменить картину. А если Китай, Индия, другие страны начнут необузданно развиваться, значит, все кончится быстрее, чем за сорок лет.

— **А сколько у нас газа осталось, тоже оценки разные. Некоторые говорят про четыреста лет, а некоторые про семьдесят...**

— Реально порядка семидесяти лет.

— **При нынешней интенсивности добычи?**

— Да. А она будет увеличиваться. Но дело в том, что запасы газа, в отличие от нефти, которая распределена более или менее равномерно, за исключением Персидского залива, сосредоточены в основном, до 60 процентов, в двух странах — России и Иране.

— **Этому есть какое-то научное объяснение?**

— Газ образуется не из того органического вещества, из которого образуется нефть, а из другого типа. Угольного ряда, я бы сказал. Почему угли всегда сопровождаются газовыми, метановыми скоплениями? Потому что уголь образуется из гумусового органического вещества, из которого и большинство газа образуется. Газ может образовываться и из нефти, но тогда, когда эта нефть подвергается большим температурам. В этих случаях нефть переходит в газ и в асфальты. Что такое гумусовое органическое вещество? Сапропелевое органическое вещество, из которого образуется нефть, — это результат типично морских условий. А гумус — это озера, болота, торф. Откуда у нас такое

колоссальное количество газа в Западной Сибири? Там есть 800-метровая толща, набитая гумусовым органическим веществом. Называется покурская свита. Я других таких мест на Земле не знаю.

— Почему такие уникальные отложения образовались именно в Западной Сибири?

— Наличия такого количества гумуса мало для формирования газовых залежей. Для того чтобы газ сформировал большие залежи, нужно, чтобы эта свита была достаточно проницаемой. Покурская свита состоит из глины с песками, и поэтому газ, который образуется, легко идет в ловушку, в сенаманские отложения, которые представляют собой роскошный песок. Но важнее всего, что над ними так называемые кузнецовские карбонаты и глины. Это 400 метров карбонатных пород, которые намертво перекрыли газосборные коллекторы. Получается, что там, во-первых, огромная легкопроницаемая газоматеринская порода, которая дает газ, прекрасные коллекторы и прекрасные покрывки.

— По поводу угля, конечно, нет сомнений в его органическом происхождении?

— Конечно. Мы можем наблюдать все стадии его превращений, что называется, невооруженным глазом. Вот торф, вот бурый уголь, потом коксующийся. А с нефтью все сложнее. Тут уже невооруженного глаза не хватает, но есть вооруженный глаз. А вооруженный тоже прекрасненько показывает что и как.

— Но угля зато много?

— Угля много. Его действительно может хватить надолго. Но уголь — топливо неблагоприятное с экологической точки зрения. Его добыча требует строительства шахт, гигантских карьеров. Конечно, со скважинами лучше иметь дело. И теплотворные способности у угля низкие. Но когда у нас все кончится и нужно будет переходить на уголь, тогда и уголь быстро закончится. Пока он составляет где-то процентов двадцать в мировом энергобалансе. У нас, кстати, меньше. А Штаты, и Китай особенно, используют много угля. При современном уровне добычи его хватит лет на двести-триста. Но если его добывать раз в пять больше, то лет через шестьдесят, если не закончится, добыча его станет чудовищно дорогой. Скажем, уголь есть на глубине, например, тысяча метров. Но чтобы на тысячу метров за углем залезть, это сколько нужно всего накопать и какая будет себестоимость такого угля?

— Многие утверждают, что увеличение использования угля грозит усугублением проблемы глобального потепления.

— Я очень консервативно всегда относился к этим утверждениям. Я считаю, что огромным буфером является океан, содержание в котором CO_2 на три порядка больше, чем производит человечество. Исследования кернов антарктических и гренландских льдов, которые позволяют составить представление о том, каким был состав воздуха на Земле в течение последних шестисот тысяч лет, показали, что сначала наступает потепление, а уж потом увеличивается содержание CO_2 . А не наоборот. Когда океан начинает нагреваться, увеличивается его температура и уменьшается растворимость CO_2 . И CO_2 поступает в атмосферу. Я, возможно, был одним из пионеров исследования этого явления. Еще

в 1967-м году нам пришло в голову, впервые в мире, изучить изменение изотопного состава атмосферного воздуха по годичным кольцам на срезах деревьев. Потому что углерод, который получается в результате сжигания нефти, резко отличается от того углерода, который присутствует в атмосфере. И в кольцах роста это должно быть заметно. В Пермской области, в чистейшем тогда регионе, мы срезали две сосны. Одна, как выяснилось, столетняя, а другая — пятидесятилетняя. И мы увидели, что существенного нарастания содержания антропогенного углерода нет. Потом и в других странах, в Бразилии, США, эти результаты были подтверждены. С тех пор я занимаю консервативную позицию по этому вопросу. А потепление, скорее всего, связано с орбитальными эффектами. Эта теория, которую разработал Милутин Миланкович, утверждает, что изменение климата на Земле происходит из-за периодических изменений параметров орбиты Земли. Другое дело, что если взять последний период, то увеличение количества CO_2 в атмосфере за последние двадцать лет беспрецедентно и превосходит все, что было в геологическом прошлом. И мимо этого нельзя пройти. Но причины глобального потепления требуют дополнительного изучения.