

## Научная революция в проблеме происхождения нефти и газа. Новая нефтегазовая парадигма

*Мы специализируемся не на науках, а на проблемах.  
Эти проблемы не укладываются  
в рамки одной определенной, развитой области Науки.  
В.И. Вернадский*

Обсуждается современное состояние проблемы происхождения нефти и газа. С привлечением теории Т. Куна обоснована точка зрения, что в этой области знания сегодня происходит научная революция. На смену конкурировавшим в нефтегазовой геологии органической и минеральной теориям приходит новая нефтегазовая парадигма, которая считает нефть и газ возобновляемыми полезными ископаемыми планеты. Теоретической основой новой нефтегазовой парадигмы является разработанная автором биосферная концепция нефтегазообразования. Она связывает нефтегазообразование с современным геохимическим круговоротом углерода и воды через земную поверхность, при котором нефть и газ являются его обязательными продуктами, а их скопления представляют собой ловушки циркулирующего через поверхность углерода, пополняемые при эксплуатации месторождений. В рамках новой парадигмы биосферная концепция принципиально решает проблему происхождения нефти и газа. Концепция непротиворечиво объясняет основные наблюдаемые факты. Согласованно решает ключевые балансовые проблемы круговорота углерода. Обобщает органическую и минеральную теории генезиса нефти и газа. Выявляет важную роль в образовании газонефтяных углеводородов круговорота воды. Помогает установить ранее неизвестный физико-химический механизм синтеза углеводородов в земной коре, а также открывает возможность технологически влиять на образование нефти и газа в недрах.

**Ключевые слова:** нефть и газ, углеводороды, круговорот углерода, биосферная концепция нефтегазообразования, низкотемпературный синтез углеводородов.

### Теория научных революций по Т. Куну

Согласно теории американского историографа наук Т. Куна (Kuhn, 1963; 2003), в основе каждой зрелой науки лежит «парадигма» – т.е. некая совокупность знаний, которая в течение достаточно длительного времени признается определенным научным сообществом как основа его практической деятельности. Эти знания обязательно включают эмпирически установленное правило, объясняющую его теорию, а также технические средства, обеспечивающие применение данной науки на практике.

В своем развитии все науки переживают состояния, которые Кун назвал «кризисными». В период кризиса парадигма утрачивает способность решать возникающие задачи. Это вызывает резкое возрастание профессиональной неуверенности ученых, выражающееся в появлении множество конкурирующих гипотез, борьба между которыми очень напоминает начальный этап развития науки, когда еще не имелось разработанных парадигм.

Отсутствие общепризнанной парадигмы, как утверждает Кун, ставит под сомнение само существование данной науки. Все члены научного сообщества во время кризиса вроде бы занимаются наукой, но совокупный результат их усилий едва ли имеет сходство с наукой вообще.

Основным симптом кризиса является наличие «аномалии», т.е. некоего явления природы, существование которого не предполагается парадигмой или даже ей противоречит. Аномалии имеются практически всегда, и их преодоление в рамках существующей парадигмы – важнейшая задача любой науки. К кризису приводят не все аномалии, а только такие, которые, во-первых, занимают в науке видное место, и, во-вторых, в течение длительного времени не поддаются попыткам ученых включить их в парадигму.

Смена парадигмы очень болезненна для научного сообщества. Ибо всякая наука направлена на разработку тех

явлений и теорий, существование которых она заведомо предполагает. Новые явления часто вообще упускаются из виду. Ученые в русле зрелой науки не ставят себе цели создания новых теорий, как правило, они нетерпимы и к созданию таких теорий другими.

Когда парадигма меняется, обычно происходят значительные изменения в критериях, определяющих правильность, как выбора проблем, так и их решений. Некоторые старые проблемы могут быть переданы в ведение другой науки или объявлены совершенно «ненаучными». Другие проблемы, которые были прежде не существенными или тривиальными, могут с помощью новой парадигмы сами стать прототипами значительных научных достижений.

Обсуждая пути выхода из кризисного состояния, Кун отмечает, что все кризисы заканчиваются одним из трех возможных исходов: 1) нормальная наука, в конце концов, оказывается способной разрешить проблему, порождающую кризис; 2) проблема, несмотря на все усилия, не поддается решению и оставляется в наследство будущим поколениям ученых; 3) кризис разрешается в результате научной революции, приводящей к возникновению нового претендента на место старой парадигмы.

Последний случай является основным путем развития науки. Кун формулирует следующие два требования к новой парадигме. Первое – она должна решать какую-то спорную и в целом осознанную проблему, которая не может быть разрешена никаким другим способом. И второе – обещать сохранение способности решения всех других проблем, которые накопились в науке благодаря предшествующим парадигмам.

### Научная революция в происхождении нефти и газа

Пересмотр существующих взглядов на происхождение нефти и газа полностью укладывается в схему Т. Куна развития всех зрелых наук.

В результате двухсотлетних исследований в нефтегазовой геологии сегодня сложились два основных подхода к решению проблемы происхождения нефти и газа, претендующих на роль самостоятельных парадигм. Согласно органической теории, нефть и газ образуются из останков живых организмов, погружающихся в ходе геологических процессов вглубь земной коры. В соответствии с минеральной теорией нефть и газ возникают в результате абиогенного синтеза углеводородов (УВ) в глубоких недрах Земли.

Каждая из парадигм имеет большое число сторонников и опирается на результаты многих экспериментальных и теоретических исследований. Это, однако, не устраняет известных трудностей, которые не позволяют научному сообществу сделать окончательный выбор в пользу одной из них. Органическая теория не дает ответа на вопрос, откуда в биосфере в необходимом количестве берется углерод, из которого образуются нефть и газ. Минеральная теория, казалось бы, его решает, но не может объяснить, куда девается из атмосферы углерод, поступающий из глубоких недр. К тому же далеко не ясен вопрос источника УВ в самих недрах Земли.

Эти, а также некоторые другие трудности сторонники обеих парадигм ставят друг другу в вину, но не принимают на свой счет. Наличие разных точек зрения на происхождение УВ, следуя Куну, означает, что науки адекватной проблеме происхождения нефти и газа пока нет (Баренбаум, 2013).

Противоборство «органиков» и «неоргаников» по вопросам нефтегазообразования, возможно, продолжалось бы многие годы, если бы не кризис, разразившийся в нефтегазовой геологии в конце прошлого века.

Аномалией, вызвавшей кризис, явилось открытие в 1990-е годы совершенно не предусмотренного в нефтегазовой геологии природного явления – пополнения запасов нефти и газа на эксплуатируемых месторождениях. Это открытие нефтяников-разработчиков, дополненное фактами быстрой вариации состава газовых эманаций (Войтов, 1991) и добываемой нефти (Муслимов и др., 2004), а также обнаружение в нефти (Peter et al., 1991) изотопа  $C^{14}$  с периодом полураспада 5370 лет, и стало, на наш взгляд,

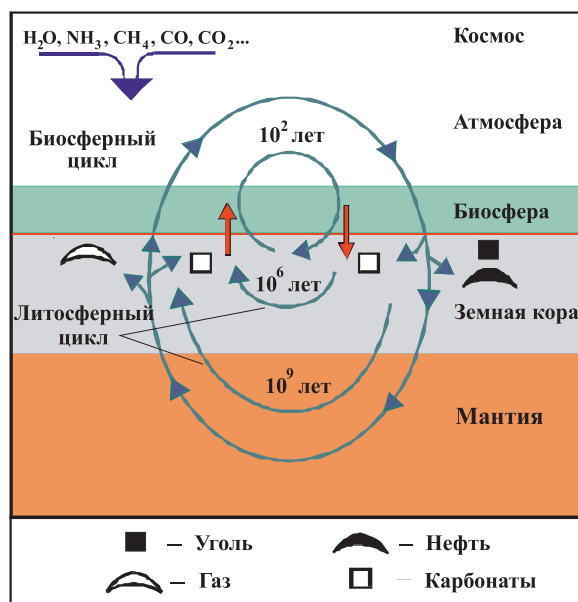
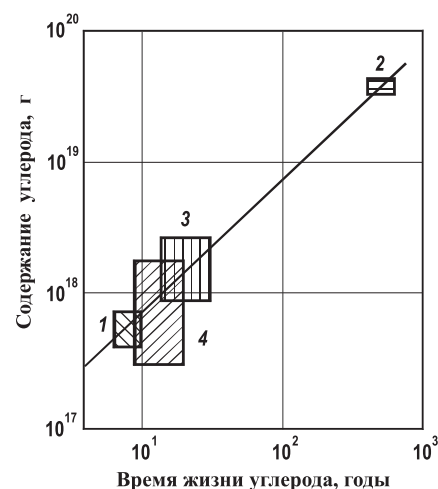


Рис. 1. Схема глобального геохимического круговорота углерода на Земле.

Рис. 2. Сопоставление содержания углерода и его времени жизни в земной атмосфере (1), Мировом океане (2), живом веществе (3) и почвенно-иловом слое (4); прямоугольники показывают разброс оценок по данным разных литературных источников.



главной причиной кризиса, приведшего к научной революции в нефтегазообразовании.

Вслед за открытием аномального явления, в полном согласии с теорией научных революций Т. Куна, резко возрастает активность сторонников обеих парадигм. Выдвигается большое число компромиссных биогенно-абиогенных гипотез (Дюнин, Корзун, 2003), не сумевших, однако, решить проблему. Рождается идея полигенеза, согласно которой в образовании нефти и газа участвуют все возможные механизмы генезиса УВ (Дмитриевский, 2002). Тогда же у исследователей вызревает мнение, что генезис УВ не оказывает решающего влияния на образование крупных скоплений нефти и газа (Шустер, 1993), и что данное явление контролируется некими другими не менее важными, но неучтенными процессами и факторами (Баренбаум, 1998).

Среди прочих идей возникает новый взгляд на природу УВ нефти и газа, который и приобретает статус новой нефтегазовой парадигмы. Первыми ее сформулировали наши соотечественники Б.А. Соколов и А.Н. Гусева (1993). «Нефть и газ – заявили они – представляют собой возобновляемые природные ископаемые, и их освоение должно строиться, исходя из научно обоснованного баланса объемов генерации УВ и возможностей отбора в процессе эксплуатации месторождений». Тем самым образование нефти и газа было впервые предложено рассматривать не как длительный геологический процесс, а как феномен, зависящий от режимов эксплуатации месторождений УВ.

Новые представления потребовали адекватного теоретического объяснения. Эту задачу решила биосферная концепция (Баренбаум, 2004, 2010). Она связала нефтегазообразование с современным круговоротом углерода и воды через земную поверхность, при котором УВ являются его необходимыми продуктами, а их скопления – это ловушки циркулирующего через поверхность углерода, пополняемые в процессе эксплуатации месторождений.

В рамках новой нефтегазовой парадигмы биосферная концепция впервые непротиворечиво объяснила происхождение нефти и газа, ответив на ключевые вопросы, не решенные биогенной и минеральной теориями. Позволила она также пересмотреть в сторону резкого увеличения нефтегазовый потенциал недр и рекомендовать эффективные сберегающие технологии его использования при добыче УВ сырья (Баренбаум, 2012).

### Биосферная концепция нефтегазообразования

В основе биосферной концепции лежат взгляды В.И.

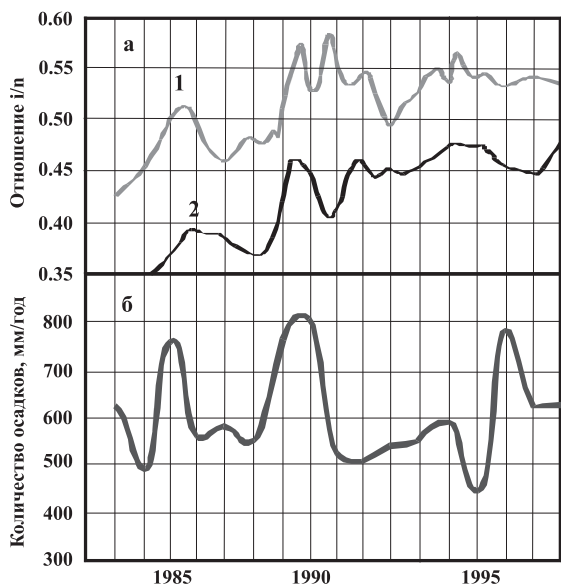


Рис. 3. а) Отношение изобутана и бутана в нефтях: 1 – отложения карбона, 2 – отложения девона (Муслимов и др., 2004); б) Количество осадков по данным метеостанций г. Казани за период с 1983 по 1998 г.

Вернадского на биосферу и ее организующую роль в геохимическом круговороте вещества на нашей планете. Под биосферой В.И. Вернадский понимал зону «жизни», которая сверху ограничена космическим пространством, а снизу – глубинами литосферы, где существуют микроорганизмы. В.И. Вернадский (2001) также полагал, что углерод биосферы имеет космическое происхождение. Причем земная кора, где сосредоточены скопления нефти и газа, представляет собой область, сильно переработанную проникающими в нее космическими излучениями Галактики.

Эти представления В.И. Вернадского в настоящее время подтверждены и получают дальнейшее развитие (Баренбаум, 2010). Сегодня можно считать доказанным фактом, что углерод и вода периодически поступают на Землю с галактическими кометами и включаются в происходящий на нашей планете геохимический круговорот вещества. В ходе такого круговорота углерод перераспределяется по разным подсистемам планеты, как на поверхности, так и под ней. Что имеет прямое отношение к проблеме образования нефти и газа.

Принятая в биосферной концепции за основу система круговорота углерода на Земле по В.И. Вернадскому поясняется схемой (Рис. 1).

Верхняя стрелка слева на схеме обозначает поступление на Землю космического вещества. Это вещество циклически через каждые 20-37 млн. лет выпадает на Землю с галактическими кометами. На 90% оно состоит из воды и содержит 5-10% углеродную компоненту. Времена падений комет являются основными эпохами образования черных сланцев и служат границами стратонов геохронологической шкалы фанерозоя (Баренбаум, 2010).

В дальнейшем поступивший на поверхность планеты углерод перераспределяется по трем основным циклам круговорота: биосферному и двум литосферным. Первый с характерным временем  $\tau_1 \sim 10-100$  лет вызван круговоротом углерода в биосфере, включая ее подземную часть. Второй – «быстрый» литосферный цикл с  $\tau_2 \sim 10^6-10^7$  лет обусловлен преобразованием в земной коре захороненной органики, а также карбонатных осадков. И третий –

«медленный» литосферный цикл с  $\tau_3 \sim 10^8-10^9$  лет может быть связан с погружением углеродсодержащих пород в мантию при субдукции литосферных плит.

Все три цикла тесно связаны между собой и происходят таким образом, что над земной поверхностью, играющей роль геохимического барьера, подвижный углерод циркулирует преимущественно в окисленном виде ( $CO_2$ ), а под поверхностью – восстанавливается до УВ. Из-за низкой растворимости в воде последние обособляются и формируют в структурах-ловушках верхней зоны земной коры скопления нефти и газа. Пересекая земную поверхность в разных циклах круговорота, и входя в состав то живых организмы, то минеральных агрегаты, углерод биосферы многократно участвует в окислительно-восстановительных процессах, меняя при этом свой изотопный состав.

В соответствии с этими представлениями круговорот углерода в биосфере изучался с помощью феноменологической модели, построенной на анализе решения системы уравнений (Баренбаум, 1998):

$$\begin{aligned} \frac{dn_1}{dt} + \frac{n_1}{\tau_1} &= \alpha_{12}n_2 + \alpha_{13}n_3 + Q(t); \\ \frac{dn_2}{dt} + \frac{n_2}{\tau_2} &= \alpha_{21}n_1 + \alpha_{23}n_3; \\ \frac{dn_3}{dt} + \frac{n_3}{\tau_3} &= \alpha_{31}n_1 + \alpha_{32}n_2, \end{aligned} \tag{1}$$

где  $n_1, n_2, n_3$  и  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  – соответственно количество углерода и его время жизни в каждом из трех циклов;  $Q(t)$  – функция поступления углерода на поверхность;  $\alpha_{ij}$  – параметры обмена углеродом между циклами. Каждое из уравнений описывает поведение углерода в своем цикле круговорота (Рис. 1).

Показано, что режимы круговорота углерода в докембрии, фанерозое, а также в современную эпоху существенно отличались. Если в докембрии круговорот углерода носил нестационарный характер и сопровождался «вспышкам жизни» ~ 0.6, 1.0, 1.6, 2.6 и 3.6 млрд. лет назад (Соколов, 1976), а в фанерозое накапливался под земной поверхностью (Неручев, 1979), то в наши дни круговорот углерода в биосфере пребывает в состоянии устойчивого динамического равновесия (Баренбаум, 2004).

Наибольший интерес для нас представляет современная эпоха. Из решения системы уравнений (1) в этом случае следует, что в состоянии равновесия для всех основных резервуаров подвижного углерода биосферы, а ими на поверхности Земли являются Мировой океан, живые организмы, атмосфера и почвы-илы, а под поверхностью – углеродсодержащие газы и флюиды, должно выполняться условие:

$$n_i/\tau_i = C = \text{const}, \tag{2}$$

где  $n_i$  и  $\tau_i$  – масса углерода и его время жизни в  $i$ -резервуаре соответственно;  $C$  – скорость геохимического круговорота углерода в системе.

Если условие (2) выполняется, то уход углерода из какого-то одного резервуара восполняется его поступлением из других. Если нет, в системе возникают нескомпенсированные перетоки углерода, которые стремятся вернуть ее в равновесное состояние.

Фактические данные свидетельствуют (Рис. 2), что система круговорота углерода в биосфере сегодня близка к



динамическому равновесию. В пересчете на  $CO_2$  константа этого круговорота  $C=(2.7\pm 0.1)\cdot 10^{17}$  г/год совпадает со скоростями круговорота кислорода и вод Мирового океана через срединные океанические хребты (Баренбаум, 1998). Тем самым в биосфере имеет место не самостоятельная циркуляция углерода, кислорода и воды, а их совместный круговорот в рамках единой геохимической системы. Объединяющим началом такой системы, как считал В.И. Вернадский, выступают живые существа. Входя составным элементом в круговороты воды, углерода и кислорода, живое вещество приводит их скорость круговорота в соответствие со скоростью геологического круговорота вод подземной гидросферы.

Отметим, что условие (2) сегодня выполняется не только для биосферы в целом, но и регионально. На континентах время круговорота углерода в биосферном цикле составляет ~40 лет. Поэтому любое региональное нарушение равновесия, в том числе за счет интенсивной промышленной добычи нефти и газа, геохимическая система устраняет посредством круговорота в биосфере за такое же характерное время. При возвращении системы в равновесие происходит пополнение освободившихся ловушек новыми порциями УВ.

**Проблемы баланса углерода в биосфере и их решение**

Условием адекватности изложенных представлений является согласованное решение в соответствии с биосферной концепцией трех балансовых вопросов круговорота углерода через земную поверхность, названных условно проблемами: «источника», «стока» и «обмена» (Баренбаум, 2010).

**Проблема «источника»**

Суть проблемы в объяснении «планетарного механизма» В.И. Вернадского. В биосферной концепции посредством этого механизма биосфера утилизирует циклически поступающий на Землю кометный углерод и поддерживает устойчивое равновесие его круговорота в современную эпоху (Рис. 2).

По А.Б. Ронову (1980) в фанерозое через биосферу прошло и погребено в осадочной оболочке в 2120 раз больше углерода, чем находится на поверхности в подвижном состоянии сегодня. Масса живого вещества, однако, все это время менялась слабо (Вернадский, 1960), тогда как ско-

рости захоронения органики (Неручев, 1979) и отложения карбонатов испытывали значительные колебания и с начала фанерозоя многократно возросли.

Согласно (Баренбаум, 2010), поведение биосферы в фанерозое, включая эволюцию на планете жизни (Баренбаум и др., 2009), определяли циклические падения галактических комет. Из решения системы уравнений (1) для этого случая следует, что необходимым условием устойчивого функционирования биосферы является квазипериодическое поступление на Землю с кометами углерода. Распределяя углерод по трем циклам круговорота (Рис. 1), биосфера поддерживает в системе динамически устойчивое равновесие (2).

Эта устойчивость проявляется в том, что при слабом дестабилизирующем воздействии блоки «1», «2» и «4» на рис. 2 перемещаются вдоль линии равновесия, без изменения ее положения. Тогда как сильные воздействия скачком переводят систему в новое равновесное состояние с иной скоростью круговорота. По нашим данным последний такой «скачок», приведший к уменьшению скорости круговорота в ~3.8 раза, произошел 150 млн. лет назад и был связан со значительным увеличением массы вод Мирового океана в юре (Хэллем, 1978). Эта скорость  $C=(2.7\pm 0.1)\cdot 10^{17}$  г/год сохраняется по сей день. В фанерозое можно выделить как минимум два интервала с отличной скоростью круговорота: современный - до мела включительно, и более ранний, начинающийся с перми, а, может быть, еще ранее (Баренбаум, 1998).

В этом отношении круговорот напоминает поведение других систем с так называемым неустойчивым равновесным состоянием (Николис, Пригожин, 1979), когда открытая система под влиянием внешних воздействий скачками переходит от одного локального состояния равновесия к другому.

**Проблема «стока»**

Так назван дисбаланс между восходящим и нисходящим потоком углерода через поверхность Земли (Рис. 1). По данным Г.И. Войтова (1986), если в неогене с осадками в недра в среднем погружалось  $\sim(2\div 6)\times 10^{14}$  г/год углерода, состоящего на ~2/3 из карбонатов и на ~1/3 из отмершей органики. То в наше время из недр в атмосферу ежегодно дегазирует  $(1\div 5)\times 10^{15}$  г углерода, представленного примерно в равных количествах  $CH_4$  и  $CO_2$ .

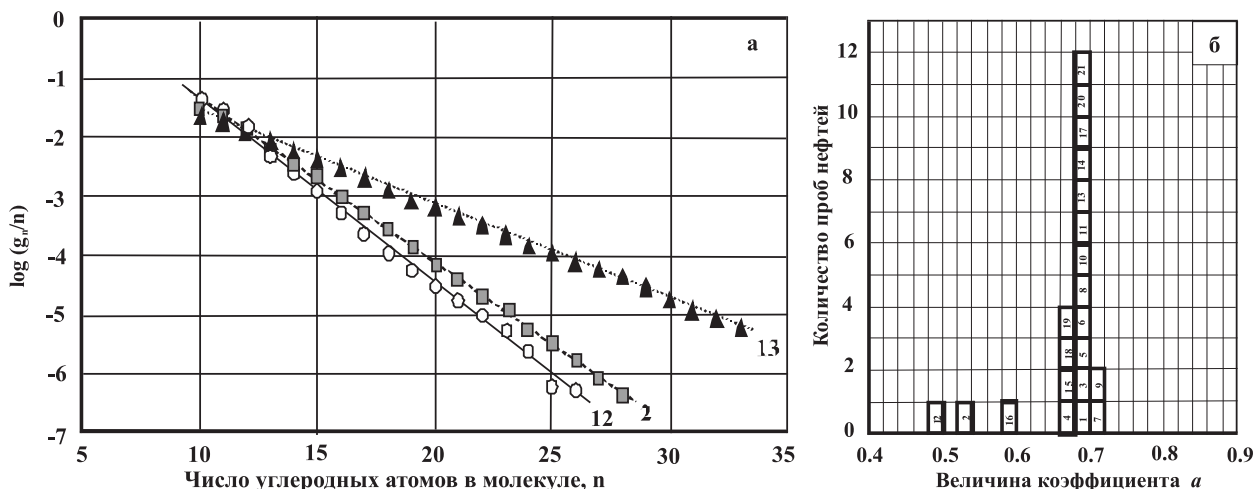


Рис. 4. а) молекулярно-массовое распределение n-алканов в системе координат уравнения (3) для 3-х проб; б) распределение алканов по величине параметра а. Цифры – номера проб.

Из-за низкой точности оценок этот дисбаланс долгое время не привлекал внимания геологов. Ситуация изменилась, когда круговоротом углерода заинтересовались климатологи. Их расчеты показали, что при современном потреблении нефти, газа и угля  $\approx 7.6 \times 10^{15}$  г/год углерода в нефтяном эквиваленте, их сжигание приводит к эмиссии  $\text{CO}_2$ , которая для системы круговорота углерода на нашей планете является избыточной. При самых оптимистичных предположениях  $\sim 30\%$   $\text{CO}_2$  невозможно удалить из атмосферы за счет известных механизмов его растворения в водах Мирового океана или поглощения растительностью и животными (Кондратьев и Крапивин, 2003).

Тем самым, получается, что из недр на поверхность ежегодно поступает примерно в  $\sim 20$  раз больше углерода, чем стекает под поверхность.

Данная проблема «стока» вызвана тем, что при круговороте углерода через поверхность не был учтен перенос атмосферного  $\text{CO}_2$  метеогенными водами. Согласно биосферной концепции, метеогенные воды не только переносят углерод в форме  $\text{CO}_2$  под земную поверхность в больших количествах, но и сами участвуют в генерации УВ в осадочном чехле земной коры.

На рисунке 3-а показано отношение изобутана и бутана в нефтях скважин-миллионеров Ромашкинского месторождения с 1983 по 1998 гг. (Муслимов и др., 2004), а на рисунке 3-б приведена кривая выпадения осадков в г. Казани. Мы видим, что бутановое  $i/n$ -отношение в нефтях и количествах осадков испытывают сильные вариации. До 1990 г. между ними просматривается вполне отчетливая корреляция. С позиций биосферной концепции данные рис. 3 говорят о том, что метеогенные воды весьма быстро проникают в нефтеносные коллектора месторождения, где участвуют в нефтегазообразовании.

Есть основания полагать, что такое проникновение вод носит сезонный характер. Сезонное поступление климатических осадков на большие глубины ( $\sim 1$  км и более) в осадочный чехол установлено по изотопным данным, в частности, в Сырдарьинской впадине (Сережников, Селецкий, 1995).

### Проблема «обмена»

Данная проблема состоит в объяснении того факта, что под земную поверхность уходит  $\text{CO}_2$ , а наверх поступает углерод восстановленный. Так как последний представлен преимущественно  $\text{CH}_4$  и нефтью, вопрос сводится к объяснению механизма, преобразующего под поверхностью  $\text{CO}_2$  в УВ.

В настоящее время может считаться доказанным, что нефти – это сложные растворы УВ полигенной природы, составляющие взаимосвязанную систему с вмещающей их матрицей пород и контактирующими водными растворами. Из углерода биогенного генезиса УВ могут возникать вследствие деструкции органических молекул (органическая теория), а из минеральных соединений углерода – в результате абиогенного синтеза (минеральная теория). Тем самым органическая и минеральная теории изучают два разных механизма образования УВ, происходящих в горных породах с участием вод.

В биосферной концепции эти механизмы не конкурируют между собой, а дополняют друг друга. Оба механизма восстанавливают окисленный углерод под земной поверхностью, куда он поступает в трех циклах круговорота (Рис. 1). После превращения в плохо растворимые в воде УВ углерод формирует в верхней зоне земной коры собственные скопления в виде нефти и газа.

Главную роль в переносе углерода под поверхность играет наиболее быстрый биосферный цикл, инициированный климатическим круговоротом воды. В силу больших масштабов переноса углерода метеогенными водами и регионального характера их круговорота, пополнение подземных ловушек УВ происходит с характерным временем биосферного цикла. При этом сами ловушки, во-первых, размещаются в пределах крупных осадочных бассейнов, дренирующих 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 ими углерода.

В соответствии с биосферной концепцией, газонефтяные УВ возникают преимущественно двумя путями: 1) при экстракции подземными флюидами преобразованного в катагенезе и диагенезе ОВ осадочных пород, и 2) в поликонденсационных реакциях синтеза УВ на породных катализаторах с участием воды. Первый процесс однозначно диагностируется по наличию в нефти сложных УВ (в частности, биомаркеров), родственных ОВ, из которого они произошли, а второй – более простых УВ, молекулярно-массовые распределения которых подчиняются уравнению Андерсона-Шульца-Флори:

$$\lg(g_n/n) = n \lg \alpha + \lg(\ln^2 \alpha), \quad (3)$$

где  $g_n$  – массовая доля УВ с числом  $n$  углеродных атомов в молекуле,  $\alpha$  – параметр молекулярно-массового распределения УВ ( $0 < \alpha < 1$ ).

Уравнение (3) эффективно применяется при изучении

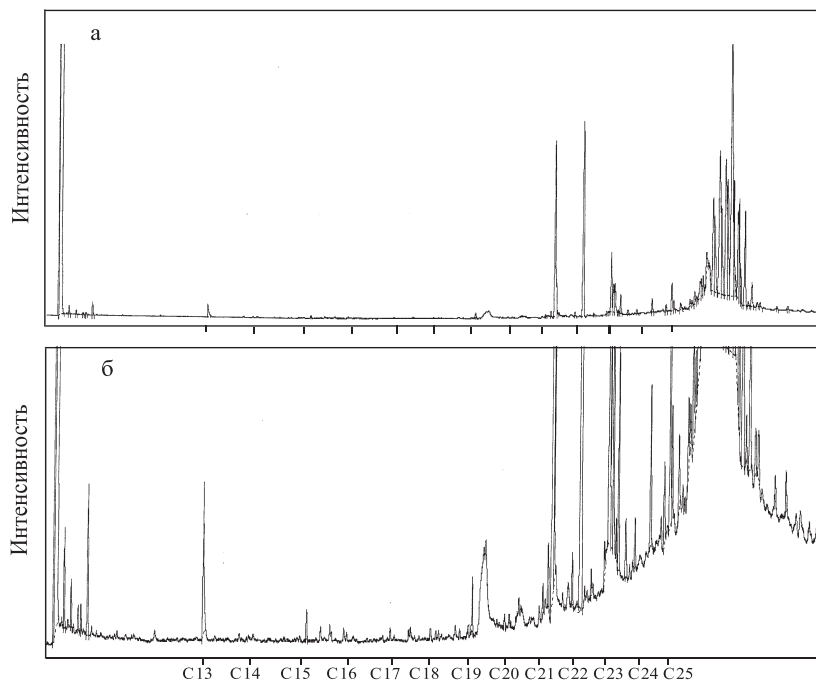


Рис. 5. Хроматограмма углеводородов, экстрагированных с поверхности железной стружки в конце экспериментов; а) и б) – разная степень увеличения.

продуктов синтеза УВ по реакции Фишера-Тропша (Глебов, Клигер, 1994). Эта формула также хорошо описывает распределения n-алканов в нефтях, причем с теми же значениями параметра  $\alpha$ , что и у продуктов синтеза Фишера-Тропша на катализаторах из железа (Баренбаум, 2010). На рис. 4 приведены распределения n-алканов в 18 пробах сырых нефтей типа  $A_1$  и 3 пробах конденсатов из разных месторождений Западной Сибири (Баренбаум, Абля, 2009). Распределения n-алканов во всех пробах с высокой точностью (коэффициент детерминированности  $> 0.99$ ) описываются формулой (3). Величина  $\alpha$  нефтей формирует резкий максимум при  $\alpha = 0.69$ . Конденсаты (образцы 2, 12 и 16) имеют большую крутизну распределений, что типично для нефтей и конденсатов с глубин свыше 3-4 км (Соколов, Абля, 1999).

### Механизм синтеза

Большинство сторонников минеральной теории образования нефти и газа сегодня полагают, что синтез УВ возможен лишь при высоких температурах, имеющих место в мантии и ядре Земли ([www.conference.deerpoil.ru](http://www.conference.deerpoil.ru)).

Это мнение, однако, ошибочно. Реальность синтеза УВ в осадочном чехле земной коры при температурах  $T \leq 100^\circ\text{C}$  к настоящему времени обоснована теоретически и подтверждена экспериментально. Наиболее крупный вклад в решение этого вопроса, на взгляд автора, внесли В.И. Молчанов, а также Н.В. Черский и В.П. Царев. Своими работами они доказали, что в породах с высокой внутренней поверхностью минеральной матрицы синтез УВ из окислов углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) и воды, термодинамически разрешенный при  $T > 500^\circ\text{C}$ , происходит при комнатной температуре и атмосферном давлении, если породу механически активировать. Причиной тому являются радикалы (разорванные химические связи) на поверхности минералов, которые обладают избыточной свободной энергией и тем самым, снижают порог реакций.

В.И. Молчановым механическая активация достигалась дроблением твердых углеродсодержащих веществ, а в экспериментах Н.В. Черского и В.П. Царева трением и/или пропусканием через образцы пород морской воды.

В последние годы важные результаты по изучению механизма синтеза УВ из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  получены при фильтрации карбонизированной воды (вода с растворенном в ней  $\text{CO}_2$ ) через железосодержащие среды в модельных экспериментах, выполненных в ИПНГ РАН. Эксперименты проводились при комнатной температуре и близком к атмосферному давлению с использованием специализированной лабораторной установки (Закиров и др., 2013).

Полученные данные позволяют заключить, что механизм синтеза газонефтяных УВ из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в земной коре представляет собой совокупный результат нескольких происходящих под земной поверхностью процессов:

- разложения воды с последующим участием в синтезе УВ «активного» водорода, т.е. в момент его образования из воды (Молчанов, Гонцов, 1992);

- образования в минералах пород механическими силами (приливное влияние Луны, сейсмические волны, тектонические деформации, искусственные воздействия и т.п.) внутрикристаллических дефектов, которые диффундируют к поверхности минеральных зерен матрицы пород, увеличивая тем самым поверхностную энергию системы (Черский, Царев, 1984);

- удаления с поверхности матрицы пород кислорода циркулирующими подземными водами-флюидами, а также поглощение кислорода при окислении (Закиров и др., 2014);

- растворение водами-флюидами возникающих газобразных и жидких УВ, а также экстракция битумоидов, отложенных на матрице (Рис. 5).

На рисунке 5 показана хроматограмма УВ, экстрагированных с поверхности железной стружки в конце наших экспериментов. Анализ проведен в Институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова. Как и в опытах Н.В. Черского и В.П. Царева (1984) по пропусканию морской воды через углеродсодержащие породы, у нас также возникает широкий спектр УВ (предельных, непредельных и ароматических), как газообразных, так и жидких.

### Заключение

Сегодня в нефтегазовой геологии происходит научная революция, свидетелями и участниками которой мы являемся. Революция вызвана начавшимся два десятилетия назад в России пересмотром представлений о природе нефти и газа. В соответствии с новой нефтегазовой парадигмой нефть и газ относятся к возобновляемым полезным ископаемым нашей планеты. Этот вывод получает необходимое теоретическое обоснование и дальнейшее развитие в биосферной концепции нефтегазообразования, которая связывает существование нефти и газа с современным круговоротом углерода и воды в биосфере.

Во главу угла в биосферной концепции положено согласованное решение трех балансовых проблем геохимического круговорота углерода через земную поверхность. Исходя из этого, концепция обобщает имеющиеся теории органического и минерального образования УВ, указывает на важную роль круговорота воды в образовании нефти и газа, обосновывает новый физико-химический механизм синтеза этих УВ в земной коре, а также выявляет влияние человеческой деятельности на образование нефти и газа в недрах.

Таким образом, объясняя основной круг наблюдаемых фактов, биосферная концепция рассматривается автором как принципиальное решение проблемы происхождения нефти и газа, поставленной в науке двести лет назад.

### Литература

- Peter J.M., Peltonen P., Scott S.D.  $^{14}\text{C}$  ages of hydrothermal petroleum and carbonates in Guaymas Basin, Gulf of California: implications for oil generation, expulsion and migration. *Geology*. 1991. V. 19. Pp. 253-256.
- Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2010. 544 с.
- Баренбаум А.А. Механизм формирования месторождений нефти и газа. *Доклады АН*. 2004. Т.399. №6. С. 802-805.
- Баренбаум А.А. О поступлении космического углерода и его круговороте на Землю. *Экосистемные перестройки и эволюция биосферы*. М.: ПИН РАН. 1998. Вып. 3. С. 15-29.
- Баренбаум А.А. Об исчерпании углеводородного потенциала недр. *Энергетика Татарстана*. 2012. № 6. С. 9-12.
- Баренбаум А.А. Решение проблемы происхождения нефти и газа на основе биосферной концепции нефтегазообразования. *Уральский геологический журнал*. № 2 (92). 2013. С. 3-27.
- Баренбаум А.А., Абля Э.А. Молекулярно-массовое распределение нормальных алканов нефти как свидетельство их поликонденсационного синтеза. *Органическая минералогия. Мат. III Рос. совещ.* Сыктывкар: Геопринт. 2009. С. 74-77.
- Вернадский В.И. *Избранные сочинения*. М.: Изд-во АН СССР. 1960. Т.V.



Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука. 2001. 376 с.

Войтов Г.И. О химической и изотопно-углеродной нестабильности свободных газов (газовых струй) в Хибинах. *Геохимия*. 1991. №6. С. 769-780.

Войтов Г.И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли. *Журн. всеююз. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева*. 1986. Т. 31. № 5. С. 533-539.

Глебов Л.С., Клигер Г.А. Молекулярно-массовое распределение продуктов синтеза Фишера-Тропша. *Успехи химии*. 1994. Т. 63. № 2. С. 192-202.

Дмитриевский А.Н. Полигенез нефти и газа. *Доклады АН*. 2008. Т. 419. № 3. С. 373-377.

Дюнин В.И., Корзун А.В. Движение флюидов: происхождение нефти и формирование месторождений углеводородов. Обзорная информация. М.: Научный мир. 2003. 98 с.

Закиров С.Н., Закиров Э.С., Баренбаум А.А. и др. Геосинтез в проблеме происхождения нефти и газа. *Тр. VIII Межд. симп.: Передовые технологии разработки, повышения нефтеотдачи месторождений и исследования скважин*. 2013. С. 43-46.

Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального круговорота углерода. М.: Физматлит. 2004. 336 с.

Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ. 2003. 605 с.  
Молчанов В.И., Гонцов А.А. Моделирование нефтегазообразования. Новосибирск: ОИГГМ. 1992. 246 с.

Муслимов Р.Х., Глумов Н.Ф., Плотникова И.Н. и др. Нефтегазовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возоб-

новляемые объекты. *Геология нефти и газа. Спец. выпуск*. 2004. С. 43-49.

Неручев С.Г. Накопление органического вещества и горючих ископаемых в фанерозое. *Доклады АН*. 1979. Т. 247. № 3. С. 664-667.

Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир. 1979. 512 с.

Ронов А.Б. Осадочная оболочка Земли. М.: Наука. 1980. 144 с.  
Соколов Б.А., Абля Э.А. Флюидодинамическая модель нефтегазообразования. М.: ГЕОС. 1999. 76 с.

Соколов Б.А., Гусева А.Н. О возможности быстрой современной генерации нефти и газа. *Вестник МГУ. Сер. геол.* 1993. № 3. С. 48-56.

Соколов Б.С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации. *Вестник АН СССР*. 1976. № 1. С. 126-143.

Черский Н.В., Царев В.П. Механизмы синтеза углеводородов из неорганических соединений в верхних горизонтах земной коры. *Доклады АН*. 1984. Т.279. № 3. С. 730-735.

Шустер В.Л. Кристаллические породы фундамента – перспективный объект для прироста запасов нефти и газа в России. *Геология нефти и газа*. 1994. № 9. С. 35-37.

### Сведения об авторе

Баренбаум Азарий Александрович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем нефти и газа Российской академии наук

119333, Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: azary@mail.ru

## The Scientific Revolution in the Oil and Gas Origin Issue. New Oil and Gas Paradigm

A.A. Barenbaum

Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: azary@mail.ru

**Abstract.** This paper discusses the current state of oil and gas origin problem. Author, with the help of Kuhn theory, justify that scientific revolution is happening in this field. Instead of competing organic and mineral theories in Petroleum Geology, new oil and gas paradigm considers oil and gas as renewable mineral resources of the planet. Theoretical basis for a new oil and gas paradigm is a biosphere concept of oil and gas generation developed by the author. It attributes to oil and gas generation with modern geochemical carbon and water cycle through the earth's surface, in which oil and gas are its required products. Deposits of oil and gas are traps (refillable during development) of carbon circulating through the surface. Under the new paradigm biosphere concept fundamentally solves the problem of the origin of oil and gas. The concept consistently explains the main observed facts; organically solves the key balance problems of the carbon cycle; summarizes the organic and mineral theory about the genesis of oil and gas; reveals an important role in the formation of oil and gas hydrocarbon of the water cycle; helps to establish previously unknown physico-chemical mechanism of hydrocarbons synthesis in the Earth's crust; might as well have a technological influence on oil and gas formation in the subsoil.

**Keywords:** oil and gas, hydrocarbons, carbon cycle, biosphere concept of oil and gas generation, low-temperature synthesis of hydrocarbons.

### References

Peter J.M., Peltonen P., Scott S.D. <sup>14</sup>C ages of hydrothermal petroleum and carbonates in Guaymas Basin, Gulf of California: implications for oil generation, expulsion and migration. *Geology*. 1991. V. 19. P. 253-256.

Barenbaum A.A. Galaktotsentricheskaya paradigma v geologii i astronomii [Galactocentric paradigm in geology and astronomy]. Moscow: «LIBROKOM» Publ. 2010. 544 p.

Barenbaum A.A. Mekhanizm formirovaniya mestorozhdeniy nefiti i gaza [The mechanism of formation of oil and gas fields]. *Doklady*

*Akademii Nauk SSSR* [Proc. of the USSR Academy of Sciences]. 2004. T. 399. № 6. Pp. 802-805.

Barenbaum A.A. O postuplenii kosmicheskogo ugleroda i ego krugovorote na Zemlyu [On entry of the cosmic carbon and its cycle on the Earth]. *Ekosistemnye perestroyki i evolyutsiya biosfery* [Ecosystem restructuring and evolution of the biosphere]. Moscow: «PIN RAN» Publ. 1998. Is. 3. Pp. 15-29.

Barenbaum A.A. Ob ischerpanii uglevodorodnogo potentsiala nedr [The exhaustion of the hydrocarbon potential of mineral resources]. *Energetika Tatarstana* [Energy of Tatarstan]. 2012. № 6. Pp. 9-12.

Barenbaum A.A. Reshenie problemy proiskhozhdeniya nefiti i gaza na osnove biosfernoy kontseptsii neftegazoobrazovaniya [Solving the problem of the origin of oil and gas on the basis of the biosphere concept of generation]. *Ural'skiy geologicheskii zhurnal* [Ural Geological Journal]. №2 (92). 2013. Pp.3-27.

Barenbaum A.A., Ablya E.A. The molecular mass distribution of normal alkanes of oil as evidence of their polycondensation synthesis. *Organicheskaya mineralogiya. Mater. III Ros. sovesch.* [Proc. III All Rus. Meet. «Organic Mineralogy»]. Syktyvkar. 2009. Pp.74-77.

Vernadskiy V.I. Izbrannye sochineniya [Selected Works]. Moscow: «AN SSSR» Publ. 1960. T. V.

Vernadskiy V.I. Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzheniya [The chemical structure of the Earth's biosphere and its environment]. Moscow: «Nauka» Publ. 2001. 376 p.

Voytov G.I. O khimicheskoy i izotopno-uglerodnoy nestabil'nosti svobodnykh gazov (gazovykh struy) v Khibinakh [On the chemical and isotopic-carbon instability of free gas (gas jets) in the Khibiny]. *Geokhimiya* [Geochemistry]. 1991. № 6. Pp. 769-780.

Voytov G.I. Khimizm i masshtaby sovremennogo potoka prirodnnykh gazov v razlichnykh geostrukturnykh zonakh Zemli [The chemistry and the magnitude of the modern flow of natural gas in various zones of the Earth geostuctural zones]. *Zhurn. vsesoyuz. khim.* [Journal of the All-Union Chemical Society]. 1986. V. 31. № 5. Pp. 533-539.

Glebov L.S., Kliger G.A. Molekulyarno-massovoe raspredelenie produktov sinteza Fishera-Tropsha [The molecular mass distribution of the products of the Fischer-Tropsch process]. *Uspekhi khimii*. [Russian Chemical Reviews] 1994. V. 63. № 2. Pp. 192-202.

## Трудноизвлекаемые запасы нефти и критерий рациональности

Не очень удачен в стране опыт разработки месторождений нефти. Это проявляется, например, в том, что в недрах Земли планируется оставить 2/3 запасов нефти. Данное обстоятельство, в частности, объясняется отсутствием критерия рациональности разработки месторождений нефти и газа. Важность его в том, что он является носителем требований государства к недропользователям, проектантам, экспертам и членам ЦКР Роснедра (Центральной комиссии по разработке месторождений нефти и газа). Недопонимание данного обстоятельства проявилось в публикации известного ученого в области разработки месторождений нефти. Поэтому пришлось коснуться недочетов соответствующей статьи. Ибо степень актуальности проблемы с критерием рациональности разработки явно возрастает в связи с тем обстоятельством, что страна приступает к разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа. Так, в авторском варианте критерия рациональности делается упор, прежде всего, на реализацию современных научно-технических и методологических основ и принципов разработки. Это требование критерия рациональности, к сожалению, сегодня не выполняется. Или признается необходимость научного сопровождения процесса разработки. Вряд ли кто сегодня может утверждать о соблюдении недропользователями этого требования на современном уровне. С этой точки зрения поучительными могут оказаться некоторые приводимые в статье примеры, которые целесообразно учитывать в теории и практике разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Очевидно, что именно для данной категории месторождений научная компонента при проектировании и реализации проектных решений будет наиболее значимой. Что и предопределяется понятием трудноизвлекаемости запасов нефти.

**Ключевые слова:** критерий оптимальности разработки; критерий народно-хозяйственной эффективности; критерий рациональности разработки; нефтегазовое недропользование; нефте-, газо-конденсатотдача пласта.

В связи с исчерпанием запасов «легко добываемой» нефти с каждым днем возрастает актуальность проблемы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Поэтому небезинтересен опыт разработки в стране месторождений с традиционными запасами.

К сожалению, этот опыт печален. Ибо всеми признается, что 2/3 запасов разрабатываемых ныне месторождений страна собирается оставить в Недрах. Это при том, что зарубежная практика уже близка к отметке среднего КИН в размере около 0,5, с замахом на уровне около 0,6.

Окончание статьи А.А. Баренбаума «Научная революция в проблеме происхождения нефти и газа. Новая нефтегазовая парадигма»

Dmitrievskiy A.N. Poligenez nefti i gaza [Polygenesis of oil and gas]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* [Proc. of the USSR Academy of Sciences]. 2008. V. 419. № 3. Pp. 373-377.

Dyunin V.I., Korzun A.V. Dvizhenie flyuidov: proiskhozhdenie nefti i formirovanie mestorozhdeniy uglevodorodov [Fluids flow: the origin of oil and formation of hydrocarbon reservoirs]. Moscow: "Nauchnyy mir" Publ. 2003. 98 p.

Zakirov S.N., Zakirov E.S., Barenbaum A.A. et al. Geosintez v probleme proiskhozhdeniya nefti i gaza [Geosintez and the origin of oil and gas]. *Tr. VIII Mezhd. Simp.: Peredovye tekhnologii razrabotki, povysheniya nefteotdachi mestorozhdeniy i issledovaniya skvazhin* [Proc. VIII Int. Symp.: Advanced technologies of development, enhanced oil recovery and wells exploration]. Moscow. 2013. Pp. 43-46.

Kondrat'ev K.Ya., Krapivin V.F. Modelirovanie global'nogo krugovorota ugleroda [Modeling of the global carbon cycle]. Moscow: «Fizmatlit» Publ. 2004. 336 p.

Kun T. Struktura nauchnykh revolyutsiy [The Structure of Scientific Revolutions]. Moscow: «AST» Publ. 2003. 605 p.

Molchanov V.I., Gontsov A.A. Modelirovanie neftegazobrazovaniya [Modeling of oil and gas formation]. Novosibirsk: «OIGGM» Publ. 1992. 246 p.

Muslimov R.Kh., Glumov N.F., Plotnikova I.N. et al. Neftegazovye mestorozhdeniya – samorazvivayushchiesya i postoyanno vobnovlyayemye ob'ekty [Oil and gas fields – self-developing and constantly renewable facilities]. *Geologiya nefti i gaza* [Geology of Oil and Gas. Spec. Issue]. 2004. Pp. 43-49.

Neruchev S.G. Nakoplenie organicheskogo veshchestva i goryuchikh iskopaemykh v fanerozoie [Accumulation of organic matter and fossil fuels in Phanerozoic]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* [Proc. of the USSR Academy of Sciences]. 1979. V. 247. № 3. Pp. 664-667.

Nikolis G., Prigozhin I. Samoorganizatsiya v neravnovesnykh

sistemakh [Self-organization in nonequilibrium systems]. Moscow: «Mir» Publ. 1979. 512 p.

Ronov A.B. Osadochnaya obolochka Zemli [The sedimentary environment of the Earth]. Moscow: «Nauka» Publ. 1980. 144 p.

Sokolov B.A., Ablya E.A. Flyuidodinamicheskaya model' neftegazobrazovaniya [Fluid dynamic model of oil and gas formation]. Moscow: «GEOS» Publ. 1999. 76 p.

Sokolov B.A., Guseva A.N. O vozmozhnosti bystroy sovremennoy generatsii nefti i gaza [On the possibility of fast modern oil and gas generation]. *Vestnik MGU. Geol. Ser.* [Moscow University Geol. Bulletin]. 1993. № 3. Pp. 48-56.

Sokolov B.S. Organicheskiy mir Zemli na puti k fanerozoyskoy differentsiatsii [The organic world of the Earth on the way to the Phanerozoic differentiation]. *Vestnik AN SSSR* [Bulletin of the USSR Academy of Sciences]. 1976. № 1. Pp. 126-143.

Cherskiy N.V., Tsarev V.P. Mekhanizmy sinteza uglevodorodov iz neorganicheskikh soedineniy v verkhnikh gorizontakh zemnoy kory [Mechanisms for the hydrocarbons synthesis from inorganic compounds in the upper horizons of the crust]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* [Proc. of the USSR Academy of Sciences]. 1984. V. 279. № 3. Pp. 730-735.

Shuster V.L. Kristallicheskie porody fundamenta – perspektivnyy ob'ekt dlya prirosta zapasov nefti i gaza v Rossii [Crystalline basement rocks – a promising object for oil and gas reserves growth in Russia]. *Geologiya nefti i gaza* [Geology of oil and gas]. 1994. № 9. Pp. 35-37.

### Information about author

Azariy Barenbaum – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences 119333, Russia, Moscow, Gubkina str., 3.