

# О ВОЗРАСТЕ НЕФТИ В ЗАЛЕЖАХ

А.А. Баренбаум

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

Вопрос возраста нефти обсуждается на основе биосферной концепции нефтегазообразования. Она рассматривает залежи нефти и газа как подземные ловушки углерода, циркулирующего через земную поверхность в трех главных циклах круговорота. Разработана теоретическая модель, которая позволяет с этих позиций объяснить явление пополнения нефтегазовых залежей в процессе эксплуатации месторождений. Модель обеспечивает баланс между потоками углерода на восходящей и нисходящей ветвях его круговорота через земную поверхность. В этой модели восходящий поток углерода представлен продуктами дегазации недр ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) и извлекаемыми человеком из недр нефтью, газом и углем, а нисходящий поток – органическим веществом и карбонатами, погружающимися в недра в процессах осадконакопления и при субдукции литосферных плит, а также атмосферным  $\text{CO}_2$ , поступающим под земную поверхность с метеогенными водами в процессе их климатического круговорота.

Поскольку месторождения заполняются углеводородами, образующимися в циклах углерода с сильно различающимися временами круговорота, вместо термина «возраст нефти» предлагается использовать термины «время формирования ловушки» и «время жизни углеводородов в ловушке».

Такой подход к вопросу возраста нефти в биосферной концепции приводит к ряду выводов, из которых следует, что: 1) на начальной стадии разработки месторождений извлекается «старая» нефть биогенного генезиса, тогда как на стадии истощения месторождений доминируют «молодые» углеводороды абиогенного синтеза; 2) возраст промышленных скоплений нефти на нашей планете вряд ли старше плейстоцена, при этом газообразные, жидкие и битумные фракции нефти имеют разное время жизни в ловушках.

**Ключевые слова:** возраст нефти, нефтегазообразование, биосферный цикл углерода, балансовые проблемы круговорота углерода

**DOI:** <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.6>

**Для цитирования:** Баренбаум А.А. О возрасте нефти в залежах. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 1. С. 30-37. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.6>

## Введение

Данная статья продолжает знакомить читателей с современной научной революцией в нефтегазовой геологии (Баренбаум, 2014; 2015). На смену недавно конкурировавшим органической и минеральной теориям нефтегазообразования сегодня пришли новые представления (Соколов, Гусева, 1993), согласно которым «нефть и газ представляют собой возобновляемые природные ископаемые, и их освоение должно строиться исходя из научно обоснованного баланса объемов генерации углеводородов и возможностей отбора в процессе эксплуатации месторождений». Тем самым, решение проблемы происхождения нефти и газа было передано в ведение области знания, выходящей за рамки нефтегазовой геологии.

Эти новые взгляды на происхождение нефти и газа получили соответствующее теоретическое обоснование в биосферной концепции нефтегазообразования (Баренбаум, 2014), которая связала образование этих УВ с круговоротом углерода и воды через земную поверхность с участием биосферы.

Настоящая работа преследует двойную цель. Во-первых, разъяснить ряд положений биосферной концепции, реализующей новый подход к решению проблемы происхождения нефти и газа. И, во-вторых, на основе этой концепции рассмотреть вопрос о возрасте нефти и ее месторождений.

Вопрос о происхождении и возрасте нефти последний раз активно дискутировался на рубеже этого века в связи с установлением фактов подтока УВ в залежи (Муслимов и др., 1991; Соколов, Гусева, 1993; Аширов и др., 2000; и др.), а также обнаружением в нефтях нуклида  $^{14}\text{C}$  как естественного (Peter et al., 1991), так и искусственного (Kalmytkov et al., 1999) образования.

Изотоп  $^{14}\text{C}$  имеет период полураспада 5730 лет и обычно (Ферронский и др., 1984) поступает в подземные воды с воздухом атмосферы, где образуется под действием космических нейтронов по реакции  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ . В первой работе изотоп  $^{14}\text{C}$  обнаружен в нефтях морского месторождения Гуаймес в Калифорнийском заливе. А во второй работе наличие  $^{14}\text{C}$  и еще одного радиоактивного нуклида – трития  $^3\text{H}$  с периодом полураспада 12.43 лет установлено на нефтяных месторождениях, где ранее проводились подземные ядерные взрывы. ореол распространения этих радиоактивных нуклидов в нефтях и водах достигает 7 км от места взрыва. Что нельзя объяснить прямым загрязнением нефти и вод продуктами взрыва и свидетельствует о переносе изотопов  $^{14}\text{C}$  и  $^3\text{H}$  на большие расстояния подземными водами.

Удовлетворительно объяснить причину пополнения УВ эксплуатируемых месторождений, а также наличие в нефти короткоживущих изотопов углерода и водорода нефтегазовая геология не может. Так что проблему возраста нефти и ее месторождений считать решенной никак нельзя.

## Проблема возраста нефти (постановка задачи)

Прежде всего, необходимо определиться, что считать возрастом нефти, и что следует понимать под временем образования ее месторождений. Ответы на оба вопроса, очевидно, зависят от представлений о том, каким образом возникает в недрах сама нефть. Эти взгляды, однако, отличаются у сторонников органической и минеральной теорий нефтегазообразования. По мнению первых, нефть и газ возникают из органического вещества (ОВ) отмерших организмов, захороненных с осадками. Согласно вторым,

источником нефти и газа являются УВ флюиды и газы, поступающие из глубин Земли.

На протяжении прошлого века по вопросу генезиса УВ между «органиками» и «неорганиками» не прекращались споры. В зависимости от того, кто в этих спорах одерживал верх, менялись и представления о возрасте нефти.

Так, начиная с 1930-х годов, в период становления и доминирования представлений органической теории, возраст нефти и газа связывали с возрастом нефтематеринских пород. Считалось, что образование УВ и формирование вмещающих их скопления пород-коллекторов – это единый геологический процесс, в ходе которого происходит катагенетическое преобразование ОВ осадков.

Однако к настоящему времени сторонниками неорганической теории накоплено большое число фактов, которые доказывают, что УВ могут образоваться в реакциях abiогенного синтеза (journal.deeroil.ru). Возникшие УВ поднимаются к поверхности, где, заполняя ловушки в породах-коллекторах, создают залежи нефти и газа. Поэтому возраст УВ и возраст пород-коллекторов, в которых размещаются залежи УВ, могут не совпадать.

В результате, возрастом нефти, причем в качестве его верхней оценки, считается время формирования пород, вмещающих залежи УВ. Однако и этот подход к определению возраста нефти не является корректным. Дело в том, что формирование пород, появление в них ловушек и заполнение ловушек УВ – это разные процессы, происходящие обычно не одновременно.

В настоящей работе вопрос возраста нефти решается на основе биосферной концепции, которая предполагает участие в образовании нефти и газа процессов в биосфере. Наряду с биогенным и минеральным механизмами генезиса УВ биосферная концепция учитывает влияние на нефтегазообразование круговоротов углерода и воды через земную поверхность, которые зависят от современной деятельности человека.

### Биосферная концепция

В отличие от биогенной и минеральной теорий, оперирующих понятиями «органического» и «неорганического» углерода, биосферная концепция исходит из того, что обоих таких углеродов в природе не существует, а есть углерод биосферы, который при геохимическом круговороте через земную поверхность (Рис. 1) многократно участвует в процессах окисления-восстановления. Входя в состав то живых организмов, то минеральных агрегатов, углерод меняет свою химическую форму и изотопный состав.

На схеме показаны три главных цикла круговорота углерода биосферы через земную поверхность: два литосферных – «медленный» и «быстрый», и биосферный. Самый медленный цикл с характерным временем  $\tau_3 \sim 10^8-10^9$  лет вызван глубоким погружением углеродсодержащих пород в мантию при субдукции литосферных плит. Второй обусловлен преобразованием ОВ осадочных пород, а также углерода карбонатных осадков в УВ в земной коре за характерное время  $\tau_2 \sim 10^6$  лет. И третий – наиболее быстрый биосферный цикл с  $\tau_1 \sim 10-100$  лет, отвечает круговороту углерода в биосфере, включая ее подземную часть. Этот цикл главным образом связан с переносом водорастворенного  $\text{CO}_2$  под земную поверхность метеогенными водами при их региональном круговороте.

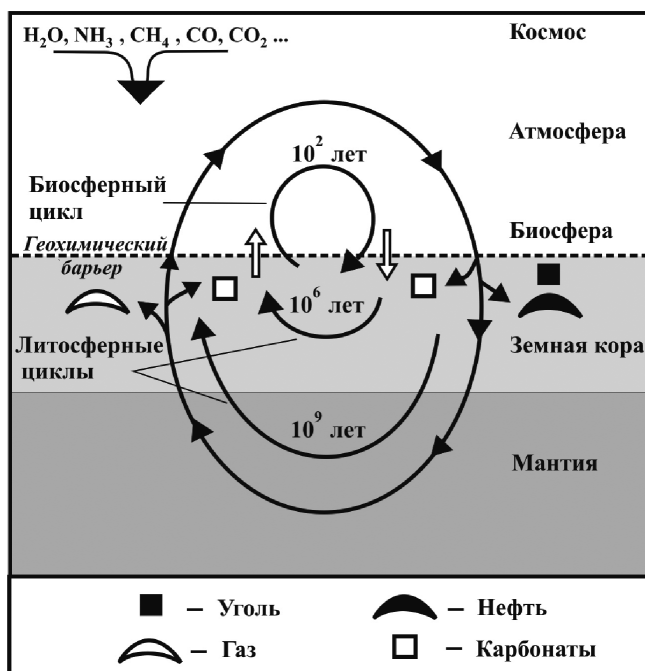


Рис. 1. Схема геохимического круговорота углерода на Земле

Все три цикла связаны между собой и происходят таким образом, что над земной поверхностью, играющей роль геохимического барьера, углерод в биосфере циркулирует преимущественно в виде  $\text{CO}_2$ . Под поверхностью значительная часть углерода в виде  $\text{CO}_2$  и ОВ преобразуется в УВ нефти и газа. Из-за плохой растворимости в воде нефть и газ формируют в геологических структурах-ловушках земной коры собственные скопления.

Таким образом, согласно биосферной концепции, промышленные залежи нефти и газа есть не что иное, как крупные достаточно длительное время существующие в земной коре резервуары – ловушки восстановленного до УВ подвижного углерода, который циркулирует через земную поверхность.

Поскольку идеальных ловушек не бывает, да и изолирующие свойства ловушек в отношении разных фракций нефти сильно различаются, четко определить понятие «возраст нефти» не представляется возможным. Вместо него биосферная концепция вводит понятия «среднее время жизни» УВ в залежах (ловушках) и «время образования (возраст) ловушки». При этом имеется в виду, что газообразные, жидкие и битумные фракции нефти существенно отличаются временем жизни в ловушках, а соотношение жидких и газообразных УВ при прочих равных условиях определяется температурой и давлением в залежах (Рис. 2).

Данный рисунок теоретически объясняет форму «нефтяного окна», отражающего наблюдаемое в нефтегазоносных бассейнах мира распределение по глубинам месторождений нефти и газа (Соколов, Абя, 1999).

### Проблемные вопросы нефтегазообразования

Долгое время центральным вопросом в проблеме происхождения нефти и газа являлся выбор между органической и минеральной теории образования УВ, которые играют в нефтегазовой геологии роль самостоятельных научных парадигм (Баренбаум, 2014).

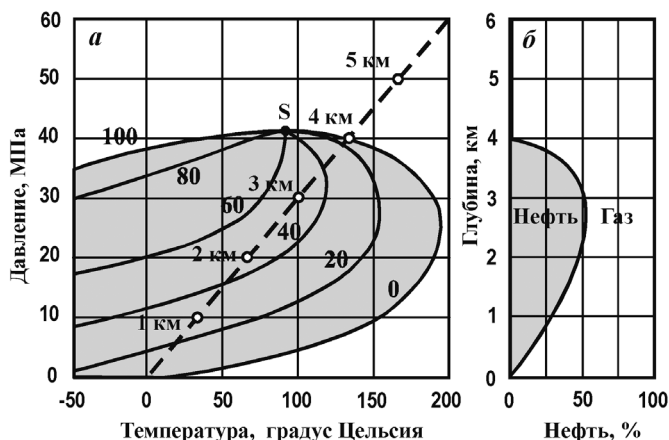


Рис. 2. Фазовая диаграмма типичной смеси УВ с изоплерами (а) и соответствующая этой диаграмме кривая нефтенасыщенности (б); наклонная пунктирная прямая – шкала глубин; S – критическая точка смеси (Баренбаум, Баталин, 2001).

Биосферная концепция, однако, показала, что спор между «органиками» и «неорганиками» фактически ведется по вопросу, какой из двух литосферных циклов углерода (Рис. 1) играет в процессах нефтегазообразования главную роль: органики утверждают, что цикл с  $\tau_3 \sim 10^6$  лет, а неорганики настаивают, что цикл с  $\tau_3 \sim 10^8 - 10^9$  лет. В то время как участие в образовании УВ нефти и газа наиболее быстрого биосферного цикла круговорота с  $\tau_1 \sim 10 - 100$  лет обе спорящие стороны не принимали во внимание вообще.

Данное обстоятельство порождает ряд серьезных балансовых проблем. Одной из них является известный парадокс Г.И. Войтова (1986). Обобщив данные измерений, Г.И. Войтов нашел, что поток углерода (окисленного + восстановленного) через поверхность на восходящей ветви круговорота (Рис. 1) кратно превышает его поток на нисходящей ветви. Причем если под поверхность с осадками опускается углерод, состоящий на  $\sim 1/3$  из ОВ и на  $\sim 2/3$  из карбонатов, то в атмосферу из недр дегазирует  $CH_4$  и  $CO_2$ .

Другая проблема установлена климатологами (Кондратьев, Крапивин, 2004). При современной добыче нефти, газа и угля, составляющей  $7 \times 10^{15}$  г н.э. в год, примерно 30 %  $CO_2$ , образующегося при сжигании этих топлив, не удастся удалить из атмосферы за счет известных механизмов растворения его в водах Мирового океана и фотосинтеза растений даже при самых оптимистичных предположениях.

Учет биосферного цикла легко устраняет эти дисбалансы. При этом на первый план в проблеме происхождения нефти и газа выходит решение трех балансовых вопросов круговорота углерода в биосфере, названных автором проблемами «источника», «стока» и «обмена».

Их решения получены (Баренбаум, 2010), опираясь на учение В.И. Вернадского о биосфере (Вернадский, 2001). Согласно этому учению, во-первых, углерод биосферы имеет космическое происхождение и поступает на Землю из Галактики. И, во-вторых, живое вещество биосферы активно участвует в происходящих на поверхности Земли геологических и климатических процессах, оказывая на них геохимическое воздействие.

Существо проблем «источника», «стока» и «обмена» изложено в работе (Баренбаум, 2014). Ниже приведены их решения в биосферной концепции.

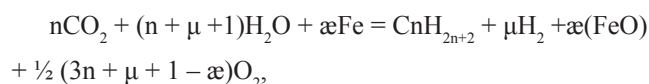
Проблема «источника» – это ответ на вопросы, откуда в биосфере берется подвижный углерод, и каким образом, следуя взглядам В.И. Вернадского, живое вещество геохимически влияет на геологические процессы.

Решение этой проблемы мы связываем с падениями на Землю галактических комет и утилизацией их вещества в биосфере (Баренбаум, 2010). Падения таких комет носят характер «ливней», которые циклически повторяются через время  $T = 20 - 35$  млн лет. За время одного ливня длительностью  $\sim 2 - 4$  млн лет на Землю может выпасть  $\sim 10^4 - 10^7$  комет, которые способны принести до  $\sim 10^{22}$  г воды, на порядок меньшее количество углерода и на два порядка меньше других химических элементов. Поступающий на поверхность кометный углерод с участием живого вещества перераспределяется по трем циклам в соответствии со временем  $\tau$  их круговорота, обеспечивая тем самым стабильное функционирование всей геохимической системы.

Проблема «стока» – это объяснение механизма, посредством которого  $CO_2$  из атмосферы поступает в породы земной коры. Установлено, что этим механизмом на континентах является перенос водорастворенного  $CO_2$  под земную поверхность метеогенными водами регионального климатического круговорота, где  $CO_2$  участвует в образовании УВ нефти и газа (Баренбаум, 2015а). Важную роль также играет геологический круговорот морских вод в земной коре (Баренбаум, 2010). Подземные воды не только переносят подвижный углерод в верхней зоне земной коры, но и являются основным донором водорода в реакциях образования УВ нефти и газа.

Проблема «обмена» – это выявление химического механизма, преобразующего водорастворенный  $CO_2$  и рассеянное ОВ в породах земной коры в УВ нефти и газа. Подтверждено, что этим механизмом является поликонденсационный синтез УВ на поверхности водонасыщенной минеральной матрицы пород, механически активированной сейсмическими и микротектоническими процессами. Возможность такого синтеза УВ обоснована теоретически и доказана в экспериментах В.И. Молчановым (1992) и независимо Н.В. Черским и В.П. Царевым (1984). Донорами углерода при синтезе является водорастворенный  $CO_2$  и ОВ, а донором водорода – вода.

По данным (Закиров и др., 2013) реакция синтеза n-алканов ( $C_n H_{2n+2}$ ) из  $CO_2$  и  $H_2O$  может быть представлена феноменологической формулой:



где n – число атомов углерода в молекуле УВ,  $\mu$  и  $\alpha$  – стехиометрические коэффициенты, значок «Fe» обозначает не только железо, но и другие металлы, выполняющие роли катализатора реакции и поглотителей кислорода.

Эксперименты при комнатной температуре и атмосферном давлении показали, что при полном удалении  $O_2$  эта реакция идет с высокой скоростью, разлагая большое количество  $H_2O$  (Баренбаум, Климов, 2015).

### Модель круговорота углерода

Изложенные выше решения проблем «источника», «стока» и «обмена» были использованы при разработке теоретической модели, обеспечившей в схеме (Рис. 1)

баланс углерода при круговороте через земную поверхность. Эта модель представлена системой из трех дифференциальных уравнений первого порядка, каждое из которых характеризует свой цикл круговорота углерода (Баренбаум, 2010):

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

где  $n_1, n_2, n_3$  и  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  – соответственно масса углерода и его время жизни в каждом из трех циклов;  $Q(t)$  – функция поступления углерода на поверхность;  $\alpha_{ij}$  – константы обмена углеродом между циклами.

Константы  $\alpha_{ij}$  связаны между собой и с  $\tau_i$  системой соотношений, которая в модели (1) обеспечивает баланс между потоками углерода на нисходящей и восходящей ветви круговорота через земную поверхность.

Несмотря на упрощенный характер, модель (1) позволяет понять и объяснить специфику круговорота углерода в докембрии и фанерозое, а также приводит к выводу, что круговорот вещества в биосфере представляет собой самоорганизующуюся геохимическую систему, находящуюся в настоящее время в устойчивом динамическом равновесии (Баренбаум, 2010).

Равновесие обеспечивается тем, что система выводит из биосферного цикла излишки углерода и фиксирует их в неких «резервуарах». Такими резервуарами подвижного углерода на поверхности Земли в первую очередь являются Мировой океан, живое вещество, атмосфера и почвы-илы, а под поверхностью – разуплотненные породы земной коры, включая ловушки УВ.

Условием устойчивого равновесия всей геохимической системы является выполнение требования:  $n_i/\tau_i = C = \text{const}$ , где  $n_i$  и  $\tau_i$  – количество углерода и его время жизни в  $i$ -резервуаре,  $C$  – скорость круговорота

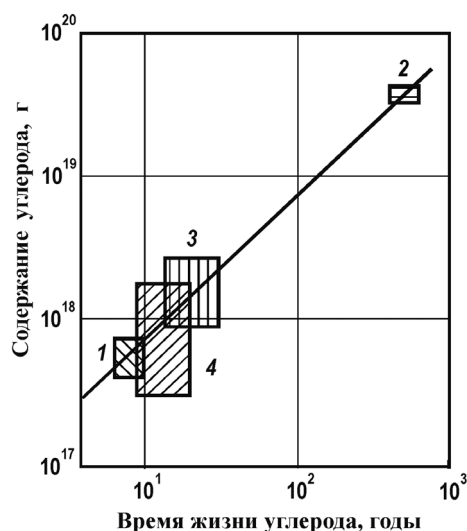


Рис. 3. Сопоставление содержания подвижного углерода и времени его жизни в основных резервуарах биосферы на земной поверхности: атмосфера (1), Мировой океан (2), живое вещество (3), почвы-илы (4); прямоугольниками показан разброс оценок по литературным данным; наклонная линия соответствует скорости круговорота углерода в пересчете на  $\text{CO}_2$ ;  $C = 2.7 \times 10^{17}$  г/год.

углерода в биосферы. Величина  $C = (2.7 \pm 0.1) \cdot 10^{17}$  г/год и в биосферной концепции определяется скоростью циркуляции вод Мирового океана через срединные океанические хребты (Баренбаум, 2010).

Данные (Рис. 3) свидетельствуют, что система круговорота углерода в биосфере сегодня находится в состоянии близком к равновесию. В этом состоянии любое нарушение равновесия система стремится устранить путем перераспределения углерода между его резервуарами. Характерное время возвращения к равновесию составляет на континентах ~40 лет, а в океанах ~600 лет (Рис. 3).

### Влияние человека

Биосферная концепция позволила установить, что в настоящее время на нашей планете происходит интенсивное образование УВ, вызванное деятельностью человека (Баренбаум, 2015). Извлекая нефть, газ и уголь из недр и сжигая их на поверхности, человек нарушает динамическое равновесие между циклами углерода, сложившееся на Земле за многие миллионы лет. В результате большая масса углерода, участвовавшая ранее в литосферных циклах круговорота с характерными временами  $\sim 10^6$  и  $\sim 10^9$  лет, сегодня вовлекается в быстрый ~40 летний биосферный цикл.

Прежде всего, этот углерод в виде  $\text{CO}_2$  поступает в атмосферу. В послевоенное время количество  $\text{CO}_2$  в атмосфере возросло с 310 ppm (1950 г.) до 387 ppm в настоящее время (Рис. 4), т.е. увеличилось на 24 % отн. Этот рост, по расчетам климатологов, может вызвать происходящее на Земле потепление климата.

Однако резервуаров для этого нового углерода на поверхности оказывается недостаточно. Геохимическая система биосферы вынуждена искать ему новые ловушки, задействуя процессы нефтегазообразования под земной поверхностью. Можно выделить два таких процесса (Баренбаум, 2015).

Основной процесс, охватывающий почти весь земной шар, – отложение аквамаринных газогидратов на континентальном шельфе океанов и морей. Газогидраты являются «химическими» ловушками подвижного углерода биосферы (Баренбаум, 2010), в которых  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  входят в структуру молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , причем ловушками очень эффективными. Один кубометр газогидратов может содержать 150-160  $\text{m}^3$  газа. По некоторым оценкам в газогидратах

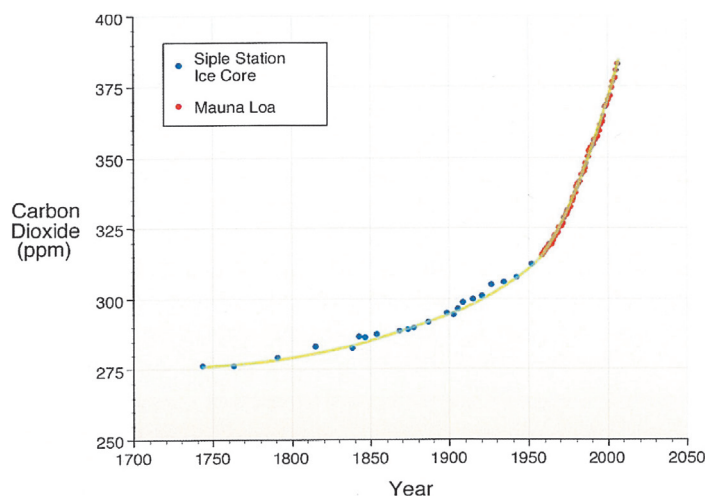


Рис. 4. Содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере в последние 300 лет

сегодня сосредоточено  $\sim 10^{20}$  г УВ, что в  $\sim 100$  раз больше, чем в традиционных месторождениях нефти и газа (Якуцени и др., 2009).

На региональном уровне основным процессом утилизации  $\text{CO}_2$  является пополнение запасов разрабатываемых месторождений нефти и газа. Это явление сегодня надежно установлено на месторождениях Татарстана, Чечни, Украины, Казахстана, Прикаспия, Азербайджана, Западной Сибири и др.

Важным следствием биосферной концепции, имеющим прямое отношение к вопросу «возраста нефти», является заключение, что состав добываемой нефти в процессе промышленной разработки залежей не остается постоянным. В момент открытия месторождения и на начальной стадии его освоения на поверхность поступает «старая» нефть, образовавшаяся в соответствии с органической теорией в цикле углерода  $\sim 10^6$  лет. Эта нефть может включать также примеси не переработанной органики и хемофоссилии, отложившиеся во вмещающих породах в цикле круговорота  $\sim 10^9$  лет.

Однако в ходе разработки месторождения в пластах-коллекторах начинают накапливаться УВ современного поликонденсационного синтеза. В результате, в продукции скважин все большую долю начинает занимать «молодая» легкая нефть, образовавшаяся в 40 летнем биосферном цикле углерода.

Присутствие в этой нефти изотопа  $\text{C}^{14}$  не вызывает сомнения. В работе (Баренбаум и др., 2005) предлагается даже использовать измерения содержания  $\text{C}^{14}$  в нефти при контроле разработки месторождений.

Нужно также иметь в виду (Баренбаум, 2012), что объемы добываемых сегодня в мире нефти, газа и угля столь велики, что геохимическая система не успевает за время биосферного цикла утилизировать  $\text{CO}_2$ , образующийся при их сжигании. В результате не только увеличивается содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере, но и растет скорость заполнения антропогенной нефтью эксплуатируемых месторождений. Мы не исключаем того, что составы добываемой сегодня нефти и добытой более полувека назад могут иметь заметные различия в составе УВ.

В этой связи напрашивается предположение, что упорство, с которым «органики» и «неорганики» отстаивают разные точки зрения на происхождение нефти, вероятно, объясняется тем, что сторонники органической теории обосновывают свои выводы на основе изучения состава и свойств «старой» нефти, тогда как сторонники минеральной теории – нефти «молодой».

Поскольку масштабы антропогенного образования УВ в последние годы значительно выросли, представляется не случайным, что круг сторонников неорганического происхождения нефти сегодня широк как никогда.

Возвращаясь к вопросу возраста нефти, можно констатировать, что присутствующие в составе нефти биомаркеры, а также возраст вмещающих залежи нефти пород, не позволяют однозначно диагностировать время образования самой нефти. Вследствие гетерогенного состава нефти, полигенного механизма образования ее УВ и сильно различающихся времен попадания и жизни УВ в ловушках, верхней оценкой возраста нефти, причем лишь «старой» нефти, может служить время образования ловушки.

Рассмотрим вопрос о ловушках подробнее.

## Классификация ловушек в биосферной концепции

Не претендуя на полноту и точность этого определения, «ловушками» назовем геологические структуры, способные накапливать и сохранять в количествах, представляющих промышленный интерес, жидкие и газообразные УВ, принимающие участие в биосферном цикле углерода.

В соответствии с этим определением, ловушки могут быть разделены на рукотворные (искусственные) и естественные. К рукотворным мы относим подземные хранилища газа (ПХГ); подземные «могильники», предназначенные для закачки и захоронения  $\text{CO}_2$ , а также разрабатываемые месторождения битумов и сланцев. Битумы и сланцы в эту группу включены потому, что с момента начала разработки их месторождения следует рассматривать как полноценные ловушки жидких и газообразных УВ, которые участвуют в биосферном цикле круговорота углерода.

Для рукотворных ловушек имеет смысл говорить о сроке их службы. Примером таких ловушек являются месторождения сланцевого газа и нефти. Добывающие скважины на них за первые 1-2 года резко снижают производительность. С целью поддержания добычи УВ приходится постоянно бурить новые скважины и устраивать гидроразрывы пластов. Период рентабельной эксплуатации месторождений, как правило, непродолжителен, и после  $\sim 10$  лет работы их приходится закрывать.

Естественные ловушки УВ могут быть химическими и геологическими. Примером химических ловушек могут служить скопления на шельфе и глубоководном склоне континентов аквамаринных метаногидратов, в которых в виде  $\text{CH}_4$  сегодня сосредоточено на два порядка больше УВ, чем в традиционных залежах нефти и газа. Скопления метаногидратов, однако, нестабильны и распределены в океанических осадках крайне неравномерно. По нашим оценкам (Баренбаум, 2010), время формирования крупных скоплений аквамаринных метаногидратов занимает  $\sim 10^3$ - $10^4$  лет, а время жизни в гидратах молекул  $\text{CH}_4$  составляет  $\sim 10$  лет.

К геологическим ловушкам мы относим традиционные залежи нефти и газа. Существуют классификации геологических ловушек, в основу которых положены либо их поисковые признаки, либо условия образования, либо сочетание тех и других. Геологический возраст ловушек в этих классификациях во внимание не принимают. Тем не менее, очевидно, что в фанерозое образование ловушек может иметь четкую привязку к геохронологической (стратиграфической) шкале.

## Возраст геологических ловушек УВ

Сегодня мало кто сомневается в том, что ловушки УВ, имеющие промышленное значение, возникают в результате достаточно мощных геологических процессов (тектонических и/или седиментационных). Нет сомнений и в том, что такие процессы происходят в истории Земли циклически, резко усиливаясь в эпохи орогенических фаз Штилле.

В настоящее время твердо установлено, что кульминации фаз Штилле, как и более длительные тектонические циклы Бертрона и Рассела, являются следствием

бомбардировок Земли галактическими кометами (Баренбаум и др., 2004). Вследствие специфики взаимодействия с планетами, галактические кометы вызывают нагрев пород астеносферы, что приводит к значительному вздыманию земной поверхности (Баренбаум, 2016).

Данный эффект проиллюстрируем фактическими данными для последней кометной бомбардировки, имевшей место на границе неогена квартера в период от 5 до 0.7 млн лет назад (Баренбаум, 2010). На Земле она вызвала сильный подъем поверхности всех континентов, получивший название феномена «новейших поднятий земной коры».

Известно, что в это плиоцен-плейстоценовое время подъем поверхности испытали: Центральная и Северо-восточная Азия, большая часть Африки, западные части Северной и Южной Америк, Гренландия, Урал, Скандинавские горы, Сибирская платформа, горы Альпийского пояса, Тибет, Гвианский и Бразильский щиты и др. Высота поднятий сильно варьировала. На большей части побережья Тихого океана она составила первые сотни метров, на Сибирской платформе 200-1000 м, в Южной Африке 300-400 м на западе и 900-1200 м на востоке. Интенсивно вздымается Антарктический континент. Наиболее быстрый рост шел в горной местности. Так, Аравийская платформа увеличила высоту на ~ 2 км, Альпы поднялись на ~ 3 км, а Гималаи выросли на ~ 6 км. Под большинством гор отмечен значительный подъем астеносферы, сопровождаемый в ряде мест интенсивным излиянием магмы (Артюшков, 2012).

Аналогичные процессы происходили на нашей планете и в эпохи предыдущих кометных бомбардировок (Баренбаум, 2016).

Поэтому можно полагать, что если в коре континентов ранее и существовали ловушки УВ, заполненные нефтью и газом, то в результате неотектонических процессов в плиоцене и плейстоцене, эти залежи с большой долей вероятности, вряд ли сегодня сохранились. С другой стороны, сами процессы «новейших поднятий» вполне могли образовать в последний миллион лет большое число новых крупных ловушек УВ, которые существуют и функционируют в настоящее время.

Примером тому может служить Ромашкинское нефтяное месторождение, находящееся на Южно-Татарском своде. Южно-Татарский свод – очень молодая структура, испытавшая значительный подъем поверхности на границе неогена и квартера. Тектоническая активизация на своде продолжается и сегодня, что приводит к заполнению ловушек Ромашкинского месторождения новыми порциями УВ (Мингазов и др., 2012).

## Заключение

1. В образовании извлекаемых из недр нефти и газа участвуют три основных цикла круговорота углерода. Но вклад каждого из циклов зависит от геологической истории формирования ловушки УВ и технологии разработки месторождения. Так, в состав добываемых сланцевых газа и нефти в основном входит углерод геологического цикла круговорота с  $\tau_3 \sim 10^8$ - $10^9$  лет; обычных нефти и газа – углерод геологического цикла с  $\tau_2 \sim 10^6$  лет, а при разработке залежей газогидратов и месторождений с пополняемыми запасами УВ – биосферного цикла с  $\tau_1 \sim 40$  лет.

2. В процессе эксплуатации месторождений извлекаемая нефть «молодеет». На начальной стадии разработки на поверхность поступает нефть, образовавшаяся в соответствии с биогенной теорией в геологическом цикле круговорота с  $\tau_2 \sim 10^6$  лет. Однако на стадии истощения месторождений доля синтезированных УВ, образовавшихся в биосферном цикле углерода, доминирует. Примером тому на месторождениях Татарии являются «скважины-миллионеры», в которых добывается легкая «молодая» нефть (Муслимов и др., 2004). Использование МУН позволяет повысить нефтеотдачу пластов, но принципиально не меняет ситуации.

3. Крупные ловушки УВ возникают вследствие мощных тектонических и седиментационных процессов, вызванных бомбардировками Земли галактическими кометами. Последняя бомбардировка имела место в период от 5 до 1 млн лет назад. Учитывая характер происшедших в этот период процессов, трудно ожидать, что возникшие ранее ловушки УВ могли сохраниться до настоящего времени. Вследствие запаздывания кульминаций тектонических процессов относительно времени последней кометной бомбардировки, можно предположить, что большинство современных месторождений нефти и газа сформировалось в последний миллион лет.

4. Возраст нефти в залежах определяется временем жизни УВ в ловушке. Поскольку идеальных ловушек в природе нет, через ловушку постоянно циркулирует вместе с водами подвижный углерод, часть которого, превратившись в УВ, остается в пластах-коллекторах. При этом газообразные, жидкие и битумные фракции нефти имеют разные времена жизни в ловушке. Тяжелые УВ остаются в коллекторе на более длительное время, чем легкие. Промышленная разработка месторождений укорачивает время нахождения в ловушках всех фракций УВ.

Не исключено, что время жизни в ловушках битумной фракции нефти не более 1 млн лет, а жидких и тем более газообразных УВ намного меньше.

## Литература

- Артюшков, Е.В. Плиоцен-четвертичные поднятия земной коры на континентах как результат инфильтрации в литосферу из нижележащей мантии. *Доклады АН*. 2012. Т. 445. № 6. С. 656-662.
- Аширов К.Б., Боргест Т.М., Карев А.Л. Обоснование причин многократной восполнимости запасов нефти и газа на разрабатываемых месторождениях Самарской области. *Известия Самарского НЦ РАН*. 2000. Т. 2. № 1. С. 166-173.
- Баренбаум А.А. Образование астеносферы галактическими кометами как новое направление в тектонофизике. *Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы конференции*. М: ИФЗ РАН. 2016. Т. 2. Раздел 5. С. 430-438.
- Баренбаум А.А. Современное нефтегазообразование как следствие круговорота углерода в биосфере. *Георесурсы*. 2015. № 1(60). С. 46-53.
- Баренбаум А.А. К вопросу нисходящей фильтрации воды в нефтегазоносных осадочных бассейнах. *Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика*. Вып. 2(12). 2015а.
- Баренбаум А.А. Научная революция в проблеме происхождения нефти и газа. Новая нефтегазовая парадигма. *Георесурсы*. 2014. № 4(59). С. 3-9.
- Баренбаум А.А. Об исчерпании углеводородного потенциала недр. *Энергетика Татарстана*. 2012. № 6. С. 9-12.
- Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2010. 544 с.
- Баренбаум А.А. Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. Крупномасштабные тектонические циклы: анализ с позиций галактической концепции. *Вестник МГУ*. Сер. 4. *Геология*. 2004. № 3. С. 3-16.
- Баренбаум А.А., Баталин О.Ю. О фазовых преобразованиях углеводородов в процессе глобального геохимического круговорота. Новые

идеи в геологии и геохимии нефти и газа. *Нефтегазовая геология в XXI веке*. Ч. I. 2001. С. 40-42.

Баренбаум А.А., Закиров С.Н., Лукманов А.Р. Способ идентификации зоны восполнения запасов нефтяной залежи и интенсификация данного процесса. Патент №2265715 от 6.02.2004. Зарегистрирован 10.12.2005.

Баренбаум А.А., Климов Д.С. Экспериментальное измерение скорости разрушения карбонизированной воды при геосинтезе. *Труды ВЕСЭМПГ-2015*. М: ГЕОХИ РАН. С. 347-351.

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

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

Закиров С.Н., Закиров Э.С., Баренбаум А.А., Климов Д.С., Лысенко А.Д., Серебряков В.А. Геосинтез в проблеме происхождения нефти и газа. Передовые технологии разработки, повышения нефтеотдачи месторождений и исследования скважин (отечественный и мировой опыт): *Тр. VIII Межд. Технологич. симпозиума*. М: Институт нефтегазового бизнеса. 2013. С. 43-46.

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

Мингазов М.Н., Стриженов А.А., Мингазов Б.М. Неотектонические аспекты дегазации геоструктур Татарстана. *Георесурсы*. 2012. № 5(47) С. 51-55.

Молчанов В.И., Гонцов А.А. Моделирование нефтегазообразования. Новосибирск: ОИГТМ. 1992. 246 с.

Муслимов Р.Х., Глумов Н.Ф., Плотникова И.Н. и др. Нефтегазовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты. *Геология нефти и газа*. Спец. выпуск. 2004. С. 43-49.

Муслимов Р.Х., Изотов В.Г., Ситдикова К.М. Роль кристаллического фундамента нефтегазоносных бассейнов в генерации и регенерации запасов углеводородного сырья. *Докл. конф.: «Нефтегазовая геология на рубеже веков. Прогноз, поиски, разведка и освоение месторождений*.

*Фундаментальные основы нефтяной геологии*. С-Пб: ВНИГРИ. Т. 1. 1991. С. 268.

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.

Ферронский В.И., Поляков В.А., Романов В.В. Космогенные изотопы гидросферы. М: Наука. 1984. 268 с.

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.

Якуцени В.П., Петрова Ю.П., Суханов А.А. Нетрадиционные ресурсы углеводородов – резерв восполнения сырьевой базы нефти и газа России. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2009 (4). [http://www.ngtp.ru/9/11\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/9/11_2009.pdf)

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. Pp. 91-95.

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

## Сведения об авторе

*Азарий Александрович Баренбаум* – канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН

Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3

e-mail: [azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru)

*Статья поступила в редакцию 07.11.2016; Принята к публикации 15.12.2016; Опубликована 30.03.2017*

## Oil Origin and Age

*A.A. Barenbaum*

*Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**Abstract.** The question of oil age is discussed on the basis of the biosphere concept of oil and gas formation. It considers oil and gas deposits as underground carbon traps circulating through the Earth's surface in the three main cycles of the circulation. A theoretical model has been developed that makes it possible to explain from these positions the phenomenon of replenishment of oil and gas deposits in the process of field development. The model provides a balance between carbon flows on the ascending and descending branches of its circulation through the Earth's surface. In this model, the ascending flow of carbon is represented by the products of subsoil degassing (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) and extracted by the person from the depths of oil, gas and coal. A descending flow is an organic matter and carbonates that are submerged in the subsoil in the processes of sedimentation and subduction of lithospheric plates, as well as atmospheric CO<sub>2</sub>, entering the Earth's surface with meteoric waters in the process of their climatic circulation.

Since the fields are filled with hydrocarbons formed in cycles of carbon with widely differing circulation times, instead of the term 'age of oil', it is suggested to use the terms 'trap formation time' and 'hydrocarbon life time in the trap'.

This approach to the question of oil age in the biosphere concept leads to a number of conclusions, from which it follows that: 1) the 'old' petroleum of biogenic genesis is extracted at the initial stage of the development of deposits,

whereas in the depletion stage the 'young' hydrocarbons of abiogenic synthesis prevail; 2) the age of industrial accumulations of oil on our planet is hardly older than the Pleistocene, while gaseous, liquid and bituminous fractions of oil have different lifetimes in traps.

**Keywords:** oil age, oil and gas formation, biosphere cycle of carbon, balance problems of carbon circulation

## References

Artushkov, E.V. Pliocene-Quaternary uplifts of the earth's crust on the continents as a result of infiltration into the lithosphere from the underlying mantle. *Doklady AN*. 2012. V. 445. No. 6. Pp. 656-662. (In Russ.)

Ashirov K.B., Borgest T.M., Karev A.L. The reasons of repeated many times gas and oil restocking at the fields being exploited in the Samara region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN = Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2000. Is. 2. No.1. Pp. 166-173. (In Russ.)

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

Barenbaum A.A. Khain V.E., Yasamanov N.A. Large-scale tectonic cycles: analysis from the standpoint of the galactic concept. *Vestnik MGU. Ser. 4. Geologiya = Moscow University Geology Bulletin*. 2004. No. 3. Pp. 3-16. (In Russ.)

Barenbaum A.A. Modern oil and gas generation as a result of carbon cycle in the biosphere. *Georesursy = Georesources*. No. 1(60). 2015. Pp. 46-53. (In Russ.)

Barenbaum A.A. Ob ischerpanii uglevodorodnogo potentsiala nedr [On the exhaustion of the hydrocarbon potential]. *Energetika Tatarstana*. 2012. No 6. Pp. 9-12. (In Russ.)

Barenbaum A.A. The formation of the asthenosphere by galactic comets as a new direction in tectonophysics. *Tektonofizika i aktual'nye voprosy nauk o Zemle: Materialy konferentsii* [Tectonophysics and topical issues of Earth sciences: Proc. Conf.]. Moscow: IFZ RAN. 2016. V. 2. Section 5. Pp. 430-438. (In Russ.)

Barenbaum A.A. On the Problem of the Water Downward Filtration in the Oil-and Gas Bearing Sedimentary Basins. *Georesursy. Geoenergetika. Geopolitika = Georesources, geoenergetics, geopolitics*. Vol. 2(12). 2015a. (In Russ.)

Barenbaum A.A. The Scientific Revolution in the Oil and Gas Origin Issue. New Oil and Gas Paradigm. *Georesursy = Georesources*. 2014. No. 4(59). Pp. 9-16. (In Russ.)

Barenbaum A.A., Batalin O.Yu. Phase transformations of hydrocarbons during the global geochemical cycle. New ideas in the geology and geochemistry of oil and gas. *Neftegazovaya geologiya v XXI veke = Oil and gas geology in the XXI century*. Ch.I. 2001. Pp. 40-42. (In Russ.)

Barenbaum A.A., Klimov D.S. Experimental measurement of the rate of destruction of carbonized water during geosynthesis. *Trudy VESEMPG-2015* [Proceedings of the WECMIP-2015]. Moscow: GEOKhI RAN. Pp. 347-351. (In Russ.)

Barenbaum A.A., Zakirov S.N., Lukmanov A.R. The method of identifying zones of oil reserves replacement and the intensification of this process. Patent RF No. 2265715. 2005. (In Russ.)

Cherskiy N.V., Tsarev V.P. Mechanisms of hydrocarbon synthesis from inorganic compounds in the upper layers of the crust. *Doklady AN*. 1984. V.279. No.3. Pp. 730-735. (In Russ.)

Ferronskii V.I., Polyakov V.A., Romanov V.V. Kosmogennye izotopy gidrosfery [Cosmogenous isotopes of the hydrosphere]. Moscow: Nauka. 1984. 268 p. (In Russ.)

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. Pp. 91-95.

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

Mingazov M., Strizhenok A., Mingazov B. Neotectonic aspects of geostructures deep degasification on the territory of the Republic of Tatarstan (Russia). *Georesursy = Georesources*. 2012. No. 5(47). Pp. 51-55. (In Russ.)

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

Muslimov R.Kh., Glumov N.F., Plotnikova I.N. et. al. Oil and gas fields – selfdeveloping and constantly renewable facilities. *Geologiya nefiti i gaza = Geology of Oil and Gas*. Spec. Issue. 2004. Pp. 43-49. (In Russ.)

Muslimov R.Kh., Izotov V.G., Sitdikova K.M. Rol' kristallicheskogo fundamenta neftegazonosnykh basseinov v generatsii i regeneratsii zapasov uglevodorodnogo syr'ya. Dokl. konf.: «Neftegazovaya geologiya

na rubezhe vekov. Prognoz, poiski, razvedka i osvoenie mestorozhdenii. Fundamental'nye osnovy neftyanoi geologii». S-Pb: VNIGRI. T. 1. 1991. Pp.268. (In Russ.)

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

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

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

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

Voytov G.I. 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. No. 5. Pp. 533-539. (In Russ.)

Yakutseni V.P., Petrova Yu.P., Sukhanov A.A. Unconventional hydrocarbon resources are the reserve for renewal of the Russia oil and gas resource base. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika = Oil and gas geology. Theory and practice*. 2009. No. 4. [http://www.ngtp.ru/9/11\\_2009.pdf](http://www.ngtp.ru/9/11_2009.pdf) (In Russ.)

Zakirov S.N., Zakirov E.S., Barenbaum A.A. et al. Geosynthesis 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. (In Russ.)

**For citation:** Barenbaum A.A. Oil Origin and Age. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 1. Pp. 30-37. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.6>

#### About the Author

*Azariy A. Barenbaum* – PhD in Physics and Mathematics, Leading Researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences  
Russia, 119333, Moscow, Gubkina St., 3  
e-mail: [azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru)

*Manuscript received 7 November 2016; Accepted 15 December 2016;  
Published 30 March 2017*