

УДК 553.98.061.3(262.5)

В.И. Авилов<sup>1</sup>, С.Д. Авилова<sup>1</sup>

## ЯВЛЕНИЕ ХЕМОЛИТОАВТОТРОФИИ В НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИИ

*Показана смена парадигм в нефтегазовой геологии. Газобиогеохимические исследования авторов в морской среде позволили создать единую концепцию образования нефти и газа. Суть в том, что в середине процесса обнаруживается недостающее звено — явление хемолитоавтотрофии, продуцирующее активное живое вещество на потоках эндогенных газов непосредственно в зонах метагенеза и катагенеза. Это явление широко распространено в глубине недр, в частности под дном Мирового океана на 20-30% площади.*

Все большее число ученых-нефтяников ставит вопрос о пересмотре базовых положений в нефтегазовой геологии. Выдвигается много аргументов. С нашей точки зрения главная причина кроется в отставании научных теорий от растущих запросов экономики. В мировой практике сформировалось мнение о существовании опасной тенденции отставания уровня разведки и освоения новых месторождений первичных углеводородных ресурсов от уровня их добычи. В решение этой системной задачи весомый вклад могла бы внести нефтегазовая наука, однако ее возможности существенно ограничены современным состоянием. Нефть и газ относятся к уникальным природным образованиям. Они поступают из глубины недр, их происхождение скрыто от глаз человека и зависит от множества событий и факторов. Это порождает многоплановость и неравнозначность научных исследований. Необходим выбор главного направления. Как мы полагаем, стержнем проблемы является определение источника углеводородов.

Более века в нефтегазовой геологической науке противостоят две теории — органического и неорганического происхождения нефти и газа, которые принципиально расходятся в представлении об источнике углеводородов.

Из большого числа известных фактов и теоретических построений отметим некоторые принципиальные несоответствия в нефтегазовой сфере. В осадочных породах количество рассеянной микронепти превышает все разведанные запасы нефти и газа на земном шаре. Нефтеподобные УВ обнаружены почти во всех неколлекторских породах. Скопления углеводородов должны быть всюду, но обследовано более 500 осадочных бассейнов и менее 30% из них отнесены к промышленно нефтегазоносным. В то же время плотность запасов нефти и газа в отдельных крупных нефтегазоносных бассейнах мира существенно превышает потенциалы питающих нефтематеринских толщ.

В процессе эксплуатации по ряду залежей уже извлечены все балансовые запасы, а добыча нефти продолжается. Ведется поиск причин. Обнаружена приуроченность нефтегазовых месторождений осадочного чехла к разломам в фундаменте. Пространственная локализация нефти и газа связывается с наличием нефтегазоподводящих каналов в виде глубоких разломов, по которым происходит постоянная или периодическая подпитка месторождений новыми ресурсами за счет притока углеводородов из глубины. Меняется масштаб времени формирования залежей с геологического на современный. Производственниками ставится вопрос о перманентной восполняемости запасов углеводородного сырья, но с научной точки зрения механизм такого процесса остается все еще нераскрытым.

Во многих химических лабораториях ведутся исследования по превращению углеродсодержащих веществ. Показано, что реакции в неравновесных открытых каталитических системах протекают с образованием как простых, так и более сложных продуктов по сравнению с исходными веществами. На основании опытов предлагаются теоретические физико-химические модели глубоких процессов по поликонденсации оксида углерода с водородом, в результате чего, как полагают, получают полиуглероды, нефтяные углеводороды и двуокись углерода. Модели построены, но не более того. Тогда как по всему миру развивается изготовление, иногда полукустарным способом, биотоплива для автомобилей. Опять наука отстает от промышленного производства.

Подобная ситуация почти полтора века наблюдалась в период развития нефтегазовой промышленности. Действительно, органическая концепция в главных чертах сформировалась к 70-м годам прошлого века, когда большинство крупнейших нефтегазоносных бассейнов и месторождений уже было открыто. Неорганическая теория набирает силу на критике слабых позиций органиков при объяснении результатов разбуривания более глубоких горизонтов, роли кристаллического фундамента и, наконец, глубокого генезиса углеводородов. Ситуация характеризуется не востребованностью научных разработок нефтегазовой практикой. Представление об органическом или неорганическом происхождении углеводородов практически не влияет на основные потоки денежных средств внутри нефтегазовой корпорации. В эпоху углеводородной экономики отдельные ученые-нефтяники сигнализировали о приближающемся истощении мировых запасов нефти, но время проходило, добыча росла, предсказания не сбывались, и это, отнюдь, не поднимало авторитет науки.

Рассмотренные позиции отражают лишь часть противоречивых суждений в нефтегазовой геологии, которые высказываются на многочисленных конференциях в университетской среде и других научных институтах. В нефтегазовой геологии преобладают центробежные тенденции, а сама она находится как бы на перепутье. В состоянии этой науки наблюдаются нотки разброда и элементы хаоса, которые, как правило, предшествуют смене парадигм. Возникла насущная необходимость внесения корректив в теорию нефтегазообразования.

Столь длительное противостояние двух теорий, как показывает исторический опыт мировой науки, указывает, что истина находится где-то посередине. Назрело создание единой теории происхождения нефти и газа. Поиск ведется в различных направлениях — выдвигается концепция полигенеза нефти и газа, микстгенетическая концепция образования углеводородов, предлагаются основы для разработки новой дуалистической (абиогенно — биогенной) теории синтеза углеводородов и др. При этом считается необходимым рассматривать комплекс всех данных в аспекте нефтегазовой геологии с использованием нетрадиционных подходов для интерпретации фактического материала [8]. Для объяснения нефтегазонасности недр предлагают учитывать энергетику процессов, свойственную Земле в целом, включая постоянную диссипацию и кратковременные выбросы энергии и вещества, внутренние электрические поля, автоволновые процессы и другое.

С другой стороны многие считают, что разработка общей теории нефтегазообразования представляется трудновыполнимой, хотя и весьма заманчивой, задачей. Наиболее категоричные утверждают, что общую теорию нефтигенеза создать или разработать невозможно. Другие авторы предлагают не спешить, а сосредоточить внимание на рассмотрении серьезных расхождений между существующими теоретическими представлениями и новыми, выявленными в последние десятилетия условиями нахождения углеводородов в литосфере.

Мы относимся к приверженцам объединительных тенденций, выдвигая главным разработку единой теории происхождения нефти и газа в точках соприкосновения, а не расхождения различных теорий, но считаем, что в то же время для более действенного приближения к истине необходимо неординарное решение. Под новым ракурсом необходимо изучить газобиогеохимические аспекты проблемы. К первоочередным шагам относим решительную активизацию геоэкологической направленности нефтегазовых исследований. В данной работе мы ставим целью сформулировать принципиальные подходы к созданию базисных положений общей теории происхождения нефти и газа.

В число главных постулатов создаваемой общей теории нефтегазообразования выдвигаем представление о сходстве компонентного состава нефти и специфических микроорганизмов, преимущественно на уровне различных соединений УВ. Доказательная база осадочно-миграционной теории нефтегазообразования представляет многочисленные свидетельства неоспоримых корреляционных связей большинства УВ в системе живое вещество — органическое вещество пород — нефть. Это утверждение, сформулированное сторонниками органической теории, признается подавляющим большинством исследователей-нефтяников и рассматривается как одно из главных достижений нефтегазовой геологии.

Взаимосвязь живого вещества и нефти относим к главному положению общей теории происхождения нефти и газа. Логично заключить, если говорить об источнике УВ нефти и газа, то им является в общем случае живое вещество, образующееся в гидросфере и в частности в Ми-

ровом океане. Этот тезис подтверждается наличием в нефтях соединений, называемых биомаркерами. Им придается большое значение в определении генезиса нефти, поскольку биомаркеры, например, изопреноидные углеводороды, порфирины имеют органическое происхождение. В целом ряде нефтей исследован изотопный состав одновременно основных классов углеводородов (парафиновые, нафтеновые и ароматические) и биомаркеров разного типа [7]. Эти исследования показали, что углеводороды основной массы и биомаркеры для конкретной нефти имеют один и тот же источник, то есть они родственны. Доказано, что биомаркеры нефти однозначно указывают на её органическое происхождение. Из этого следует, что изучение живого вещества геосферы планеты является обязательным при создании общей теории.

Мы выделили газобиогеохимические аспекты в нефтегазообразовании как главное направление подобных исследований. Нами создана специальная комплексная методология для исследования в этом направлении. Присутствие живого отличает любую экосистему. Экосистемный подход необходим для повышения уровня достоверности выводов при изучении процессов нефтегазообразования в недрах Земли и поднимает эти изыскания на более высокую ступень познания.

Геоэкология водной среды (аквагеоэкология) реализует экосистемный подход в исследовании нефтегазоносности недр. Находясь на начальном этапе своего становления, аквагеоэкология инициирует создание специальных средств и методов проведения собственных исследований. Разработанная комплексная методология обеспечивает измерение содержания газобиогеохимических показателей в воде и донных отложениях на достоверном количественном уровне, что открывает новое направление в исследовании природных процессов с участием живого [6].

Центральное место в геоэкологии занимает понятие “экосистема”. На современном этапе экосистема рассматривается как совокупность живых организмов и среды их обитания (геосферы для геоэкосистем). Присутствие живого является неотъемлемой частью экосистемы. Критерием существования живых организмов служит наличие потоков вещества и энергии. В общем случае для геосферы — это движение газообразных, жидких или земных масс и потоки лучистой, тепловой и других видов энергии. Логично заключить, что в круг проблем геоэкологии входят все явления и процессы, вызванные упомянутыми потоками, в том числе процессы нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Гидросфера сопутствует существованию экосистемы, поскольку большинство биохимических превращений в живой клетке происходит в водной среде. Соответственно многие значимые нефтегазопроявления наблюдаются в системе Мирового океана.

В результате наших многолетних натурных наблюдений в морских экспедициях изучено пространственное распределение газобиогеохимических показателей в водной массе и донных отложениях. Установлены фоновые концентрации и различные профили их вертикального распре-

деления, вызванные естественным многофакторным воздействием в морской среде. В то же время в разных областях морей и океанов обнаружены аномальные зоны высоких концентраций газобиогеохимических показателей. В 1976 г. в термальных рассолах с глубин более 2 км впадины Атлантис-2 Красного моря измерены аномально высокие по сравнению с вышележащими аэробными красноморскими водами содержания АТФ — в 4 раза, двуокиси углерода — в 5 раз, углеводородных газов, гелия, водорода — на три-четыре порядка выше. Комплекс полученных газобиогеохимических данных позволил рассматривать термальные рассолы как локальную экосистему, что привело к открытию неизвестного ранее явления (Диплом открытия № 56) [4]. Обнаружена жизнь в этих жестких бескислородных условиях при высокой температуре и солености вод. Она основана не на энергии фотосинтеза, а на хемолитоавтотрофии, когда при отсутствии кислорода на недоступных для солнечного света глубинах живые организмы в качестве питательного субстрата используют газы, поступающие ко дну из земных недр. Хемолитоавтотрофия характеризуется интенсивной жизнедеятельностью микроорганизмов, которые способны использовать неорганические доноры электронов (прежде всего, водород) и получать почти весь углерод путем фиксации двуокиси углерода. Обычно она сопровождается генерацией метана. Последней объяснен генезис необычайно большого количества углеводородных газов как результат жизнедеятельности сообщества микроорганизмов, развившихся на глубинных флюидных потоках газообразных компонентов.

Дальнейшие исследования, реализующие экосистемный подход, подтвердили высокую значимость хемолитоавтотрофии в природных процессах. Значительная часть флюидопроявлений на дне морей и океанов связана с этим явлением [5].

Кроме того в промежуточных и глубинных водах океана нами открыто явление образования взвешенного органического вещества — активного живого вещества (Диплом открытия № 92). Несколькими годами позже американские исследователи подтвердили оба эти открытия [4].

Методология надежно идентифицирует явление хемолитоавтотрофии в натуральных условиях. Нами показано широкое распространение этого явления в экосистемах придонной зоны, в глубинах недр, в частности под дном Мирового океана на 20-30% площади. Нами также получены данные, на основании которых возможно прогнозирование хемолитоавтотрофии в глубинах осадочной толщи [9]. Это существенно меняет представление об источнике УВ. Явление хемолитоавтотрофии имеет все шансы стать главным связующим звеном в цепи общей теории нефтегазоносности недр. Наши натурные исследования позволяют примирить сторонников органического и неорганического происхождения нефти и газа, поскольку, если коротко сказать, обе стороны правы. Для доказательства сначала выделим принципиальные позиции обеих теорий.

Теория органического происхождения нефти и газа признана широким кругом ученых. Положенная в её основу осадочно-миграционная теория нефтеобразования подтверждена многочисленными исследователя-

ми. В обобщенном виде можно заключить, что теория описывает эволюцию органического вещества (ОВ) с момента его отложения до начала метаморфизма. Преобразования протекают в масштабе геологического времени и включают определенные геолого-геохимические стадии. Накопление биополимеров происходит в верхнем слое осадков морей и океанов, куда за длительный период выпадают останки организмов, в первую очередь планктона. При дальнейшем накоплении осадки уплотняются и постепенно превращаются в осадочную породу. В начальной биохимической стадии органические остатки частично разлагаются. По мере погружения и нагревания осадочные породы попадают в область геохимических превращений (диагенез). Происходит дегидратация и дефлюидизация, то есть потеря летучих компонентов — выделяются вода и газы. Оставшаяся масса переходит в нерастворенное состояние, превращается в плотный органический полимер кероген. Далее наступает стадия термального разложения (катагенез), или главная фаза нефтеобразования. При температуре 100-200° С нефть образуется из керогена. Характерные для катагенеза термобарические условия наблюдаются на глубинах 3-5 км, которые считаются главной зоной нефтеобразования. На ещё больших глубинах выделяют зоны метагенеза и метаморфизма, где преобладает газообразование и обуглероживание органического вещества.

В развитие органической теории в последние годы выдвинута флюидодинамическая концепция нефтегазообразования. Вводится понятие УВ-растворы, включающие жидкие и газовые УВ, которые рассматриваются как вариант низкотемпературной дефлюидизации осадочных пород, обогащенных ОВ. Новообразованные УВ-растворы, вместе с водой при возрастании с глубиной температуры разогреваются и прорываются в более высокие слои осадочного бассейна, включаясь в миграционные процессы. Суть остается прежней: нефть и газ образуются из биогенного ОВ, захороненного при седиментации. Источник ОВ — продукт биологических циклов, в которых происходит образование живого из неживого за счет фотосинтетических процессов, порождаемых солнечной энергией.

Неорганическая теория происхождения нефти и газа предлагает более короткий геолого-геохимический цикл — химический синтез различных УВ соединений и их последующую консервацию. Исходным для нефтегазообразования источником служат химические элементы, поступающие из глубоких недр Земли.

Наконец, представляем разработанную общую концепцию нефтегазообразования, учитывающую рассмотренные выше теории и гипотезы [1]. Суть в том, что в процессе нефтегазообразования на промежуточном этапе участвует активное живое вещество. В середине процесса обнаруживается недостающее звено — явление хемолитоавтотрофии, пока выпадающее из поля зрения нефтегазовой геологии. Основные этапы процесса выглядят следующим образом. При дегазации Земли выделяются неорганические газовые компоненты, они пронизывают фундамент и попадают в нижние слои осадочной толщи, где при благоприятных услови-

ях на стадиях метагенеза и катагенеза запускают хемолитоавтотрофный цикл. Сообщество глубинных микроорганизмов преимущественно с хемолитоавтотрофным типом обмена веществ уникально по своей адаптации к высоким температурам [10] и может активно развиваться в подводящих каналах кристаллического фундамента, в самом месторождении, а также в отложениях на всех этажах осадочной толщи. В результате своей жизнедеятельности хемолитоавтотрофы производят углеводороды (как минимум — метан) и воду, их останки обогащают биополимерами материнскую породу и тут же включаются в процесс нефтегазообразования. В итоге здесь флюидизация начинается одновременно с генерацией УВ, образовавшиеся вода и микронепть в виде УВ-растворов легко включаются в процесс миграции. Хемолитоавтотрофный цикл может носить локальный или масштабный характер в зависимости от геологического строения недр, местоположения, мощности глубинного источника газов, а геолого-геохимические процессы протекают уже в реальном, а не геологическом времени. Эндогенные локализованные газовые потоки прорываются и выше по разрезу осадков вплоть до выхода на дно акваторий [10]. В диагенезе явление хемолитоавтотрофии вызывает те же эффекты, включаясь в описанную эволюцию ОВ и существенно влияя на формирование нефтематеринских толщ [2].

Предложенная концепция хемолитоавтотрофного цикла нефтегазообразования с высокой вероятностью может стать основой для создания общей теории. Она вписывает оба источника ОВ (в результате фото- и хемосинтеза) в единую схему образования нефтяных УВ из живого вещества. Детализация общей теории нефтегазообразования будет продолжена, но её главный постулат в принципе сохранится: “нефть из жизни, жизнь на потоках из лито- и фотосферы”. Через хемолитоавтотрофный цикл реализуются неисчерпаемые резервы внутренней энергии Земли и восполняются запасы углеводородов. Концепция объясняет многие непонятные прежде стороны процессов нефтегазообразования и накопления углеводородов и этим приближается к статусу теории.

Природа гораздо многообразнее, чем мы это себе представляем, её проявления редко укладываются полностью в рамки предлагаемых схем. Но главный тезис концепции об образовании живого непосредственно в недрах на потоках ювенильных газов снимает практически все высказанные выше несоответствия и противоречия.

Экосистемный подход дает основание выдвинуть в процесс нефтегазообразования ряд существенных элементов. Образование метана за счет явления хемолитоавтотрофии может развиваться при благоприятных условиях в большом объеме осадочной толщи. Необходимые газовые компоненты (водород, двуокись углерода) присутствуют в составе гидротермальных и фумарольных природных газовых смесей, эндогенных газов, поступающих из очагов разгрузки в активных геодинамических зонах, а также в составе потока газов из зоны катагенеза. Биогенный метан, генерированный в нижних слоях осадков, соединяется с глубинным потоком газов, в том числе углеводородов, и участвует во всех сопричастных явле-

ниях: сбросе углеводородов в придонные воды в виде струйных высачиваний, газовых факелов, подводных грязевых вулканов, а также в образовании различного рода скоплений углеводородов в осадочном разрезе, включая газогидраты, водно-газовые разуплотнения осадков типа “роковых илов”, газовые пузыри, залежи.

Кроме метаногенеза, хемолитоавтотрофия активно включается еще в одно природное явление — обогащение пород органическим веществом. В ареале действия глубинных потоков создается состояние аномально высокой биологической активности, образуется активное живое вещество. Хемолитоавтотрофы для своей жизнедеятельности используют неорганические компоненты, синтезируя в клетке органические соединения и обогащая последними среду обитания — сами породы. По своей сути явление хемолитоавтотрофии связано функционально только с глубинными потоками полигенетической смеси природных газов. Масштабность этого процесса приводит к формированию глубинных нефтематеринских толщ непосредственно в недрах. Являясь порождением локализованных глубинных потоков, хемолитоавтотрофия обогащает органическим веществом ограниченный объем осадков в виде пластов, линз, залежей, генетически не связанных с явлениями на дневной сфере планеты. Эта объемная масса богатых органикой пород в дальнейшей геологической истории может стать локализованным скоплением нефти и газа, минуя процессы первичной миграции.

Еще одна важная объединительная идея. Экспериментально установленный нами эффект концентрирования рассеянного потока газов внутри осадочного слоя объясняет процесс первичной миграции углеводородов с локального участка осадочного бассейна [3]. Тогда рассеянные потоки с отдельного участка генерации углеводородов служат основой для образования автономной нефтегазовой флюидодинамической системы. И вновь эта система объединяет теории. Предложенный нами биохимический синтез углеводородов из эндогенных компонентов за счет хемолитоавтотрофии приближает неорганическую теорию к органической, а эффект концентрирования делает флюидодинамическую концепцию равноприемлемой для обеих теорий, то есть утверждает единую теорию происхождения нефти и газа.

Внедрение теоретической разработки дает выход в практику поиска и разведки месторождений углеводородов, активизируя геологоразведку за счет повышения её эффективности и целенаправленности. Другая сторона этой важной системной проблемы связана с повышением степени извлечения на месторождениях. И в этом случае единая теория дает ключ к решению проблемы, переводя углеводороды в разряд перманентно возобновляемых ресурсов. С учетом явления хемолитоавтотрофии и постоянного образования активного живого вещества в породах можно утверждать о восполняемости действующих и старых месторождений. Геоэкологический подход в корне меняет представление о доминантном источнике углеводородов, что позволяет дифференцировать месторождения по степени их восполняемости. Для практических целей следует определить

главенствующий источник углеводородов по конкретным залежам и в соответствии с этим устанавливать режим их оптимальной эксплуатации. Геоэкологический подход в решении нефтегазовых проблем открывает возможность уточнить существующую классификацию запасов и ресурсов углеводородов. Процесс образования нефти и газа неиссякаем, а их запасы на планете Земля постоянно восполняемы. Высказанная идея позволяет более достоверно строить долгосрочные планы развития ТЭК и повысить эффективность экономических прогнозов.

1. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Решение проблемы по теории происхождения нефти и газа / *Материалы Междунар. Форума по проблемам науки, техники и образования* — Москва. 2006.- Том 2.- С. 157-158.

2. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Роль хемолитоавтотрофии в формировании нефтематеринских толщ / *Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа* *Материалы Шестой Междунар. конференции* — МГУ.- Москва. 2002.- С.16-17.

3. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Экспериментальное исследование рассеянных потоков природных газов. // *Доклады Российской Академии Наук.* 1999.- Т. 369.- № 5.- С. 664-666.

4. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Жизнь на океанском дне // *Наука в России.*- 2001.- №3.-С.56-61.

5. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Хемолитоавтотрофия в сфере проблем нефтегазоносности акваторий // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.*- М.: ВНИИОЭНГ, 2002.-№ 10.- С.7-9.

6. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Нефтегазовое направление в геоэкологии океана // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.* — М.: ВНИИОЭНГ, 2007.- № 6.- С. 56-59.

7. *Галимов Э.М.* Принесенные солнечным ветром // *Эксперт.*- 2007.- № 43 (584).- С.91-98.

8. *Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М.* Углеводородная дегазация через дно океана: локализованные проявления, масштабы, значимость // *Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений.*-М. :ГЕОС, 2002.- С. 7-36.

9. *Шнюков Е.Ф., Авиллов В.И., Авилова С.Д.* Газобиогеохимические исследования потоков газообразных флюидов со дна Черного моря // *Доклады Российской Академии Наук.* 2006.- Т. 408. №. 3.- С. 389-392.

10. *Шнюков Е.Ф., Авиллов В.И., Авилова С.Д.* Газобиогеохимические исследования // *Геологические исследования Черного моря.* — К., 2006.-С. 135-155.

Показано зміну парадигм у нафтогазовій геології. Газобиогеохімічні дослідження авторів у морському середовищі дозволили створити єдину концепцію утворення нафти й газу. Суть у тому, що в середині процесу виявляється відсутня ланка — явище хемолитоавтотрофії, яке продукує активну живу речовину на потоках ендегенних газів безпосередньо в зонах метагенезу й катагенезу. Це явище широко поширене в глибині надр, зокрема під дном Світового океану на 20-30% площі.

The change of paradigms in oil-gas geology is established. The authors' gasbiogeochemical research at marine environment has allowed to found common conception of oil and gas generation. The whole point is that missing link is found in the middle of the process — chemolytoautotrophy phenomenon which produces active living matter in deep gases flux at metagenesis and catagenesis zones directly. The phenomenon is widely distributed in bowels of the earth, in particular, under sea bottom at 20-30% part of the world ocean square.