

---

---

# Генезис нефти и природного газа: конкуренция парадигм

© 2019 г. В.Г. Кучеров<sup>1\*</sup>, И.А. Герасимова<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, 119296, Ленинский пр., д. 65; Королевский технологический университет, Швеция, Стокгольм, 10044, Линдстедсвэген, 30.

<sup>2</sup>Институт философии РАН, Москва 109240, ул. Гончарная, д. 12/1; Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, 119296, Ленинский пр., д. 65.

\*E-mail: vladimir.kutcherov@indek.kth.se

\*\*E-mail: homegera@gmail.com

Поступила 03.06.2019

Проблема генезиса нефти и природного газа представляет интерес как case-study в социальной философии науки. Вопрос о происхождении углеводородов поднимался в отечественной науке М.В. Ломоносовым, В.И. Вернадским, Д.И. Менделеевым. Его значимость для науки о нефти напрямую связывалась с задачами поиска и разведки залежей углеводородного сырья. Сформировались две доминирующие концепции генезиса нефти и природного газа, которые вошли в историю как концепция биогенного происхождения углеводородов и концепция абиогенного происхождения углеводородов. Концепция биогенного происхождения углеводородов изначально имела значительный перевес сторонников, но с недавним открытием сверхгигантских залежей нефти на глубине свыше 10 км, с несоответствием между идентифицированными биогенными источниками и доказанными запасами углеводородов для большинства гигантских нефтегазовых скоплений, с наличием крупных залежей углеводородов в кристаллическом фундаменте в отсутствие нефтематеринских свит, а также с появлением новых концептуальных, математических и технологических возможностей встал вопрос о смене парадигм в науке о нефти. В предлагаемой статье смена парадигм понимается как гештальт-переключение или смена видения. Анализ драматической истории конкуренции парадигм вскрывает методологические проблемы научных дискуссий, особенности научных теорий и обоснованности гипотез в такой области как наука о нефти. Проблематизируется тема эволюции научной рациональности.

Авторы благодарят главного научного сотрудника Института философии РАН, доктора философских наук Владимира Ивановича Аршинова за ценные советы в работе над рукописью.

**Ключевые слова:** методология науки, социальная история науки, наука о нефти, биогенная концепция происхождения углеводородов, абиогенная концепция происхождения углеводородов, Ломоносов, Менделеев, Вернадский, парадигма, междисциплинарность, эволюция научной рациональности.

DOI: 10.31857/S004287440007530-8

Цитирование: Кучеров В.Г., Герасимова И.А. Генезис нефти и природного газа: конкуренция парадигм // Вопросы философии. 2019. № 12. С. 106–117.

# Petroleum Genesis: Competition of Paradigms

© 2019 г. Vladimir G. Kutcherov<sup>1\*</sup>, Irina A. Gerasimova<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> Gubkin University, 65, Leninsky av., Moscow, 119296, Russian Federation; KTH Royal Institute of Technology, 30, Lindstedtsvagen, Stockholm, 10044, Sweden.

<sup>2</sup> Institute of Philosophy Russian Academy of Sciences, 12/1, Goncharnaya str., Moscow, 109240, Russian Federation; Gubkin University, 65, Leninsky av., Moscow, 119296, Russian Federation.

\*E-mail: vladimir.kutcherov@indek.kth.se

\*\*E-mail: homegera@gmail.com

Received 03.06.2019

The problem of petroleum genesis is of interest as a case study in the social philosophy of science. The question of the origin of hydrocarbons was raised in the domestic science by M.V. Lomonosov, V.I. Vernadsky, D.I. Mendeleev. Its importance for the petroleum science is directly associated with the tasks of prospecting and exploration of hydrocarbon deposits. The problem of the petroleum genesis presented in two dominant concepts of the genesis of oil and natural gas, that went down in history as the concept of the biogenic origin of hydrocarbons and the concept of the abiogenic origin of hydrocarbons. The concept of biogenic origin of hydrocarbons initially had a significant margin of support. But with the recent discovery of super-giant oil deposits at a depth of over 10 km, a discrepancy between identified biogenic sources and proven hydrocarbon reserves for most of the giant oil and gas accumulations, the presence of large hydrocarbon deposits in the crystalline basement in the absence of source rocks suites, as well as the emergence of new conceptual, mathematical and technological capabilities the question of a paradigm shift in the petroleum science has appeared. In the article, a paradigm shift is understood as a gestalt-switch or a vision shift. An analysis of the dramatic history of the competition of paradigms reveals the methodological problems of scientific discussions, the features of scientific theories and the validity of hypotheses in the field of petroleum science. The subject of evolution of scientific rationality is problematized. The authors are grateful to Vladimir I. Arshinov, the chief researcher of the Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences, for valuable advice on the manuscript.

**Key words:** methodology of science, social history of science, petroleum science, concept of biogenic origin of hydrocarbons, concept of abiogenic origin of hydrocarbons, Lomonosov, Mendeleev, Vernadsky, paradigm, interdisciplinarity, evolution of scientific rationality.

**DOI:** 10.31857/S004287440007530-8

Citation: Kutcherov, Vladimir G., Gerasimova, Irina A. (2019) 'Petroleum Genesis: Competition of Paradigms', *Voprosy Filosofii*, Vol. 12 (2019), pp. 106–117.

Становление и развитие науки о нефти вызвано топливно-энергетическими потребностями ускоренного развития техногенной цивилизации в XX–XXI вв. В цивилизациях традиционного типа были известны горючие свойства нефти и природного газа, их использовали в качестве топлива и в военных целях, но локально. В начале XX в. в структуре мирового энергопотребления использовались главным образом уголь и дрова, на долю нефти приходилось всего 3%, а природный газ совсем не применялся (рис. 1). Понадобилось около 60 лет для того чтобы нефть стала доминирующим

источником энергии. В последней четверти XX в. были открыты гигантские залежи природного газа, создана сеть магистральных газопроводов. Это привело к тому, что в первой декаде XXI в. доля природного газа в структуре мирового энергопотребления существенно увеличилась. В 2017 г. совместная доля нефти и природного газа в структуре мирового энергопотребления составила более 53%.

Согласно доминирующему представлению ученых (биогенная концепция), нефть и природный газ относятся к «невозобновляемым» источникам энергии, которые накапливались в земной коре миллионы лет. В конце 70-х гг. исследователи прогнозировали истощение углеводородных запасов, величину которых при существовавших тогда темпах отбора оценивали как достаточные примерно на 35 лет [Гаврилов 1978, 25]. Время прошло, но прогнозы не подтвердились. Ключевой проблемой для науки о нефти была и продолжает оставаться проблема происхождения углеводородов. В зависимости от ее решения определяются подходы к поиску залежей углеводородного сырья, запасы, структура и распределение углеводородов на нашей планете. С методологической точки зрения, проблема происхождения углеводородов фокусирует науку и практику, эмпирический, теоретический и метатеоретический (философский) уровни научного исследования.

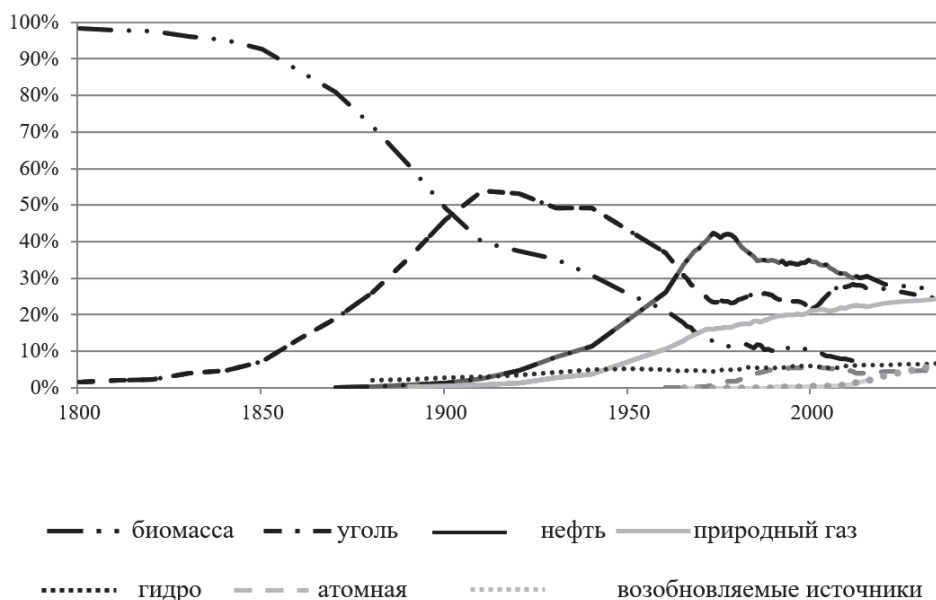


Рис. 1. Доля различных источников энергии в мировом энергетическом балансе [Бессель и др. 2017].

### Методологические особенности науки о нефти

Духовно-нравственные и методологические основы русской науки закладывались в трудах гениальных отечественных ученых-энциклопедистов, оказавших влияние на становление и развитие науки о нефти. М.В. Ломоносов, выдвинувший органическую гипотезу происхождения нефти, ставил вопрос о ценности наук по-философски всеобъемлюще: «Наука есть ясное постижение истины, просвещение разума, непорочное увеселение в жизни, похвала в юности, в старости подпора, строительница градусов, полков, крепость, утеха в несчастии, в счастье украшение, везде верный и безотлучный спутник» [Ломоносов 1952, 262]. Сочетание фундаментальных исследований с практической направленностью и служением отечеству — качества ученого-гражданина.

«Третья служба моя Родине наименее видна, хотя заботила меня с юных лет. Эта служба по мере сил и возможности на пользу роста русской промышленности», — писал о себе Д.И. Менделеев, выделяя общественно-практическую деятельность

наряду со своей научной и педагогической деятельностью [Менделеев 1952, 663]. Дмитрий Иванович был настоящим «волонтером нефтяного дела». Более 70-и работ ученого посвящено проблемам развития науки о нефти и российской нефтяной промышленности. «Третье служение» Менделеева определило особенности методологического сознания ученого, наследие которого содержит работы по общим вопросам методологии науки [Баранец, Веревкин 2011, 273–277]. Специфика работы химиков, которые имеют дело с конкретными веществами природы и их взаимопревращениями, определяет и их отношение к методу. Для Менделеева-химика приоритет отдается методам непосредственного наблюдения и эксперимента: «от многого наблюдаемого к немногому проверенному и несомненному, подвергаемому затем дедуктивной обработке» [Менделеев 1958, 590]. «Наблюдательность» химии определяет специфику научного исследования, но не приоритет эмпиризма над теоретическими рассуждениями. Менделеев полагал, что естествоиспытателю полезно знать философию, которая аккумулирует конкретные знания исторической эпохи, соединяя достижения отдельных дисциплин в общенаучную картину мира и задавая направления научного поиска на уровне «гипотез, объясняющих, выражающих и вызывающих еще не точно известные отношения и явления» [Менделеев 1954, 37]. Научное познание – безграничный процесс, но конкретно-исторические научные обобщения «ограничены тем, что удалось изучить (а изучены лишь “песчинки на берегу океана неизвестного”, как сказал Ньютон) <...> признать громадность массы совершенно неизвестного – неизбежно необходимо» [Менделеев 1954, 458]. Практическая направленность химии определяет ее двойственную специфику как технологии (действия, мастерства) и как науки (знания).

Методологические рассуждения ученого с углубленным знанием запросов промышленности в полной мере определяют специфику науки о нефти, в которой теория тесно связана с практикой. Корреляция практической инженерной деятельности с теоретической передается в понятии технонауки. Технонаука в существенной степени опирается на приборы и технические устройства, которые выходят далеко за пределы физиологической чувствительности человека. Высокотехнологичные установки позволяют создавать условия и проводить эксперименты, которые до техногенной цивилизации были невозможны. Благодаря цифровым технологиям возрастает доля компьютерного моделирования и виртуальных экспериментов. Исследуя природу, технонаука создает теоретические модели реальности с разными онтологиями, включая так называемые ненаблюдаемые сущности. Меняется не только характер эксперимента, но и понимание роли теорий, соотношения теории и факта. Дифференциация наук ставит вопросы интеграции знания, в том числе путем многоуровневого сопряжения высоко абстрактных теорий с прикладными теориями, моделями и технологиями.

Изучая конкретные, уникальные объекты природы с различных точек зрения, в науке о нефти работают с теориями, направленными на описание и объяснение определенного круга объектов и процессов, изучение которых доступно эмпирической проверке. Последнее не исключает проведение фундаментальных исследований, практические результаты которых могут быть неочевидными в конкретно-исторический момент. Особенности организации познания в условиях технонауки направляют усилия ученых на создание синтетических теорий, которые могут в будущем стать фундаментальными. Примечательно то, что интегративная функция философии, о которой на рубеже XIX–XX вв. писал Менделеев, частично передается междисциплинарно и трансдисциплинарно организованной науке.

История идей и история людей тклет ткань социальной истории науки, которая всегда драматична. Примером тому может служить борьба двух подходов к проблеме генезиса нефти и природного газа – абиогенного и биогенного.

### **Концепции биогенного и абиогенного генезиса нефти и природного газа (нафтидогенез). История**

Анализ точек зрения в научных дискуссиях требует щепетильности в оценке выдвигаемых гипотез, их соотношения с данными наблюдений и фактами, а также в оценке их описательных, объяснительных и прогностических возможностей

Исторический анализ гипотез предполагает учет познавательного и социального контекста исследования и прежде всего особенностей языка и концептуального аппарата науки конкретного времени. Уточним особенности научной терминологии в интересующем нас вопросе. Природный газ состоит главным образом из смеси насыщенных углеводородов — метана (до 90–98%), этана, пропана и бутана. Нефть представляет собой сложное, структурированное соединение. В физико-химическом аспекте углеводороды только преобладают в составе нефтей, содержащих значительное количество (до десятков процентов) кислородо-, азото-, фосфоро- и серосодержащих соединений, распределение которых варьируется в широком диапазоне. Именно соотношение всех этих соединений и делает каждое месторождение уникальным. Уникальность месторождения также придает геофизические и геологические условия генезиса и залегания. Отсюда вопросы о генезисе нефти и всего разнообразия углеводородов — смежные, но разные вопросы. Уникальность месторождений углеводородов вынуждает придерживаться принципа гибкости в исследованиях и оценках, сочетая признанные научные наработки с творческим подходом.

В отечественной истории науки первую гипотезу происхождения горючих ископаемых выдвинул М.В. Ломоносов. В классическом труде «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763) дополнительный раздел «О слоях земных» был посвящен происхождению горючих полезных ископаемых — каменного угля, торфа и нефти. Ломоносов считал каменный уголь и нефть продуктами органического происхождения, возникшими в результате длительной естественной переработки веществ в земной коре. В выдвижении своей гипотезы ученый опирался на наблюдения, которые выражал, согласно мышлению того времени, на языке чувственных качеств: «Увериться можем о происхождении сих горючих подземных материй из растущих вещей их легкостью. Ибо все минералы в воде потопают, нефть по ней плавает, несмотря на то, что, бывши в земных породах, приняла на себя несколько тяжелой горной материи» [Ломоносов 1986, 418]. Подтверждение одного из главных факторов нефтеобразования — длительного прогрева «растительного вещества» в водно-осадочных отложениях «подземным огнем», он искал в проводимых опытах «по перегонке жирных материй»: «Через перегонку дают горные уголья черное, горькое масло и несколько кислой материи» [Ломоносов 1986, 380]. Его гипотеза о генетической связи горючих ископаемых, «которые чистотою разнятся», нашла подтверждение в современной науке. Их называют каустобиолиты. Исследования Ломоносовым вопросов происхождения и свойств горючих ископаемых заложили ряд ключевых направлений науки о нефти. Особое значение для становления научной картины мира имели его рассуждения фундаментально-философского характера относительно длительного процесса формирования поверхности Земли под влиянием внешних и внутренних факторов, взаимосвязанности геологических, химических и биологических процессов.

В XIX в. большинство химиков придерживались концепции биогенного происхождения нефти либо из растительного, либо из животного сырья, либо из их смеси. Проводились опыты по перегонке органического сырья с последующим получением нефтепродуктов. Параллельно зарождалась иная концепция — концепция абиогенного происхождения нефти. В начале XIX в. выдающийся немецкий натуралист Александр фон Гумбольдт высказал сомнение в справедливости концепции биогенного происхождения нефти. В 1866 г. французский химик М. Бертло предположил, что нефть образовалась в недрах Земли из минеральных веществ. 15 января 1876 г. на заседании Русского химического общества Д.И. Менделеев выступил с докладом о гипотезе минерального происхождения нефти, которая получила название карбидной [Менделеев 1949]. Согласно предположению Менделеева, во время горнообразовательных процессов вглубь через трещины просачивалась вода, взаимодействие которой с карбидами железа при высоком давлении и высоких температурах могло вести к образованию окислов металла и углеводородов. Свои предположения Менделеев подтверждал опытами С. Клоэца, который получал водород и ненасыщенные углеводороды, воздействуя соляной или серной кислотой на чугуны, содержащий до 4% углерода. Наличие трещин — глубинных разломов в земной коре Менделеев обсуждал с геологом-нефтяником Г.В. Абигом во время их экспедиции в Баку.

Большинство геологов не приняли карбидной гипотезы Менделеева. Геологам казалась сомнительной идея существования карбидов в глубине земной коры, однако его подход дал мощный импульс развитию исследований физико-химических свойств нефти и нефтепродуктов, разработке технологий нефтеперегонки. Для проведения доказательных экспериментов в то время технологические, концептуальные и математические ресурсы были ограничены.

В восприятии сторонников концепции органического происхождения нефти вызывала сомнение идея существования глубинных разломов в земной коре. Наблюдения практиков-геологов, свидетельствовавшие о наличии обладающих большой подвижностью разломов в земной коре, становятся фактами только по мере развития концептуального аппарата и технологических возможностей геологии и геофизики. Первая концепция разломов была выдвинута американским геологом У. Хоббсом (1905–1911), но убедительные доказательства роли разломов в образовании полезных ископаемых были представлены только в 1945 г. советским академиком А.В. Пейве [Гаврилов 1978, 94]. В 60-х гг. геологи выдвигают концепцию глобальной тектоники плит, которая ныне признается большинством ученых. Согласно этой концепции земная кора состоит из литосферных плит, находящихся в постоянном движении друг относительно друга. При этом в зонах субдукции происходит погружение океанической коры под континентальную. Геологоразведочные работы сегодня ведутся с учетом этих факторов.

В 20-х гг., когда В.И. Вернадский писал свои труды по наукам нового типа – геохимии и ее отрасли, биогеохимии, большинство геологов и химиков придерживались органической гипотезы происхождения нефти. В «Очерках по геохимии» есть раздел, посвященный углероду в живом веществе земной коры, а особый параграф – генезису нефти [Вернадский 1994, 281–348]. В последнем обстоятельно представлены все значимые результаты геологических и биохимических исследований нефти, бывших к тому времени уже дифференцированными областями научного знания. Вернадский развивает собственную концепцию газообразования и органического генезиса нефти, обращая внимание на процессы метаморфизма останков растительного и животного происхождения в верхних слоях геосферы под влиянием солнца и внутренних процессов разложения. Ученый приводит ряд геохимических доказательств органического происхождения в нефти азота, серы, кислорода и фосфора. Принимая во внимание актуальные на тот момент данные о термическом градиенте земной коры, Вернадский считал, что едва ли образование нефти могло происходить глубже, чем на глубине 1,5 км [Вернадский 1994, 303]. Он отмечает, что на рубеже XIX–XX вв. были известны факты вулканического происхождения углеводородов, указывалось на аналогии с метеоритами. Основатель учения о биосфере допускал эти возможности относительно незначительных, но не крупных скоплений углеводородов: «Углеводороды (главным образом, метан), которые, несомненно, приходят из глубинных слоев земной коры, только отчасти ювенильного происхождения» [Вернадский 1994, 309]. Как ученый-естествоиспытатель он не усматривал достаточных оснований для выводов относительно абиогенной гипотезы: «Состояние наших знаний о первичных ювенильных углеродистых минералах довольно печальное. Нам недостает точных фактов, и невозможно изложить геохимию ювенильного углерода чисто эмпирически, не прибегая к более или менее обоснованным гипотезам» [Вернадский 1994, 287].

Существенное влияние на научное сообщество оказала работа выдающего отечественного геолога и организатора нефтегазовой промышленности И.М. Губкина «Учение о нефти» (1932), который придерживался биогенного подхода. Он основательно меняет представления о нефтематеринских свитах, областях формирования и залегания гигантских месторождений. Его подход позволил значительно повысить эффективность геологоразведочных работ.

На конференциях нефтяников в конце 60-х гг. XX в. окончательно утверждается концепция биогенного генезиса нефти и газа. Согласно ее сторонникам, «были приведены важные доводы в пользу органической гипотезы, которая, получив фундаментальные доказательства, уже переросла в строгую научную теорию», на ее основе и шло освоение недр больших территорий России [Гаврилов 1978, 46].

Однако вопрос об истине не решается простым голосованием. Научно-технический прогресс несет кардинальные сдвиги в научных подходах и миропонимании. Обратим внимание на некоторые значимые достижения.

Одно из пионерских направлений – геофизика. На заре нефтяной промышленности поиск залежей нефти велся почти вслепую. В Америке даже появился термин «метод дикой кошки», когда бурили наугад. В конце 70-х в основном еще так и бурили наугад, но постепенно набирали силу технологические и концептуальные возможности геофизики. Благодаря сейсморазведке и цифровым технологиям моделирования и интерпретации удается сократить время бурения скважин и сделать более эффективными работы по разработке углеводородных залежей. Если еще совсем недавно считалось, что нефть залегает на глубине 1,5–4 км, а газ – 4–6 км, то сегодня бурят на глубины 8 и более километров, и это не считается пределом.

Итоги научных исследований генезиса нефти, газа и их производных (нафтидогенез) рубежа XX–XXI вв., а также их ближайшие перспективы обсуждаются в работе академика А.Э. Конторовича [Конторович 1998].

### **Конкуренция парадигм по Томасу Куну**

Высокие технологии вывели экспериментальные исследования на новый качественный уровень. Казалось бы, «окончательно» опровергнутый абиогенный подход, получает новые и новые доказательства. Начинается новый этап в научных дискуссиях, сценарий которого вполне вписывается в концепцию парадигм Т. Куна – научных достижений, признанных сообществом ученых на определенном историческом этапе и направляющих исследования в определенных концептуальных и фактологических рамках [Кун 1977].

По сложившейся традиции биогенная парадигма утверждает, что углеводороды на нашей планете – нефть, природный газ, горючие сланцы, битумы, маальты, асфальты и др. – возникли из останков живых организмов или растений, которые в течение многих миллионов лет накапливались на дне древних морей и озер, погружались на глубину нескольких километров, и в результате превращений преобразовывались в органическое вещество – кероген. При дальнейшем погружении вглубь земной коры из керогена выделялись частицы рассеянной микронефти, которые в процессе первичной миграции поступали из нефтематеринских пород в пористые породы-коллекторы. В процессе вторичной миграции происходила концентрация углеводородов и формирование нефтегазовых залежей. Развитие идей плитной тектоники внесло существенные коррективы в концепцию биогенного происхождения углеводородов. В современной интерпретации этой концепции углеводороды образовались из органического вещества осадков океанического дна в зонах субдукций при погружении на глубину с температурой порядка 100–300°C. Образовавшаяся нефть мигрирует вверх через надвинутую континентальную плиту и аккумулируется в осадочных породах.

Получившая развитие в XXI в. концепция глубинного абиогенного генезиса углеводородов основана на представлениях о том, что их генерация происходит в мантийных очагах вследствие неорганического синтеза. Согласно этой концепции, образовавшиеся в глубине мантии Земли углеводороды по глубинным разломам мигрируют в земную кору и аккумулируются в месторождения углеводородов. Кроме мантийных очагов углеводороды могут образовываться в нижних слоях земной коры в результате процесса серпентинизации – образования углеводородов в системе оливин-вода-диоксид углерода. Нефтегазоносность рассматривается как одно из проявлений природного процесса дегазации Земли, создавшего на ранних этапах ее гидросферу, атмосферу и биосферу [Краюшкин и др. 2005].

Ряд фактов, на которых основана биогенная парадигма, получают объяснение при глубинном абиогенном подходе. Так, залегание нефти и природного газа в осадочных породах объясняется миграцией углеводородов из глубины. Углеводородные флюиды, пришедшие из глубины, где они синтезировались абиогенным путем, попали в ловушки – пористые породы (коллекторы), покрытые непроницаемыми породами (покрышками) и там остались. На пути миграции углеводородный флюид обогащался

молекулярными остатками — продуктами жизнедеятельности бактерий, живущих на различных глубинах. Именно так можно объяснить наличие в нефтях углеводородов, сохранивших характерные черты исходных биоорганических соединений — так называемых биомаркеров.

Абиогенная парадигма кардинально меняет наши представления об объеме и распределении запасов углеводородов на нашей планете, предлагает новые подходы к поиску и разработке углеводородных залежей, говорит о неисчерпаемости и возобновляемости углеводородных ресурсов на Земле.

Важнейшей функцией парадигмы Кун считал решение «задач-головоломок», проблем, которые имеют гарантированное решение, и, кроме того, существуют правила, «которые ограничивают как природу приемлемых решений, так и те шаги, посредством которых достигаются эти решения» [Кун 1977, 63]. В период нормальной науки биогенная парадигма с успехом решала определенные задачи. В рамках биогенного подхода был разработан ряд критериев поиска залежей углеводородов. Выделены нефтегазонасыщенные бассейны — зоны земной коры с мощными слоями осадочных пород ограничивали территории для поиска скоплений углеводородов. Понятия «нефтяного и газового окон» указывали возможную глубину разведочного бурения. Предположения о трансформации органического вещества, послужившие основой понятия «масштабы генерации», определяли объем углеводородов в данной залежи. Все это позволило повысить эффективность поиска и разведки нефтегазовых залежей.

Согласно Куну, периоды спокойного развития («нормальной науки») сменяются кризисом, который может разрешиться революцией, заменяя господствующую парадигму. В науке о нефти можно наблюдать кризисное состояние. Биогенная парадигма возникла, основываясь на идеях одной научной школы — школы, объясняющей происхождение *всех без исключения* углеводородов на Земле из органической материи. Теоретически допускался абиогенный синтез, но он не имел практического значения для широкого фронта исследовательских работ. Появляются новые знания и информация, которые выглядят аномалиями в пределах принятой парадигмы. В таких условиях ученые — защитники доминирующей парадигмы пытаются улучшить, скорректировать принятую концепцию и интерпретировать новые явления, подстраивая их под нее.

Первая волна фактов прокатилась в 30–40-е гг. прошлого века, когда было открыто значительное количество сверхгигантских нефтяных и газовых залежей на Ближнем Востоке и в Южной Америке, для которых достаточный для их формирования органический источник — нефтематеринские породы не был идентифицирован даже к 70-м годам XX в. Примером может служить группа гигантских нефтяных месторождений — Боливар Костал (Bolivar Coastal) в Венесуэле. Их разработка ведется с 1922 г. и установлено, что нефтематеринские породы представлены известняком LaLuna. Геохимическая модель показывает, что нефтегенерирующий бассейн для такого огромного количества нефти при средней мощности нефтематеринских пород 1000 м должен иметь площадь около 570 км<sup>2</sup>. Но реальная средняя мощность известняка LaLuna составляет всего 91 м [Vockmeulen et al. 1983]. В этом случае площадь нефтегенерирующего бассейна должна составлять примерно 50% территории Венесуэлы. А каков тогда источник органического вещества для других сверхгигантских месторождений Венесуэлы, Колумбии и других стран Южной Америки? Биогенная парадигма затрудняется дать ответ на вопрос об источнике. В то же время абиогенная парадигма, утверждающая, что источником углеводородов в этих сверхгигантских месторождениях является мантийный углеводородный флюид, дает ответ на этот вопрос.

Вторая волна фактов стала набирать силу благодаря новому уровню технологий. В конце прошлого века началось систематическое экспериментальное изучение углеводородных систем при экстремальных термобарических условиях. Полученные достоверные и воспроизводимые экспериментальные данные подтвердили возможность синтеза сложных углеводородных систем из неорганических веществ в условиях, соответствующих мантийным [Kenney et al. 2002; Kutcherov et al. 2010; Kolesnikov et al. 2017].

В это же время начались исследования включений в алмазах. Мантийное происхождение алмазов не вызывает сомнений, поэтому все газожидкостные включения



внутри них также имеют мантийное происхождение. Результаты исследования включений выявили наличие в них насыщенных углеводородов до  $C_4$  включительно [Melton, Giardini 1974].

Биогенной парадигме пришлось признать возможность синтеза углеводородов в мантийных условиях. В основном, признавалась возможность синтеза метана и его ближайших гомологов — этана, пропана и бутана. Следуя исторически допускавшейся гипотезе «незначительной дегазации Земли», сторонники биогенного подхода считали, что количество этих углеводородов пренебрежительно мало. С методологической точки зрения гипотеза «незначительной дегазации Земли» относится к вопросам научной веры. Исторически не было возможностей ни подтвердить ее, ни опровергнуть. С позиций абиогенного подхода появляется возможность оценить углеводородный потенциал мантии Земли.

Третью волну фактов породило открытие новых месторождений. В 2006 г. был открыт целый ряд сверхгигантских месторождений тяжелых нефтей в нефтяном поясе Ориноко (восток Венесуэлы). Совокупные запасы только двух месторождений Карабобо-1 и Хунин-1 оценены экспертами в более чем 14 млрд тонн. Общие ресурсы тяжелой нефти пояса Ориноко оцениваются в 400–500 млрд тонн [Валяев 2002, 11]. Это больше, чем все подтвержденные запасы нефти и природного газа во всем мире.

В начале XXI в. произошло открытие целого ряда гигантских сверхглубоких залежей углеводородов на глубинах, превышающих 8 км. Так, например, в 2009 г. компания British Petroleum открыла гигантское нефтяное месторождение в акватории Мексиканского залива. Месторождение, получившее название Тайбер (Tiber), находится на глубине более 10600 м, под слоем воды в 1300 м. В основном сверхглубокие залежи, открытые в Мексиканском заливе, являются нефтяными или газонефтяными. Практически все разрабатываемые залежи залегают существенно ниже так называемого «нефтяного окна», граница которого не превышает глубины 7000 м. Существование залежей нефти на глубинах свыше 7000 м не может быть объяснено с точки зрения концепции биогенного образования углеводородов.

За последнее десятилетие появился целый ряд новых экспериментальных данных, убедительно доказывающих возможность абиогенного синтеза сложных углеводородных систем в глубинных условиях. В зависимости от исходных веществ — доноров углерода и водорода были получены «жирный» и «сухой» природный газ, сложные системы, содержащие углеводороды до  $C_{16}$ , включая альдегиды при условиях, соответствующих условиям верхней мантии [Kolesnikov et al. 2017]. Анализы проб, отобранных из сотен мест, где столетия и даже тысячелетия наблюдались газопроявления, подтвердили, что эти газы являются продуктом абиогенного процесса серпентинизации [Etiop, Lollar 2013].

Анализ микроэлементного состава образцов сырой нефти Западной Сибири и Татарстана выявил геохимическую черту, характерную для всех без исключения исследованных образцов нефтей — наличие выраженной положительной европиевой аномалии [Иванов и др. 2008]. При этом как в нефтематеринских породах, так и в породах коллектора положительной европиевой аномалии не обнаружено. Откуда в нефтях появилось избыточное количество европия? Известно, что положительная европиевая аномалия характерна для глубинных образований, то есть для геологических объектов, сформированных в нижних частях земной коры и глубже. Например, для базальтов и серпентинитов. Наличие европиевой аномалии в нефтях подтверждает их мантийное происхождение.

И, наконец, новые результаты исследования включений в изверженных из мантийных глубин минералов. Эти минералы (гранат и оливин) попадают на поверхность по кимберлитовым трубкам и являются прямыми источниками информации о составе мантии. В составе включений обнаружены различные углеводороды от метана  $CH_4$  до гексана  $C_6H_{14}$  [Томиленко и др. 2009].

Реакция на кризис — возникновение аномальных фактов, стимулировала качественно новое развитие концепции абиогенного глубинного происхождения углеводородов на Земле, которое в экстраординарных условиях научных коммуникаций

отстаивает свои позиции. Методологи указывают на множество причин непринятия новаций — логико-когнитивные, коммуникативные, психологические, социальные [Герасимова 2004; Баранец, Веревкин 2011]. После первых работ Куна произошли изменения в методологических концепциях. Указывается на гранулированность науки, сосуществование множества конкурирующих парадигм, обеспечивающих динамику научного познания. Революционная смена парадигмы понимается скорее как смена видения, гештальт-переключение. Гештальты отвечают критериям междисциплинарности, сосуществованию дополняющих друг друга парадигм. Именно возможность гештальт-переключения становится барьером для ортодоксальных представителей биогенной парадигмы. Узкий профессионализм, служебное положение, наличие школы и многие другие препятствуют «открытой рациональности» (В.С. Швырев).

### **Метапарадигмальные проблемы в науке о нефти**

Экстраординарную ситуацию конкуренции парадигм в науке о нефти рассмотрим с позиции метапарадигмы — методологической концепции академика В.С. Степина относительно эволюции научной рациональности. По отношению к научной деятельности, Степин выделяет три типа научной рациональности, становление каждого из которых означало научную революцию — классический, неклассический и постнеклассический. Простые системы составляют объекты исследования классической науки, их категориальное описание лежало в основе механической картины мира с XVII и отчасти до первой половины XIX в. Объектами неклассической рациональности становятся сложные саморегулирующиеся системы. В технике это — автоматические станки, заводы-автоматы, системы управления спутниками и пр. «В живой природе и обществе — это организмы, популяции, биоценозы, социальные объекты, рассмотренные как устойчиво воспроизводящиеся организованности» [Степин 2018, 245]. Постнеклассическая рациональность *осваивает* сложные саморазвивающиеся системы, в ходе развития которых происходит переход от одного вида саморегуляции к другому. Они характеризуются открытостью, обменом веществом, энергией, информацией с внешней средой. Согласно Степину, постнеклассическая рациональность не отменяет, а включает в себя все предшествующие типы.

Онтологические и методологические принципы синергетики Степин рассматривает как экземплификацию постнеклассической рациональности. «Ключевые понятия синергетики — “сложность” (complexity) и “самоорганизация” — фиксируют главные признаки сложных систем — их открытость, процессуальность, нередуцируемость системной целостности к свойствам элементов» [Степин 2018, 253–254.]. В истории химии примером применения методологии синергетики служат модели циклических реакций (автокатализ). Синергетическую парадигму развивал А.П. Руденко в своей концепции химической эволюции и биогенеза (химических факторов происхождения жизни), уделяя внимание и концепции абиогенного генезиса нефти [Руденко 1986].

В освоении постнеклассической рациональности огромную роль играют методологии междисциплинарных подходов. Как показывает практика, особую роль в становлении новых междисциплинарных концепций и парадигм играют «зоны обмена». Выбор той или иной парадигмы в науке о нефти в конечном счете будет зависеть от факторов самоорганизации научного сообщества, но сегодня именно в «зонах обмена» создается будущее науки.

В историческом докладе Дмитрия Ивановича Менделеева на заседании Химического общества, по существу, была разработана программа фундаментальных исследований в науке о нефти, которая включала вопросы геохимической эволюции, строения недр Земли, динамики геофизических и геологических процессов, космической химии, исследования космических пришельцев — «метеорных камней», дальнейших органических превращений нефти [Менделеев 1949]. В космический век наука интенсивно осваивает саморазвивающуюся систему «Земля — солнечная система — наблюдаемая Вселенная». Метан и другие углеводороды найдены в составе атмосферы Урана и Титана, спутника Сатурна. Сложные углеводородные системы обнаружены в космических пылевых туманностях, названных учеными «роддомами» звезд.

Успехи в исследовании космической жизни расширяют горизонты понимания земной жизни. Жизнь есть и в наблюдаемой Вселенной, но то, что эволюция земной жизни шла уникальным путем, доказано. Сравнительный анализ свойств и превращений химических элементов в метапарадигме наблюдаемой Вселенной как саморазвивающейся системы открывает возможности новых гештальт-переключений видений, в том числе и для вполне практических, земных исследований генезиса нефти, природного газа и их производных.

#### *Источники – Primary Sources in Russian and English*

- Вернадский 1994 – *Вернадский В.И.* Труды по геохимии. М.: Наука, 1994 [Vernadsky, Vladimir *Proceedings in Geochemistry* (In Russian)].
- Кун 1977 – *Кун Т.* Структура научных революций / Пер. с англ. И.З.Налетова. 2-е изд. М.: Прогресс, 1977 [Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions* (Russian Translation)].
- Ломоносов 1986 – *Ломоносов М.В.* Избранные произведения. В 2 т. Т. 1. М.: Наука, 1986 [Lomonosov, Mikhail V. *Selected Works* (In Russian)].
- Ломоносов 1952 – *Ломоносов М.В.* Полное собрание сочинений. В 10 т. Т. 7. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952 [Lomonosov, Mikhail V. *Complete Set of Works* (In Russian)].
- Менделеев 1949 – *Менделеев Д.И.* Гипотеза о происхождении нефти // *Менделеев Д.И.* Собрание сочинений. В 25 т. Т. 10. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 14–15 [Mendeleev, Dmitry I. *Oil Origin Hypothesis* (In Russian)].
- Менделеев 1952 – *Менделеев Д.И.* Письмо С.Ю. Витте // *Менделеев Д.И.* Собрание сочинений. В 25 т. Т. 25. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 663–666 [Mendeleev, Dmitry I. *Letter to S.Yu.Witte* (In Russian)].
- Менделеев 1954 – *Менделеев Д.И.* Мироззрение // *Менделеев Д.И.* Собрание сочинений. В 25 т. Т. 24. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 455–461 [Mendeleev, Dmitry I. *The Worldview* (In Russian)].
- Менделеев 1958 – *Менделеев Д.И.* Периодический закон. Основные статьи. М.: Изд-во АН СССР, 1952 [Mendeleev, Dmitry I. *Periodic Law. Main articles* (In Russian)].
- Степин 2018 – *Степин В.С.* Человек, деятельность, культура. СПб.: СПбГУП, 2018 [Stepin, Vyacheslav S. *Man, Activity, Culture* (In Russian)].

#### *Ссылки –References in Russian*

- Баранец, Веревкин 2011 – *Баранец Н.Г., Веревкин А.Б.* Методологическое сознание российских ученых. Ч.1. XIX–начало XX века. Ульяновск: Издатель Качалин А.В., 2011.
- Бессель и др. 2017 – *Бессель В.В., Кучеров В.Г., Лопатин А.С., Мартынов В.Г.* Смена парадигмы на мировом энергетическом рынке // *Газовая промышленность*. 2017. № 4 (751). С. 28–33.
- Валяев 2012 – *Валяев Б.М.* Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений // *Газовая промышленность*. Спецвыпуск «Нетрадиционные ресурсы нефти и газа». 2012. С. 9–16.
- Гаврилов 1978 – *Гаврилов В.П.* «Черное золото» планеты. М.: Недра, 1978.
- Герасимова 2004 – *Герасимова И.А.* Творческие стили научных дискуссий // *Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания*. М.: Прогресс-Традиция, 2004. С. 473–489.
- Иванов и др., 2008 – *Иванов К.С., Кучеров В.Г., Федоров Ю.Н.* К вопросу о глубинном происхождении нефти // *Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири*. Тюмень: Западно-Сибирский НИИ геологии и геофизики, 2008. С. 160–173.
- Конторович 1998 – *Конторович А.Э.* Осадочно-миграционная теория нафтидогенеза: состояние на рубеже XX и XXI вв., пути дальнейшего развития // *Геология нефти и газа*. 1998. №10. С. 8–16.
- Краюшкин и др. 2005 – *Краюшкин В.А., Кучеров В.Г., Ключко В.П., Гожик П.Ф.* Неорганическое происхождение нефти: от геологической к физической теории // *Геологичний журнал*. 2005. № 2. С. 35–43.
- Кучеров и др. 2010 – *Кучеров В.Г., Колесников А.Ю., Дюжева Т.И., Кулагина Л.Н., Николаев Н.А., Бражкин В.В.* Синтез сложных углеводородных систем при термобарических условиях, сходных с мантийными // *Доклады Российской Академии Наук*. 2010. Т. 433. С. 361–364.
- Руденко, Кулакова 1986 – *Руденко А.П., Кулакова И.И.* Физико-химическая модель abiогенного синтеза углеводородов в природной среде // *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. 1986. Т. 31. Вып. 5.
- Томиленко и др. 2009 – *Томиленко А.А., Ковязин С.В., Похиленко Л.Н., Соболев Н.В.* Первичные углеводородные включения в гранате алмазоносного эклогита из кимберлитовой трубки Удачная, Якутия // *Доклады Академии наук*, 2009. Т. 426. С. 533–536.

## References

- Baranets, Natalya G., Verevkin, Andrey B. (2011) *Methodological Consciousness of Russian Scientists*. Part 1. Kachalin Alexander V. (Publ.), Ulyanovsk (In Russian).
- Bessel, Valery V., Kutcherov, Vladimir G., Lopatin, Alexey S., Martinov, Viktor G. (2017) 'A Paradigm Shift in the Global Energy Market', *Gazovaya Promyshlennost*, Vol. 4 (751), pp. 28–33 (In Russian).
- Bockmeulen, Harry, Barker, Colin, and Dickey, Parke A. (1983) 'Geology and Geochemistry of Crude Oil, Bolivar Coastal Fields, Venezuela', *American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin*, 67, 242–270.
- Etioppe, Giuseppe, Sherwood Lollar, Barbara (2013) 'Abiotic methane on Earth', *Reviews of Geophysics*, 51, 276–299, doi:10.1002/rog.20011.
- Gavrilov, Viktor P. (1978) *The "Black Gold" of the Planet*, Nedra, Moscow (In Russian).
- Gerasimova, Irina A. (2004) 'Creative Styles of Scientific Discussions', Kiyashchenko, Larisa P. (Ed.) *Synergetic paradigm*, Progress-Tradition, Moscow, (In Russian).
- Ivanov, Konstantin S., Kutcherov, Vladimir G., Fedorov, Yury N. (2008) 'To the Question of the Deep Origin of Petroleum', *The State, Trends and Problems of the Development of Oil and Gas Potential of Western Siberia*, Western-Siberian Research Institute of Geology and Geophysics, Tumen, pp. 160–173 (In Russian).
- Kenney, Jack F., Kutcherov, Vladimir G., Bendeliani, Nikolay A., Alekseev, Vladimir A. (2002) 'The Evolution of Multicomponent Systems at High Pressures: VI. The Thermodynamic Stability of the Hydrogen-carbon System: the Genesis of Hydrocarbons and the Origin of Petroleum', *Proceedings of National Academy of Sciences (PNAS)*, 99(17), pp. 10976–10981.
- Kolesnikov, Anton Yu., Saul, John M., Kutcherov, Vladimir G. (2017) 'Chemistry of Hydrocarbons under Extreme Thermobaric Conditions', *ChemistrySelect*, 2(4), pp. 1336–1352.
- Kontorovich, Alexey E. (1998) 'Sedimentary-migration Theory of Naftidogenesis: State-of-art at the Turn of the 20th and 21st Centuries, Ways of Further Development', *Geologiya nefii i gaza*, Vol. 10 (1998), pp. 8–16 (In Russian).
- Krayushkin, Vladilen A., Kutcherov, Vladimir G., Klochko, Viktor P., Gozhik, Pyotr F. (2005) 'Non-organic Genesis of Petroleum: from Geological Hypothesis to Physical Theory', *Geological Journal*, Vol. 2 (2005), pp. 35–43 (In Russian).
- Kutcherov, Vladimir G., Kolesnikov, Anton Yu., Dyuzheva Tatyana I., Kulagina, Larisa N., Nikolaev, Nikolay A., Braghkin Vadim V. (2010) 'Synthesis of Complex Hydrocarbon Systems under Thermobaric Conditions Similar to those in Mantle', *Reports of the Russian Academy of Sciences*, 433(3), pp. 361–364 (In Russian).
- Melton, Charles E., Giardini A.A. (1974) 'The Composition and Significance of Gas Released from Natural Diamonds from Africa and Brazil', *American Mineralogist*, 59(7–8), pp. 775–782.
- Rudenko, Alexander P., Kulakova, Inna I. (1986) 'Physicochemical Model of Abiogenic Synthesis of Hydrocarbons in the Natural Environment', *Journal of the Mendeleev All-Union Chemical Society*, Vol. 31 (1986), Issue 6 (In Russian).
- Valyaev, Boris M. (2012) 'The Nature and Features of the Spatial Distribution of Unconventional Hydrocarbon Resources and Their Accumulations' *Gazovaya Promyshlennost*, Special Issue: Non-traditional Resources of Oil and Gas, pp. 9–16 (In Russian).
- Tomilenko, Anatoly A., Kovyazin Sergey V., Pohilenko, Liudmila N., Sobolev, Nikolay V. (2009) Primary Hydrocarbon Inclusions in Garnet of Diamondiferous Eclogite from the Kimberlite Pipe *Udachnaya*, Yakutia', *Proceedings of Russian Academy of Science*, Vol. 426, pp. 533–536 (In Russian).

## Сведения об авторах

**КУЧЕРОВ Владимир Георгиевич** – доктор физико-математических наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина; доцент КТН Королевского технологического университета.

**ГЕРАСИМОВА Ирина Алексеевна** – доктор философских наук, главный научный сотрудник Института философии РАН; профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина.

## Author's information

**KUTCHEROV Vladimir G.** – DSc in Physical and Mathematical Sciences, professor, Gubkin University; docent, KTH Royal Institute of Technology.

**GERASINOVA Irina A.** – DSc in Philosophy, Chief Researcher, Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences; professor, Gubkin University.