

ТЕОРИЯ НАФТИДОГЕНЕЗА. ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ

УДК 552.578.061.3+553.98.04

ВКЛАД А.Э. КОНТОРОВИЧА В ТЕОРИЮ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

С.Г. Неручев

*Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геолого-разведочный институт,
191114, Санкт-Петербург, Литейный просп., 39, Россия*

Рассмотрен выдающийся вклад академика РАН А.Э. Конторовича в создание и развитие современной теории нефтегазообразования и методы прогноза нефтегазоносности.

Теория нефтегазообразования, генерация, эмиграция нефти и газа, прогноз нефтегазоносности.

THE CONTRIBUTION OF A.E. KONTOROVICH TO THE THEORY OF PETROLEUM GENERATION

S.G. Neruchev

Aleksei Emil'evich Kontorovich, a titular member of the Russian Academy of Sciences, contributes very much to oil geology, in particular, to the foundation and development of the modern theory of petroleum generation and methodology of petroleum potential forecast.

Theory of petroleum generation, petroleum generation and migration, petroleum potential forecast

Проблема образования нефти и газа издавна привлекала внимание выдающихся ученых нашей страны. В принципе первые правильные догадки об образовании нефти в осадочных толщах земной коры высказывались еще М.В. Ломоносовым. В начале XX в. (20—30-е годы) свой вклад в разработку теории нефтеобразования внесли академики В.И. Вернадский, А.Д. Архангельский и И.М. Губкин. Однако финансируемые государством систематические исследования по разработке теории нефтегазообразования начались только с 1950 г.

На первом этапе развитие теории нефтегазообразования определялось работами таких выдающихся ученых Ленинграда и Москвы, как Н.Б. Вассоевич, М.Ф. Двали, Н.А. Еременко, С.П. Максимов, О.А. Радченко, К.Ф. Родионова, А.А. Трофимук, В.А. Успенский и др.

В конце 50-х годов, после образования Сибирского отделения Академии наук, был создан новый центр исследований по теории нефтеобразования под руководством А.А. Трофимука в Новосибирске, где в СНИИГТиМСе начал свою научную деятельность А.Э. Конторович, ставший впоследствии академиком и наиболее ярким представителем этой научной школы в области теории нефтегазообразования [Вассоевич, 1977].

Мои первые работы по проблеме нефтегазообразования были опубликованы в 1962—1973 гг. [Неручев, 1962, 1964, 1967; Неручев, Ковачева, 1965; Неручев, Парпарова, 1972; Неручев и др., 1973], А.Э. Конторовича — начиная с 1965 г. [Будников, Конторович, 1965; Трофимук, Конторович, 1965; Конторович и др., 1965; Конторович, Колганова, 1966].

С тех пор мы многие годы работали по проблеме нефтегазообразования, хотя и независимо, и в разных научных центрах, но часто встречались, обменивались информацией и стали единомышленниками и друзьями.

Работая над проблемой нефтегазообразования параллельно, мы не раз независимо и почти одновременно приходили к сходным или даже одинаковым выводам и положениям, что, разумеется, придавало большую уверенность в их объективности и обоснованности. Иногда в решении какой-либо задачи один из нас несколько опережал другого и тогда, после проверки нового положения на собственном материале, я признавал приоритет А.Э. Конторовича в решении данного вопроса, так же как и он мой приоритет, если я его опережал. Конечно, по некоторым пока недостаточно изученным вопросам возникали и противоречия, которые могут быть устранены только в будущем нами или нашими последователями.

В работах А.Э. Конторовича проанализирован и освещен весьма широкий круг вопросов, имеющих непосредственное отношение к созданию общей теории нефтегазообразования [Конторович, 1984, 1991, 1998; Конторович и др., 1996; и др.]

Следует отметить, что им детально и глубоко изучены все основные этапы истории органического вещества в осадках и осадочных породах:

– закономерности накопления органического вещества в осадках нефтегазоносных бассейнов и их влияние на формирование и качество возможных нефтегазоматеринских отложений [Конторович, 1967, 1976; Конторович, Полякова, 1973; Конторович и др., 1967а, 1971а—в; и др.];

– превращения органического вещества (ОВ) на стадии диагенеза и их влияние на нефтегазоматеринский потенциал органического вещества [Конторович, Колганова, 1966; Конторович и др., 1967а, 1974а,б, 1975; Конторович, 1976; и др.];

– превращения ОВ на стадии катагенеза, определяющие реализацию им нефтегазоматеринского потенциала и продуктивность бассейнов [Конторович и др., 1967а,б, 1974б, 1975; Конторович, Рогозина, 1967; Конторович, Неручев, 1971; Конторович, Данилова, 1973; Конторович, Трофимук, 1976; Конторович, 1977а; Конторович и др., 1988в; и др.].

Эти исследования, а также специальные работы по изучению механизмов и форм миграции углеводородов рассеянных в материнских породах битумоидов и их эмиграции из материнских пород в коллекторы [Вышемирский и др., 1971; Трофимук и др., 1974; Конторович, 1980; и др.] позволили подойти к решению проблемы диагностики нефтепроизводящих пород, в которых реализовался процесс нефтегазообразования [Трофимук, Конторович, 1965; Конторович и др., 1967а; Конторович, 1968; Конторович, Меленевский, 1988].

Детальное и глубокое изучение процессов катагенетических превращений ОВ послужило основой для создания представлений о глубинной зональности и стадийности нефте- и газообразования и развития объемно-генетического метода оценки потенциальных ресурсов нефти и газа [Трофимук, Конторович, 1965; Конторович и др., 1967а; Конторович, Рогозина, 1967; Конторович, 1976, 1977б; и др.].

Помимо этого следует упомянуть значимость специальных исследований А.Э. Конторовича по геохимии керогена (совместно с Л.И. Богородской и А.И. Ларичевым) [2005]. Он совместно со своими учениками В.Е. Андрусевичем, В.П. Даниловой, В.А. Каширцевым, Е.А. Костыревой, И.Д. Тимошиной и др. выполнили пионерные исследования биомаркеров в органическом веществе пород и нефтях Сибири, позволившие не только утверждать об органическом генезисе нефти, но и определять конкретные нефтепроизводящие отложения, послужившие источником для образования тех или иных залежей нефти [Конторович и др., 1991, 1994, 1995, 2000; Каширцев и др., 1999; Конторович, 2004а,б; Каширцев, Конторович, 2006а,б; и др.].

Весьма интересны также его работы по геохимии изотопов углерода в рассеянном органическом веществе и нефтях [Конторович и др., 1985а,б, 1986а; Конторович, Старковская, 1986], по изучению геохимии и выделению типов нефтей [Конторович, Стасова, 1978], по истории формирования залежей нефти и их рассеянию [Конторович, Трофимук, 1973; Конторович, 1977а]; огромный вклад А.Э. Конторович внес в учение о нефтегазоносных бассейнах как открытых самоорганизующихся системах [Конторович и др., 1988а; Конторович, 1991, 1998, 2004а,б; Конторович, Лившиц, 2000, 2002], в усовершенствование методов оценки перспектив их нефтегазоносности [Конторович и др., 1979, 1986б, 1988а; и др.], в изучение эволюции и цикличности нефтегазообразования в истории Земли [Вышемирский, Конторович, 1997, 1998; Конторович и др., 1998; и др.].

Основой для изучения закономерностей накопления ОВ в осадках стала серия созданных детальных карт распределения $C_{орг}$ по всем основным стратиграфическим уровням Западной и Восточной Сибири [Конторович и др., 1967б, 1971в, 1972, 1975, 1981, 1986а; и др.], редактором и соавтором которых был А.Э. Конторович. Прошло уже много лет, но ничего лучшего никто не создал.

В общетеоретическом плане наиболее интересна выявленная А.Э. Конторовичем закономерность зависимости интенсивности накопления ОВ от скорости седиментации осадков [Конторович, Полякова, 1973]. Оказалось, что максимальное количество ОВ в осадках накапливается при некоторой оптимальной скорости накопления осадков (в изученных объектах J_3v и K_1v), около 120 т/км² в год, а при низкой или более высокой скорости — значительно меньшее количество ОВ. Причиной этого, вероятно, является интенсивное окисление ОВ в осадках при низкой скорости седиментации, а при высокой — эффект разбавления ОВ минеральной частью осадка. Эта установленная им закономерность подтверждена в наших работах по Прикаспию и Русской платформе и Л.А. Назаркина по ряду современных бассейнов седиментации.

Основы методики изучения превращений ОВ на стадии диагенеза, как известно, созданы академиком Н.М. Страховым и Э.С. Залманзон. Они предложили методику оценки потерь ОВ на редукцию форм железа и серы на анаэробном этапе диагенеза. Однако как влияют эти процессы на состав органического вещества, оставалось неизвестным.

Изучая процессы превращения ОВ на стадии анаэробного диагенеза, и я и А.Э. Конторович практически одновременно предложили новую характеристику — показатель диагенетического окисления ОВ — отношение диагенетического расхода $C_{\text{орг}}$ к его исходному количеству [Конторович и др., 1974а]. Логически мы рассуждали одинаково. Естественно, что и формулы для его определения оказались идентичными. Так независимо и на различном фактическом материале нами была изучена зависимость изменения состава органического вещества на стадии анаэробного диагенеза от диагенетических потерь ОВ.

Наши выводы оказались в основном сходными. Чем выше показатель диагенетической превращенности ОВ, тем ниже становится его нефтематеринский потенциал — в керогене падает содержание водорода, уменьшается величина отношения Н/С. Существенные изменения происходят и в составе битумоида, и содержащихся в нем углеводов. Естественно, что эти изменения ОВ, происходящие на стадии диагенеза, необходимо учитывать и при изучении превращений ОВ и генерации нефти и газа на стадии катагенеза. На основании результатов этих исследований А.Э. Конторович сделал правильный вывод о том, что следует пересмотреть существующую классификацию ОВ и учитывать в ней не только особенности исходного ОВ, но и характер его диагенетических изменений, а также состав вод бассейна седиментации [Конторович, 1976]. Поскольку диагенетическая превращенность ОВ влияет и на состав битумоидов, в диагностических классификациях битумоидов необходимо также учитывать и диагенетическую историю ОВ. Помимо этого им рекомендована необходимость специального изучения катагенетических превращений ОВ низких концентраций, которое испытало существенное окисление в диагенезе. И действительно, впоследствии мною было установлено, что оксисорбосапропелевое ОВ низких концентраций генерирует значительно меньше нефтяных углеводов и углеводородного газа, чем менее окисленное ОВ повышенных концентраций. Однако после публикации наших работ это направление, к сожалению, приостановлено.

Наличие углеводов в современных осадках и древних осадочных породах на начальных стадиях погружения показало, что они зарождаются в живом веществе и образуются на стадии диагенеза. Но эти углеводороды еще существенно отличаются от углеводов нефти. В них отсутствуют углеводороды C_2 — C_5 и углеводороды бензиновых и керосиновых фракций нефти; существенно отличаются эти углеводороды от нефтяных и по своему составу, и молекулярной структуре.

Стало ясно, что образование нефти происходит не на стадии диагенеза, а значительно позже, при погружении осадков на глубину не менее 1.2—1.5 км — в зону повышенных температур и давлений, т. е. в зону катагенетических преобразований ОВ. Первым это предположил Н.Б. Вассоевич [1958], хотя прямых доказательств генерации нефти в зоне катагенеза еще не было.

Вскоре проявление процессов генерации, приводящих к возрастанию количества битумоидов и углеводов в рассеянном ОВ при росте погружения и температуры в недрах, было установлено М. Луи, Е.С. Ларской, И.И. Нестеровым и другими, среди которых был и А.Э. Конторович [Гурари и др., 1964; Конторович и др., 1965; Конторович, 1967]. В эти же годы мною показано, что в процессе катагенеза происходит не только генерация нефти, но и осуществляется первичная миграция нефтяных углеводов из материнских пород [Неручев, 1964; Неручев, Ковачева, 1965].

Однако только Н.Б. Вассоевичу [1967] и, независимо от него, А.Э. Конторовичу [1967] удалось показать, что процесс генерации нефтяных углеводов происходит на стадии катагенеза неравномерно — сначала медленно, а затем (на глубинах 2—3 км) — весьма бурно, быстро приводя при термодеструкции полимерлипидных компонентов ОВ к увеличению количества нефтяных углеводов. Н.Б. Вассоевич назвал этот этап главной фазой нефтеобразования, а А.Э. Конторович — главной зоной нефтегазообразования (позднее он стал пользоваться термином «главная зона нефтеобразования»). И тот и другой правы — в ходе процесса катагенетического преобразования ОВ и генерации нефти во времени — это главная фаза нефтеобразования, а в осадочной толще нефтегазоносного бассейна ей соответствует на грациях катагенеза $МК_1$ — $МК_2$ главная зона нефтеобразования, газа в ней генерируется незначительное количество. В научной литературе стали использовать оба эти понятия, в том числе и Н.Б. Вассоевич.

Я был в курсе исследований своего учителя и друга Н.Б. Вассоевича по обоснованию им главной фазы нефтеобразования, но присоединился к его точке зрения не сразу, поскольку еще не знал, насколько возрастание концентрации битумоида и нефтяных углеводов в процессе катагенеза обусловлено генерацией нефти, а насколько — потерей массы органического вещества на генерацию других летучих продуктов. Ведь при увеличении содержания битумоида и нефтяных углеводов в ОВ даже в 2 раза, если исходная масса ОВ уменьшилась вдвое за счет образования газообразных летучих продуктов, на самом деле возрастание концентрации битумоида в ОВ могло оказаться только относительным, кажущимся, при нулевой генерации нефти на этом этапе.

Однако, разобравшись в этом вопросе, я не только признал положение о главной фазе нефтеобразования, но активно участвовал в ее изучении.

Исследования процессов катагенетического превращения органического вещества выполнялись мною и моими сотрудниками параллельно с А.Э. Конторовичем и его научной школы. Во многом полученные результаты были сходными, в чем-то отличались и взаимно дополняли друг друга.

Я принял положение А.Э. Конторовича и Н.Б. Вассоевича о неравномерности процесса катагенеза и нефтеобразования с проявлением главной фазы, а А.Э. Конторович (после проверки на собственном материале) — установленное мною положение, согласно которому после максимального насыщения ОВ генерирующимся битумоидом и нефтяными углеводородами происходит значительное уменьшение их концентрации в ОВ, обусловленное прекращением генерации нефти и возрастанием эмиграции нефтяных углеводородов из материнских пород [Вышемирский и др., 1971].

В 1971 г. по предложению А.Э. Конторовича опубликована работа с моим участием по катагенезу рассеянного органического вещества и нефтегазообразованию. В ней рассматривался широкий круг вопросов: катагенные изменения керогенной части ОВ, катагенные преобразования его битумоидных компонентов, включая высокомолекулярные углеводороды, углеводороды бензиновых и керосиновых фракций, а также динамику развивающихся процессов первичной миграции углеводородов [Конторович, Неручев, 1971].

Ничего принципиально нового в последующие годы в изучении этих вопросов не появилось, и эта работа по-прежнему сохраняет свое значение и сейчас.

Исследования А.Э. Конторовича и руководимых им сотрудников по изучению катагенеза продолжались. В результате А.Н. Фоминым при участии А.Э. Конторовича, В.О. Красавчикова и других исследователей в 2001 г. была создана карта катагенеза органического вещества в базальных горизонтах нижней—средней юры Западно-Сибирского мегабассейна в масштабе 1:2 500 000 [Фомин и др., 2001]. По своей детальности и обоснованности она не имеет себе равных. Полагаю, что ни по одному осадочному нефтегазовому бассейну мира нет более хороших карт катагенеза, чем созданная коллективом А.Э. Конторовича.

Принципиальную важность в теории нефтеобразования имеет проблема диагностики нефтепроизводящих отложений, служивших реальным источником нефти в осадочных бассейнах. Однако долгое время она не находила достаточно обоснованного решения. Мною в 1962 г. показано, что нефтепроизводящими можно считать только те отложения, в которых имеются явные признаки совершившегося нефтеобразования — повсеместное региональное распространение вещественных следов миграции образовавшейся нефти в виде аллохтонных миграционных битумоидов, не отличимых по составу от нефти, а также появление остаточных разностей сингенетичных битумоидов, в составе которых в результате эмиграции заметно уменьшилась концентрация нефтяных углеводородов, а в элементном составе произошло остаточное накопление гетерогенных элементов (O + N + S) [Неручев, 1962]. Однако в каких геологических условиях они появляются, было еще неясно. Затем мною установлено, что они появляются в зоне нефтеобразования все более часто и интенсивно с ростом глубины погружения нефтематеринских пород [Неручев, 1964]. Предложена на балансовой основе и формула, дающая возможность количественно оценить нефтеотдачу (эмиграцию нефти) из материнских пород. У ряда ученых, конечно, были еще и сомнения. Например, А.А. Трофимук и А.Э. Конторович [1965] утверждали, что распространение миграционных битумоидов в какой-либо предположительно нефтематеринской толще ничего не говорит об их источнике, они могут поступать из подстилающих или из перекрывающих отложений. Теоретически это возможно. Хотя, вероятно, трудно себе представить, что региональное распространение следов миграции нефти и нефтепроявлений в баженовской свите Западной Сибири является не результатом реализовавшегося в ней нефтеобразования, а результатом поступления из подстилающих или перекрывающих ее отложений.

Окончательное объективное решение проблемы диагностики нефтепроизводящих отложений произошло в 1965 г. в результате проведения исследований мною, А.Э. Конторовичем и А.А. Трофимуком. В краткой статье в докладах АН СССР, представленной А.А. Трофимуком [Неручев, Ковачева, 1965], на фактическом материале по Волго-Уральской нефтеносной области мною при участии И.С. Ковачевой показано, что об эмиграции нефтяных углеводородов из глинистых пластов материнских пород в прилегающие коллекторы свидетельствует увеличение в составе битумоидов рассеянного ОВ концентрации гетероэлементов по направлению от центральной части пластов глинистых материнских пород к коллектору, в который происходила разгрузка эмигрировавших нефтяных углеводородов. В том же году со ссылкой на мою работу, используя материалы по Западной Сибири, к аналогичному выводу пришли А.Э. Конторович и А.А. Трофимук [1965; Конторович и др., 1967а]. А.Э. Конторович обосновал это явление хроматографической моделью эмиграции. Особенностью хроматографического процесса в данном случае, по его мнению, является то, что сам глинистый пласт материнских пород служит источником подвижной фазы. В силу этого через приближенную к коллектору часть глинистого пласта пройдет больше подвижной фазы, чем через центральную. Как следствие, хроматографическое разделение компонентов битумоида и условия эмиграции углеводородов улучшаются от центральной части пачки глинистых материнских пород по направлению к коллектору, в который эмигрировали нефтяные углеводороды.

Эти работы, естественно, привлекли внимание специалистов. И в ближайшие годы появились публикации ряда отечественных и западных ученых, подтверждающих проявление этой закономерности в разных нефтегазоносных бассейнах мира. А.Э. Конторовичем предложены формулы, позволяющие оценивать количество нефтяных углеводородов, эмигрировавших из глинистых нефтематеринских пород [Конторович и др., 1967а].

Так, окончательно установлено, что нефтепроизводящими являются отложения, из которых по имеющимся геохимическим данным происходила масштабная эмиграция нефти из глинистых материнских пород в коллекторы.

Одним из важнейших направлений исследований А.Э. Конторовича было изучение стадийности, глубинной зональности и количественной стороны процесса нефтегазообразования, наиболее полно отраженное в его работе [Конторович и др., 1967а]. В ней с привлечением обширных собственных геохимических данных по Западной и Восточной Сибири и материалов других исследователей подробно рассмотрены закономерности превращения основной нерастворимой части ОВ, изменения концентрации битумоида в ОВ, группового и элементного состава битумоидов, состава и структуры высокомолекулярных нефтяных углеводородов, низкокипящих нефтяных углеводородов (до 125 °С), гомологов метана и метана.

Все это подтвердило проявление масштабного нефтеобразования в зоне главной фазы нефтеобразования. Однако судить по этим данным о количественной стороне образования нефти и газа, эмигрировавших из материнских пород, невозможно. Необходимо было создать теоретическую балансовую модель генерации жидких и газообразных углеводородов и других летучих продуктов катагенетического превращения ОВ. Считая известными количества битумоидов в ОВ на исходной и конечной стадиях, а также и их элементный состав, А.Э. Конторович и Е.А. Рогозина [1967] составили систему из 10 балансовых уравнений с 11 неизвестными, как это делал В.А. Успенский [Успенский и др., 1958], решение которой дает количества образовавшихся веществ — воды, углеводородного газа, углекислого газа, сероводорода и аммиака. Они дополнили их рядом неравенств.

На самом деле количество неизвестных в этой системе уравнений значительно больше, включая концентрации битумоида в ОВ β_1 и β_2 , а также содержание в них С, Н, N, S, О на начальной и конечной стадиях до осуществления процессов эмиграции. Поэтому решение этой системы уравнений, не предусматривающей количественную оценку генерации нефти, которая принимается известной, навряд ли дает достаточно объективную оценку и генерации нефти и других летучих продуктов.

Отсюда, вероятно, последовал вызывающий сомнение вывод о том, что гумусовое ОВ генерирует меньше углеводородного газа, чем сапропелевое, а также вызывающая до сих пор дискуссии принятая А.Э. Конторовичем схема глубинной зональности и интенсивности генерации нефти и особенно углеводородного газа с выделением протораннемезокатагенной (верхней) и позднемезоапокатагенной (глубинной) зон интенсивного газообразования. Вызывает недоумение и размерность используемого показателя интенсивности генерации битумоидов и углеводородных газов (кг/т ОВ). В таких единицах можно определять нефтяной и газовый потенциалы ОВ, но не интенсивность, т. е. скорость нефте- и газообразования с ростом глубины погружения, температуры или степени катагенеза ОВ.

Критикуя своего друга и соратника А.Э. Конторовича по этому вопросу, я, конечно, понимаю, что и мои количественные модели генерации нефти и газа не идеальны. Видимо, еще не пришло время, когда и по этому вопросу мы все придем к единственному правильному и объективно обоснованному решению, чего уже достигли по многим вопросам проблемы нефтегазообразования. Надеюсь, что этого достигнем в будущем, если не мы, то наши последователи.

Весьма интересны работы А.Э. Конторовича по изотопному составу углерода рассеянного ОВ и битумоидов [Конторович и др., 1985а,б, 1986а]. Высшая наземная растительность содержит больше изотопа ^{12}C , чем морская. На этом основании считалось, что нефти, образовавшиеся в морских отложениях с аквагенным ОВ, изотопно тяжелее, чем нефти, сформировавшиеся в континентальных осадках с терригенным ОВ. Однако тщательный анализ показал обратную картину — дебитуминизированное ОВ и битумоид тюменской свиты с терригенным ОВ более обогащены изотопом ^{13}C , чем аквагенное ОВ баженновской свиты. Установил А.Э. Конторович и причину этого явления — на стадии анаэробного диагенеза обогащение ОВ изотопом ^{13}C происходит с ростом окислительных потерь органического вещества. Он справедливо подчеркивает, что продолжение этих исследований обогатит учение о биосфере, о геохимическом цикле углерода в осадочном процессе и будет полезно в дальнейшем развитии теории нефтегазообразования.

Большой интерес представляет серия работ А.Э. Конторовича с соавторами об истории и цикличности накопления ОВ и нефтегазообразования в архее и протерозое. Опираясь на имеющиеся данные, А.Э. Конторович показывает, что в архее периодически накапливались обогащенные планктоногенным ОВ углеродистые породы, биопродуктивность архейской биосферы была весьма высокой. В отложениях раннего протерозоя накопление обогащенных ОВ осадков стало еще более обширным, чем в архее. Та-

ким образом, в архее и протерозое периодически происходило интенсивное накопление планктоногенного ОБ и осуществлялась масштабная генерация нефти и газа, хотя образовавшиеся древние залежи нефти и газа были впоследствии полностью разрушены.

Заслуживает внимания и обобщение данных о возможных нефтегазопроизводящих отложениях, залежах нефти и газа, нефте- и газопроявлениях и битумопроявлениях в отложениях позднего протерозоя—риффея в осадочных бассейнах мира, из чего следует вывод о перспективности этих отложений на всех континентах [Конторович и др., 1996].

Значительно более полно и глубоко изучена история нефтеобразования и нефтенакпления на этапе от риффея до плиоцена. Основой для исследования масштабов нефтенакпления и интенсивности нефтеобразования в течение геологического времени послужила информация о начальных разведанных запасах нефти по стратиграфическим подразделениям и что важно — с учетом межрезервуарной миграции нефти. А.Э. Конторовичем и В.С. Вышемирским установлена четко проявляющаяся цикличность нефтенакпления с проявлением палеозойского ($D_3—C_1$), верхнеюрско-мелового ($J_3—K$) и кайнозойского ($P_3—N_1$) максимумов [Вышемирский, Конторович, 1997; Конторович, Вышемирский, 1997; Конторович и др., 2007].

Интенсивность нефтеобразования имеет тенденцию возрастания во времени. Думаю, что это во многом стало следствием более интенсивного разрушения древних залежей. Если бы учесть массы битумов и пересчитать их на нефть, а также учесть и другие потери, то вендско-кембрийский и палеозойский максимумы оказались бы значительно более существенными.

А.Э. Конторович с соавторами правильно связывали цикличность нефтеобразования и нефтенакпления с геодинамической эволюцией Земли [Вышемирский, Конторович, 1997; Конторович, Вышемирский, 1997; Конторович и др., 2007]. Однако есть и гораздо более прямые свидетельства проявления этих максимумов. Верхнеюрско-меловому максимуму ($J_3—K$) по времени соответствует формирование исключительно богатой сапропелевым ОБ баженовской свиты и ее аналогов, установленных во многих районах мира на континентах и в океане. Палеозойскому максимуму ($D_3—C_1$) свойственно распространение доманиковой свиты, также насыщенной планктоногенным ОБ, аналоги которой известны во многих районах мира.

Вендско-кембрийскому максимуму также соответствует накопление во многих районах мира богатых сапропелевым ОБ, иногда металлоносных, сланцев. Все эти стратиграфические уровни характеризуются интенсивным накоплением сапропелевого ОБ, повышенными концентрациями урана, редкоземельных элементов вплоть до 1 г и существенными изменениями фауны и флоры.

Мнение А.Э. Конторовича о влиянии на эту периодичность циклов Уилсона и космических условий подтверждается тем, что между вендско-кембрийским ($V—Є$) и палеозойским ($D_3—C_1$) максимумами накопления прошло 216 млн лет ($576 - 360 = 216$), между палеозойским и позднеюрским — также 216 млн лет ($360 - 144 = 216$), что соответствует длительности галактического года — времени обращения Солнца с Землей и другими планетами вокруг центра галактики. Все эти максимумы накопления ОБ и нефтеобразования реализовались в одной и той же точке орбиты Солнца — в области апогалактия.

В общем, А.Э. Конторович, как всегда, взялся за изучение еще одной актуальной проблемы, и полученные им первые результаты весьма интересны. Я их, например, уже использовал в одной из своих работ, посвященных влиянию космоса на земные события и развитие биосферы.

Большое значение имеют работы А.Э. Конторовича по методике картирования нефте- и газопроизводящих отложений, количественной оценке эмиграции нефтяных и газовых углеводородов и подсчету потенциальных ресурсов нефти и газа объемно-генетическим методом [Конторович, 1976]. Он рекомендует картировать нефтепроизводящие отложения на основе сведений о палеоглубинах их погружения с учетом степени катагенеза ОБ, изучением закономерностей изменения состава и количества битумоидов по разрезам с дифференциацией типов органического вещества в пределах отдельных пластов глинистых материнских пород для установления следов эмиграции битумоидов.

На основе построенных карт производится оценка количества эмигрировавших из нефтепроизводящих пород нефтяных углеводородов. Количество эмигрировавших жидких углеводородов оценивается по предложенным А.Э. Конторовичем формулам в тоннах на квадратный километр площади. На основе этих данных впервые построены карты плотностей эмиграции нефти, используемые теперь всеми специалистами, проводящими исследования по оценке перспектив нефтеносности и оценке прогнозных запасов углеводородов. Аналогичным способом составляются карты плотностей эмиграции углеводородного газа.

По хорошо разведанным зонам, в которых с высокой степенью достоверности установлены потенциальные ресурсы нефти и газа и определены количества эмигрировавших углеводородов, рассчитываются величины коэффициентов аккумуляции нефти и газа, которые дают возможность оценивать потенциальные ресурсы нефти и газа по отдельным зонам, а потом и по всей изучаемой территории.

А.Э. Конторович рекомендует также изучать условия сохранности залежей нефти и газа, что весьма актуально особенно для древних бассейнов, в которых процессы нефтегазообразования и формирования месторождений завершили сотни миллионов лет назад.

В принципе предложенная А.Э. Конторовичем методика оценки потенциальных ресурсов нефти и газа общепринятая, хотя при решении этих задач появляются и новые подходы.

Безусловно, новаторской является работа А.Э. Конторовича по изучению нефтегазоносных бассейнов как саморазвивающихся систем с использованием аппарата термодинамики открытых систем [Конторович и др., 1988а; Конторович, 1991, 2004б]. Выполненный им анализ показывает, что нефтегазоносный бассейн имеет все основные черты саморазвивающихся систем, и поэтому математический аппарат, применяемый для их изучения, может успешно использоваться в дальнейшем развитии теории нефтегазообразования.

По мнению А.Э. Конторовича, важнейшими особенностями рассеянных битумоидов для развития теории нафтидогенеза являются:

- 1) асимметрия молекул и неравновесность их состава;
- 2) неравномерность формирования в составе битумоидов свойственных нефти компонентов и контролируемость его внешними по отношению к захороненному ОВ условиями — термодинамическим режимом недр, скоростью осадконакопления;
- 3) дисперсное, рассеянное состояние битумоидов («дисперсно рассеянная нефть» по И.М. Губкину, или «микронфть» по Н.Б. Вассоевичу).

В результате осуществления процессов миграции и аккумуляции углеводородов однородная структура микронфти нарушается лишь частично. Большая часть пришедших в движение при миграции углеводородов рассеивается, доля аккумулирующихся углеводородов невелика — всего несколько процентов.

Таким образом, главным по массе вовлекаемых веществ при этом является не процесс аккумуляции и формирования фазово-обособленных скоплений углеводородов, а их рассеивание. Я не раз об этом задумывался и вот, наконец, А.Э. Конторович четко сформулировал это положение.

Аккумуляция углеводородов в ловушках — это процесс, в котором на фоне огромной диссипации вещества и энергии только небольшая часть углеводородов накапливается в ловушках.

В одной из работ конца 80-х годов А.Э. Конторович с соавт. [1988а] предпринял попытку подвести итоги исследованиям по теории нефтегазообразования в XX веке и сформулировал наиболее актуальные направления, по которым необходимо развивать исследования в XXI веке. Среди них на первом месте разработка нелинейной теории нафтидогенеза, концепция эволюции нафтидогенеза в истории Земли, в том числе в результате проявления космических воздействий, циклов Уилсона и внутримантийных процессов.

Перечень наиболее перспективных направлений завершает положение о необходимости анализа нетрадиционных источников углеводородного сырья, включая гидратные газы, черные сланцы, тяжелые нефти и др.

Академик А.Э. Конторович смело смотрит в будущее. Не сомневаюсь, что мы еще увидим новые оригинальные его работы.

ЛИТЕРАТУРА

Богородская Л.И., Конторович А.Э., Ларичев А.И. Кероген. Методы изучения, геохимическая интерпретация. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005, 254 с.

Будников В.И., Конторович А.Э. Зависимость состава нефтей от степени постдиагенетического изменения пород и метаморфизма углей // Геология нефти и газа, 1965, № 8, с. 22—26.

Вассоевич Н.Б. Образование нефти в терригенных отложениях (на примере чокракско-караганских слоев Терского передового прогиба) // Вопросы образования нефти. Л., Гостоптехиздат, 1958, с. 9—220. (Труды ВНИГРИ; вып. 128).

Вассоевич Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти (исторический обзор и современное состояние) // Изв. АН СССР, сер. геол., 1967, № 11, с. 135—156.

Вассоевич Н.Б. Крупные достижения сибирских геохимиков-нефтяников // Геология и геофизика, 1977 (5), с. 150—154.

Вышемирский В.С., Конторович А.Э. Циклический характер нефтенакпления в истории Земли // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (5), с. 907—918.

Вышемирский В.С., Конторович А.Э. Эволюция образования углеводородных газов в истории Земли // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (10), с. 1392—1401.

Вышемирский В.С., Конторович А.Э., Трофимук А.А. Миграция рассеянных битумоидов. Новосибирск, Наука, 1971, 167 с. (Тр. ИГиГ СО АН СССР; вып. 143).

Гурари Ф.Г., Запивалов Н.П., Конторович А.Э., Нестеров И.И., Ставицкий Б.П. Закономерности изменения состава мезозойских нефтей Западно-Сибирской низменности // Геология нефти и газа, 1964, № 12, с. 23—27.

Каширцев В.А., Конторович А.Э. Алкилстераны и алкилтриароматические стероиды — новые биометки в докембрийских и кембрийских нефтях Непско-Ботуобинской и Алданской антеклиз (Сибирская платформа) // Геология и геофизика, 2006а, т. 47 (6), с. 812—819.

Каширцев В.А., Конторович А.Э. Природные битумы Оленекского поднятия (Сибирская платформа) // Природные битумы и тяжелые нефти: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. к 100-летию со дня рождения В.А. Успенского. СПб., 2006б, с. 145—156.

Каширцев В.А., Конторович А.Э., Филл Р.П., Чалая О.Н., Зуева И.Н., Меметова Н.П. Биомаркеры в нефтях восточных районов Сибирской платформы как индикаторы условий формирования нефтепроизводивших отложений // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1700—1710.

Конторович А.Э. Геохимия верхнеюрских отложений Западно-Сибирской плиты // Литология и полез. ископаемые, 1967, № 3, с. 90—102.

Конторович А.Э. Схема диагностики нефтепроизводящих отложений // Докл. АН СССР, 1968, т. 179, № 3, с. 675—677.

Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. М., Недра, 1976, 250 с. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 229).

Конторович А.Э. Динамика и интенсивность газообразования в угленосных толщах в зоне катагенеза // Генезис углеводородных газов и формирование месторождений. М., Наука, 1977а, с. 275—279.

Конторович А.Э. Исторический подход при количественной оценке перспектив нефтегазоносности // Основные проблемы геологии и геофизики Сибири. Новосибирск, Изд. СНИИГГиМС, 1977б, с. 46—57. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 250).

Конторович А.Э. Аквабитумоиды // Научное наследие академика И.М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. Новосибирск, Наука, 1980, с. 73—85.

Конторович А.Э. Образование нефти и газа в земной коре // Справочник по геологии нефти и газа. М., Недра, 1984, с. 451—469.

Конторович А.Э. Общая теория нафтидогенеза. Базисные концепции, пути построения // Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1991, с. 29—44.

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.

Конторович А.Э. Очерки теории нафтидогенеза: Избр. статьи. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004а, 545 с.

Конторович А.Э. Эволюция нафтидогенеза в истории Земли // Геология и геофизика, 2004б, т. 45 (7), с. 784—802.

Конторович А.Э., Колганова М.М. Некоторые черты геохимии ванадия и никеля в осадочных породах и нефтях // Геология нефтегазоносных районов Западно-Сибирской низменности. Новосибирск, 1966, с. 184—197. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 47).

Конторович А.Э., Рогозина Е.А. Масштабы образования углеводородных газов в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности // Геология и нефтегазоносность юго-востока Западно-Сибирской плиты. Новосибирск, 1967, с. 13—25. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 65).

Конторович А.Э., Неручев С.Г. Катагенез рассеянного органического вещества и нефтегазообразование // Проблемы нефтеносности Сибири. Новосибирск, Наука, 1971, с. 51—69.

Конторович А.Э., Данилова В.П. Нефтегазообразование в угленосных осадочных толщах (на примере мезозойских и палеозойских отложений юга Западной и Средней Сибири) // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сибирской платформы. Новосибирск, 1973, с. 73—82. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 167).

Конторович А.Э., Полякова И.Д. Абсолютные массы и темпы накопления органического вещества в мезозойских депрессиях на территории Сибири // Природа органического вещества современных и ископаемых осадков. М., Наука, 1973, с. 125—137.

Конторович А.Э., Трофимук А.А. К методике изучения истории залежей нефти и газа // Геология нефти и газа, 1973, № 7, с. 18—24.

Конторович А.Э., Трофимук А.А. Литогенез и нефтегазообразование // Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нафтидов и битуминозных пород. М., Наука, 1976, с. 19—36.

Конторович А.Э., Стасова О.Ф. Типы нефтей в осадочной оболочке Земли // Геология и геофизика, 1978 (8), с. 3—13.

Конторович А.Э., Старковская А.И. Геохимия изотопов серы в нефтях Западной Сибири // Геология и геофизика, 1986 (10), с. 25—37.

Конторович А.Э., Меленевский В.Н. Учение о главной фазе нефтеобразования и его место в осадочно-миграционной теории нафтидогенеза // Изв. АН СССР, сер. геол., 1988, № 1, с. 3—13.

- Конторович А.Э., Вышемирский В.С.** Неравномерность нефтеобразования в истории Земли как результат циклического развития земной коры // Докл. РАН, 1997, т. 356, № 6, с. 794—797.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Детерминированный характер изменения интенсивности нефтеобразования в истории Земли // Докл. РАН, 2000, т. 370, № 2, с. 205—207.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Детерминированный характер процесса нефтеобразования в истории Земли и его количественные характеристики // Геология нефти и газа, 2002, № 1, с. 9—16.
- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Липницкая Л.Ф., Мельникова В.М., Стасова О.Ф.** Рассеянные углеводороды в юрских отложениях Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР, 1965, т. 162, № 2, с. 428—431.
- Конторович А.Э., Бабина Н.М., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Зимин Ю.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Луговцов А.Д., Мельникова В.М., Парпарова Г.М., Рогозина Е.А., Стасова О.Ф., Трушков П.А., Фомичев А.С.** Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. Л., Недра, 1967а, 223 с. (Тр. СНИИГГиМС; сер. Нефт. геология; вып. 50).
- Конторович А.Э., Парпарова Г.М., Трушков П.А.** Метаморфизм органического вещества и некоторые вопросы нефтегазоносности (на примере мезозойских отложений Западно-Сибирской низменности) // Геология и геофизика, 1967б (2), с. 16—29.
- Конторович А.Э., Берман Е.Л., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Мельникова В.М., Стасова О.Ф., Фомичев А.С.** Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности. М., Недра, 1971а, 251 с.
- Конторович А.Э., Полякова И.Д., Трушков П.А., Фомичев А.С., Данюшевская А.И., Казаринов В.В., Парпарова Г.М., Стасова О.Ф., Рагозина Е.А., Шпильман К.А.** Геохимия мезозойских отложений нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1971б, 86 с. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 118).
- Конторович А.Э., Полякова И.Д., Фомичев А.С.** Закономерности накопления органического вещества в древних осадочных толщах (на примере мезозойских отложений Сибири) // Литология и полезные ископаемые, 1971в, № 6, с. 16—27.
- Конторович А.Э., Трушков П.А., Фомичев А.С.** Условия формирования залежей нефти и газа. Условия накопления и преобразования органического вещества в осадочных толщах // Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. М., Недра, 1972, с. 201—226.
- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Мельникова В.М.** Анаэробные превращения органического вещества в древних морских осадках // Изв. АН СССР, сер. геол., 1974а, № 3, с. 112—123.
- Конторович А.Э., Изосимова О.Н., Трушков П.А.** Масштабы и особенности процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления в зоне катагенеза // Литология и геохимия нефтегазоносных областей Сибири. Новосибирск, 1974б, с. 5—12. (Тр. СНИИГГиМС; вып. 193).
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г.** Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 680 с.
- Конторович А.Э., Моделевский М.С., Трофимук А.А.** Принципы классификации седиментационных бассейнов в связи с их нефтегазоносностью // Геология и геофизика, 1979 (2), с. 3—11.
- Конторович А.Э., Евтушенко В.М., Ивлев Н.Ф., Ларичев А.И.** Закономерности накопления органического вещества на территории Сибирской платформы в докембрии и кембрии // Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. М., 1981, с. 19—42.
- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Гольшев С.И.** Закономерности фракционирования изотопов углерода в седидахитах // Геология и геофизика, 1985а (9), с. 34—42.
- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Гольшев С.И.** Распределение стабильных изотопов углерода в седидахитах различной генетической природе // Геология и геофизика, 1985б (7), с. 3—11.
- Конторович А.Э., Верховская Н.А., Тимошина И.Д., Фомичев А.С.** Изотопный состав углерода органического вещества и битумоидов и некоторые спорные вопросы теории образования нефти // Геология и геофизика, 1986а (5), с. 3—13.
- Конторович А.Э., Моделевский М.С., Трофимук А.А., Бурштейн Л.М., Гуревич Г.С., Данильченко Л.А.** Возраст седиментационных бассейнов и его влияние на ресурсы углеводородов // Сов. геология, 1986б, № 10, с. 12—18.
- Конторович А.Э., Борисова Л.С., Меленевский В.Н.** Некоторые важнейшие черты геохимии асфальтенов нефтей // Геохимия, 1987, № 10, с. 1423—1432.
- Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Гуревич Г.С., Демин В.И., Лившиц В.Р., Моделевский М.С., Страхов И.А., Вымятнин А.А., Растегин А.А.** Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов. М., Недра, 1988а, 223 с.

Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Борисова Л.С. Диагностика асфальтенов рассеянного органического вещества и нефтей пиролитическим методом // Докл. АН СССР, 1988б, т. 302, № 3, с. 700—703.

Конторович А.Э., Полякова И.Д., Колганова М.М., Соболева Е.И. Превращения органического вещества в мезо- и апокатагенезе // Сов. геология, 1988в, № 7, с. 26—36.

Конторович А.Э., Петерс К.Е., Молдован Дж.М., Андрусевич В.Е., Демейсон Д.Дж., Стасова О.Ф., Хьюзинге Б.Дж. Углеводороды-биомаркеры в нефтях Среднего Приобья (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 1991 (10), с. 3—34.

Конторович А.Э., Данилова В.П., Фомичев А.С., Костырева Е.А. Углеводороды-биомаркеры в водах нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского бассейна // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (4), с. 3—18.

Конторович А.Э., Каширцев В.А., Филп Р.П. Биоопаны в отложениях докембрия северо-востока Сибирской платформы // Докл. РАН, 1995, т. 345, № 1, с. 106—110.

Конторович А.Э., Трофимук А.А., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Фрадкин Г.С. Глобальные закономерности нефтегазоносности докембрия Земли // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (8), с. 6—42.

Конторович А.Э., Апарин В.А., Золотова О.П. О цикличности нефтенакпления в истории Земли // Докл. РАН, 1998, т. 363, № 4, с. 510—512.

Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Махнева Е.А. Семейство верхнедокембрийских нефтей Сибирской платформы // Докл. РАН, 2000, т. 370, № 1, с. 92—95.

Конторович А.Э., Каширцев В.А., Москвин В.И., Бурштейн Л.М., Земская Т.И., Калмычков Г.В., Костырева Е.А., Хлыстов О.М. Нефтегазоносность отложений озера Байкал // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (12), с. 1346—1356.

Неручев С.Г. Нефтепроизводящие свиты и миграция нефти. Изд. 1-е. М., Гостоптехиздат, 1962, 224 с.

Неручев С.Г. Об изменениях состава автохтонных битумоидов органического вещества глинистых пород под воздействием факторов метаморфизма и нефтеотдачи // Докл. АН СССР, 1964, т. 157, № 4, с. 901—903.

Неручев С.Г. Закономерности преобразования рассеянного органического вещества в погружающихся осадках как основа для диагностики нефтепроизводивших отложений // Генезис нефти. М., Недра, 1967, с. 71—77.

Неручев С.Г., Ковачева Й.С. О влиянии геологических условий на величину нефтеотдачи материнских пород // Докл. АН СССР, 1965, т. 162, № 4, с. 913—917.

Неручев С.Г., Парпарова Г.М. Глубинная зональность метаморфизма углей и органического вещества пород // Геология и геофизика, 1972 (9), с. 28—36.

Неручев С.Г., Рогозина Е.А., Капченко Л.Н. Главная фаза газообразования — один из этапов катагенетической эволюции сапропелевого РОВ // Геология и геофизика, 1973 (10), с. 14—17.

Трофимук А.А., Конторович А.Э. Некоторые вопросы теории органического происхождения нефти и проблема диагностики нефтепроводящих толщ // Геология и геофизика, 1965 (12), с. 3—14.

Трофимук А.А., Вышемирский В.С., Конторович А.Э., Неручев С.Г. Фракционирование битумоидов в процессах миграции // Геология и геофизика, 1974 (5), с. 124—129.

Успенский В.А., Инденбом Ф.Б., Чернышева А.С., Сенникова В.Н. К разработке генетической классификации рассеянного органического вещества // Вопросы образования нефти. Л., Гостоптехиздат, 1958, с. 221—314.

Фомин А.Н., Конторович А.Э., Красавчиков В.О. Катагенез органического вещества и перспективы нефтегазоносности юрских, триасовых и палеозойских отложений северных районов Западно-Сибирского мегабассейна // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (11), с. 1875—1887.

*Поступила в редакцию
10 сентября 2008 г.*