

УДК 553.98

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА (к 90-летию со дня рождения академика А.Э. Конторовича)

Л.М. Бурштейн¹, В.А. Конторович^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

Данный выпуск журнала посвящен 90-летию академика РАН А.Э. Конторовича. Во вводной статье приведен обзор вошедших в него материалов. Тематика статей тесно связана с научными интересами Алексея Эмильевича, хотя и не исчерпывает их в полной мере. Юбилейный выпуск включает статьи, затрагивающие актуальные вопросы строения, тектоники, стратиграфии, нефтегазоносности и различные аспекты и характеристики геохимии нефтей и органического вещества нефтегазопроизводящих формаций осадочно-породных бассейнов Сибири и Арктики. Среди множества направлений, которыми занимался А.Э. Конторович, была геология и геохимия концентрированных форм ископаемого органического вещества — углей. Поэтому логично, что настоящий специальный выпуск завершает статья, посвященная исследованию древнейших, девонских углей.

Высокоуглеродистые формации, ресурсы и запасы углеводородов, нефть, газ, кероген, органическое вещество, уголь, биомаркеры, тектоника, стратиграфия, нефтегазопроизводящие толщи, циклиты, залежь, месторождение, катагенез

TOPICAL ISSUES OF PETROLEUM GEOLOGY (90th birthday of Academician A.E. Kontorovich)

L.M. Burshtein, V.A. Kontorovich

This issue of the journal is dedicated to the 90th birthday of Academician of the RAS A.E. Kontorovich. This introductory article reviews the included materials. The topics of the articles are closely connected to the scientific interests of Aleksei Emilievich, even though they are not fully represented. This anniversary issue includes articles concerning topical questions of geology, tectonics, stratigraphy, petroleum potential, as well as various aspects and characteristics of oil and organic matter geochemistry in oil-and-gas source formations of sedimentary basins of Siberia and the Arctic. Among the many lines of research A.E. Kontorovich pursued was the geology and geochemistry of concentrated forms of subsoil organic matter – coal. Therefore, this issue logically ends with an article on the study of the most ancient Devonian coals.

High-carbon formations, hydrocarbon resources and reserves, oil, gas, kerogen, organic matter, coal, biomarker, tectonics, stratigraphy, oil-and-gas source strata, cyclite, reservoir, deposit, catagenesis

21 января 2024 г. исполнилось бы 90 лет со дня рождения геолога-нефтяника с мировым именем, выдающегося организатора науки и государственного деятеля, академика РАН — Алексея Эмильевича Конторовича. Выпуск журнала посвящен этому замечательному юбилею, до которого Алексей Эмильевич не дожил совсем немного. Масштаб личности юбиляра таков, что невозможно в краткой публикации осветить ее с достойной полнотой. Оставив за рамками статьи общественную и государственную деятельность А.Э. Конторовича и большинство формальных деталей его профессиональной карьеры попытаемся кратко отметить основные (далеко не все!) точки концентрации его научных интересов.

Мировую славу А.Э. Конторовичу принесли работы по геохимии органического вещества горных пород. Однако его научные интересы охватывали существенно более широкий круг объектов, явлений и проблем — от теоретических основ осадочно-миграционной теории нефтегазообразования до локальных моделей геологического строения нефтегазоперспективных зон и объектов.

Исторически первой областью, в которой проявился научный талант А.Э. Конторовича, была литология и неорганическая геохимия седиментационных процессов. Интересно отметить, что одна из первых публикаций Алексея Эмильевича, основанная на результатах этих исследований, вышла в журнале «Геологии и геофизика» более 50 лет назад [Конторович и др., 1961]. Полученные в этот период результаты не потеряли своего значения до сих пор.

Среди других направлений, которыми А.Э. Конторович с неизменным успехом занимался в дальнейшем, можно отметить (перечень, безусловно, субъективный и неполный): органическую геохимию углеводородных флюидов, рассеянного органического вещества и углей; гидрогеологию и гидрогеохимию; стратиграфию нефтегазоносных бассейнов Сибири и шельфов северных морей; региональную геологию нефтегазоносных провинций Евразии и мира; методику прогноза, поисков и разведки месторождений нефти и газа; количественную оценку перспектив нефтегазоносности; экономику нефтегазовой отрасли; теорию нафтидогенеза. Результаты его исследований нашли отражение в огромном массиве публикаций (более полутора тысяч, в том числе более 70 монографий).

Нельзя не упомянуть его вклад в разработку стратегических вопросов социально-экономического развития страны, в первую очередь топливно-энергетического комплекса. А.Э. Конторович активно участвовал в научном обосновании строительства и выбора трассы газопровода «Сила Сибири». Он — один из ключевых авторов, утвержденных Правительством РФ программ: «Стратегия экономического развития Сибири», «Энергетическая стратегия России до 2030 г.», «Генеральная схема развития газовой отрасли России на период до 2030 г.», «Стратегия развития нефтехимической промышленности России до 2030 г.» и многих других документов. Результаты этих исследований докладывались А.Э. Конторовичем на самом высоком уровне.

Особое место в исследованиях А.Э. Конторовича занимали теория нафтидогенеза и геохимия всех форм органического вещества (ОВ) [Неручев, 2009]. В его работах детально изучены все этапы эволюции ОВ осадков и осадочных пород. В том числе им изучены закономерности накопления и диагенетические превращения ОВ в связи с формированием и качеством нефтегазопроизводящих толщ; превращения ОВ на стадии катагенеза, определяющие реализацию им нефтегазоматеринского потенциала.

Исследование процессов катагенеза ОВ легло в основу создания и развития (одновременно и на определенных этапах совместно с Н.Б. Вассоевичем, С.Г. Неручевым и др.) представлений о зональности и стадийности процессов нефтегазообразования. Эти труды и работы по изучению механизмов и форм миграции рассеянных углеводородов заложили теоретические основы диагностики нефтепроизводящих пород и создали базис объемно-генетического и историко-генетического методов оценки ресурсов нефти и газа.

Следует особо отметить выполненные под руководством А.Э. Конторовича исследования по геохимии керогена, пионерные исследования биомаркеров в ОВ пород и нефтях бассейнов Сибири, работы по геохимии изотопов углерода в рассеянном ОВ и нефтях, по изучению геохимии и выделению типов нефтей.

В теоретическом плане особый интерес представляет развивавшееся Алексеем Эмильевичем с учениками учение о нефтегазоносных бассейнах как открытых самоорганизующихся системах и изучение эволюции и цикличности нефтегазообразования в истории Земли.

Алексей Эмильевич широко известен и как крупнейший организатор фундаментальных научных исследований. Создав, по существу, с нуля направления органической геохимии, количественных и математических методов в нефтегазовой геологии, экономики нефтегазового комплекса в отраслевом Сибирском НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (1958—1989 гг.), он на новом уровне повторил это научно-организационное достижение после перехода в Академию наук, организовав в 2005 г. и возглавив Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, где продолжал творить до последних дней уже в качестве научного руководителя направления. Фактически его усилиями был воссоздан Кемеровский научный центр СО РАН, которым он руководил долгие годы (2008—2019 гг.).

А.Э. Конторович всегда уделял большое внимание подготовке кадров. Вместе с В.С. Вышемирским и А.А. Трофимуком он создал на геологическом факультете Новосибирского государственного университета кафедру геологии месторождений нефти и газа и тридцать лет руководил ей. Он многие годы читал лекции в Московском государственном университете, Томском политехническом университете, Тюменском индустриальном университете. А.Э. Конторович избран почетным профессором Томского государственного университета, Китайского нефтяного университета и др. Под его руководством и при его консультациях защищены более сотни кандидатских и десятки докторских диссертаций. Нескольким его ученикам стали членами РАН.

Научная деятельность А.Э. Конторовича теснейшим образом связана с журналом «Геология геофизика». Достаточно сказать, что в нашем журнале опубликовано более 140 статей с его авторством. Алексей Эмильевич 50 лет работал в редколлегии журнала «Геология и геофизика» и последние 30 лет являлся заместителем главного редактора.

Одно из важнейших достижений Алексея Эмильевича, несомненно, создание неформального коллектива соратников, которых он поддерживал на протяжении всей жизни. Многие из них стали известными специалистами, и их статьи, характеризующие различные направления научного творчества академика А.Э. Конторовича, представлены в настоящем юбилейном выпуске журнала.

Последние годы особое внимание Алексей Эмильевич уделял проблеме нефтегазоносности высокоуглеродистых («сланцевых») формаций, которые одновременно являются нефтегазопроизводящими [Парфенова и др., 2010; Конторович и др., 2018; Рыжкова и др., 2018; и др.]. Этому вопросу посвящены две первые статьи настоящего сборника.

В статье *П.Н. Мельникова с коллегами* [2024] — ученика А.Э. Конторовича — предложена методика нефтегазогеологического районирования высокоуглеродистых отложений, обоснованы критерии выделения продуктивных интервалов и подсчетных параметров. Приведены результаты оценки начальных геологических и извлекаемых ресурсов углеводородов (УВ) высокоуглеродистых формаций на территории России.

Ресурсный потенциал «сланцевой нефти» в Китае огромен и во многом связан с глинистыми толщами озерных формаций, характеризующимися высоким содержанием аквагенного органического вещества средней и высокой зрелости.

В статье *Чж. Цзиня и С. Ляна* [2024] дан обзор современного состояния разведки и разработки сланцевой нефти в озерных континентальных формациях. Значительным потенциалом обладают также сланцевые формации с низким и средним уровнями зрелости материнских пород. Методика добычи нефти в них еще должна быть разработана. Коммерциализация этих процессов ожидается к 2030 г.

Следующая серия статей посвящена проблемным вопросам геологии, стратиграфии Сибирской платформы и палеозойско-протерозойских комплексов Западно-Сибирского бассейна. Алексей Эмильевич стоял у истоков изучения нефтегазоносности этих объектов [Конторович и др., 1982, 1996] и до последних дней продолжал активно работать в данном направлении.

В статье *И.А. Губина с соавторами* [2024] проанализированы результаты региональных геолого-разведочных работ и существенно скорректирована модель геологического строения зоны развития рифей-венд-кембрийского осадконакопления на юго-восточной окраине Северо-Азиатского кратона, где выделяется Алдано-Майская перспективная нефтегазоносная область. Выделены основные тектонические события, построены сейсмогеологические разрезы и структурные карты, составлена карта выходов свит и серий рифея на предвендскую эрозионную поверхность, предложены тектонические схемы структурных ярусов. Созданная модель является основой для оценки перспектив нефтегазоносности, которые связаны с рифейскими отложениями и с базальными горизонтами венда, в первую очередь с зонами эрозионного срезания коллекторских горизонтов.

В Лено-Тунгусской провинции большинство месторождений нефти и газа открыто в вендском нефтегазоносном комплексе (НГК), общая стратиграфическая шкала которого до сих пор требует корректировки и детализации. Решению этой теоретической и прикладной задачи посвящена статья многолетнего соратника и друга А.Э. Конторовича *Н.В. Мельникова* [2024]. Выполненное им региональное «пачковое» расчленение легло в основу циклометрической стратиграфической схемы вендского НГК. Практическая значимость детального расчленения разреза вендского НГК на поисковом этапе состоит в уточнении прогноза распространения возможных резервуаров флюидов.

Палеозой Западной Сибири не сопоставим по запасам и ресурсам с ее юрскими и меловыми отложениями, но, безусловно, представляет интерес в отношении нефтегазоносности. Статья *В.А. Конторовича с коллегами* [2024] посвящена анализу геологического строения и перспективам нефтегазоносности палеозойских и верхнепротерозойских комплексов юго-восточных районов Западной Сибири. Большую часть исследуемой территории занимает Центрально-Западно-Сибирская зона поздних герцинид, а на востоке территории развит Предьенисейский верхнепротерозойско-палеозойский осадочный суббассейн. Построены регионально-зональные модели рифей-кембрийских отложений Предьенисейского суббассейна и палеозойских отложений в зоне распространения герцинид; проанализирован вещественный состав и возраст пород доюрского основания; выполнен анализ перспектив нефтегазоносности верхнепротерозойско-палеозойских отложений, выделены нефтегазоперспективные блоки и объекты; разработаны сейсмогеологические критерии выявления и детального картирования нефтегазоперспективных объектов; построены сейсмогеологические модели эталонных месторождений.

Геохимический раздел выпуска открывает статья *Е.А. Фурсенко с соавторами* [2024], связанная сразу с двумя основными направлениями исследований Алексея Эмильевича — геохимией нефтей [Неручев, 2009] и баженовской высокоуглеродистой формацией [Конторович и др., 2018; Рыжкова и др., 2018].

Баженовский горизонт является основной нефтепроизводящей толщей (НППТ) Западно-Сибирской НГП, одновременно содержащей значительные ресурсы трудноизвлекаемого углеводородного сырья. В работе обобщена геохимическая информация о нефтях из баженовской и тутлеймской свит. Изотопный состав углерода и геохимические показатели подтверждают единый аквагенный генотип исследованных нефтей и их генетическое родство с одновозрастным органическим веществом. При генетическом единстве отмечается широкий диапазон изменения базовых физико-химических характеристик баженовских нефтей, что, вероятно, обусловлено их фракционированием в ходе миграционных

процессов внутри баженовского горизонта и вторичной миграции в перекрывающие и подстилающие резервуары.

В условиях смены парадигмы развития нефтегазового комплекса России фокус региональных и поисковых работ смещается в восточные и северные районы страны и на прилегающие акватории [Конторович и др., 2019]. С этой точки зрения изучения основных НГПТ этих территорий чрезвычайно важно.

В работе *Л.Н. Болдушевской с соавторами* [2024] проанализированы результаты комплекса исследований рифейских потенциальных НГПТ и нефтей зоны Камовского свода Байкитской антеклизы на западе Сибирской платформы.

Установлен высокий нефтематеринский потенциал углеродистой пачки в низах верхнерифейской ирэмэкэнской толщи. Выявлены детали корреляционных связей органического вещества НГПТ и нефтей из верхнеирэмэкэнской подтолщи. Генерация в ирэмэкэнской толще происходила в самых погруженных зонах Камовского свода и прилегающих территорий и это отмечается в составе нефтей. Данные органической геохимии и результаты моделирования показали, что основной объем генерированных УВ на территории юга Байкитской антеклизы связан преимущественно с органическим веществом отложений вздрэшевской и мадринской толщ нижнего рифея.

Нижнесреднекембрийский куонамский комплекс, представленный куонамской свитой и ее аналогами по современным представлениям, является одной из основных НГПТ Сибирской платформы. Исследованию кинетических характеристик керогенов куонамского комплекса посвящена статья *Л.М. Бурштейна с коллегами* [2024].

Кинетические характеристики керогена определяют динамику генерации нафтидов при катагенезе. На основе результатов специализированных многоскоростных пиролитических исследований дана оценка современных и исходных средних эффективных кинетических характеристик керогена куонамского комплекса. Сравнение полученных эффективных кинетических характеристик с характеристиками керогенов различного генезиса, известными из литературы, позволило заключить, что полученные эффективные кинетические характеристики близки к характеристикам керогенов Менил-1 и Тип В.

В статье *И.В. Коровникова с соавторами* [2024], посвященной биостратиграфическому, литологическому и геохимическому изучению пород куонамского комплекса, выявлены особенности строения маркирующих горизонтов, проведена корреляция разрезов скважин и обнажений, сопоставлены отдельные интервалы кембрийских отложений с региональными зонами Юдомо-Оленекского фациального региона Сибирской платформы. Установлено, что породы куонамской свиты обогащены ураном (U), наблюдается прямая связь между содержанием U и органическим углеродом ($C_{орг}$).

Завершает настоящий специальный выпуск статья *Д.А. Бушнев с соавторами* [2024], в которой комплексно исследован состав древнейших углей Тимано-Североуральского региона. Приводятся сведения об их углеводородном и микрокомпонентном составе, показана связь с определенными растительными сообществами позднего девона. Впервые дана детальная характеристика индивидуального состава углеводородов-биомаркеров из девонских углей и углистых аргиллитов Северного Тимана. Значения отражательной способности витринита и показателя T_{max} , а также данные о распределении полициклических биомаркеров и метилфенантронов указывают на невысокий катагенез органического вещества углей.

ЛИТЕРАТУРА

Болдушевская Л.Н., Фадеева С.В., Гончаров И.В., Трушков П.В., Самойленко В.В., Веклич М.А., Красильникова Н.Б., Савчик Д.М., Рудая Г.Ю., Турова А.Б., Николаева Ю.Л. Нефтематеринские свойства и корреляция органическое вещество пород—нафтиды ирэмэкэнской толщи верхнего рифея Камовского свода Байкитской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 117—132, DOI: 10.15372/GiG2023176, EDN: NWEBAS.

Бурштейн Л.М., Дешин А.А., Парфенова Т.М., Ярославцева Е.С., Козырев А.Н., Сафонов П.И. Кинетические характеристики керогенов куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 133—150, DOI: 10.15372/GiG2023187, EDN: AINAG.

Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С., Снигиревский С.М., Безносков П.А., Котик О.С., Пронина Н.В., Гринько А.А. Геолого-геохимические особенности верхнедевонских углей Северного Тимана (углепроявление по р. Суле) // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 164—183, DOI: 10.15372/GiG2023139, EDN: SKYUDQ.

Губин И.А., Конторович А.Э., Константинова Л.Н., Моисеев С.А., Фомин А.М. Структурно-тектоническая характеристика Алдано-Майской перспективной нефтегазосносной области по результатам интерпретации региональных сейсморазведочных работ // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 43—60, DOI: 10.15372/GiG2023159, EDN: QQSDIU.

Конторович А.Э., Бабина Н.М., Минина Л.Д. Некоторые черты геохимии мезозойских отложений Туруханского и Напасского районов Западно-Сибирской низменности // Геология и геофизика, 1961 (6), с. 3—14.

Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А. Главные зоны нефтенакопления в Лено-Тунгусской провинции // Развитие учения академика И.М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. Новосибирск, Наука, 1982, с. 22—42.

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., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (3), с. 357—371, DOI: 10.15372/GiG20180307.

Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Лившиц В.Р., Рыжкова С.В. Главные направления развития нефтяного комплекса России в первой половине XXI века // Вестник РАН, 2019, т. 89, № 11, с. 1095—1104.

Конторович В.А., Конторович А.Э., Аюнова Д.В., Ибрагимова С.М., Бурштейн Л.М., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Канакова К.И., Костырева Е.А., Соловьев М.В., Филиппов Ю.Ф. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 72—100, DOI: 10.15372/GiG2023181, EDN: OWCTPK.

Коровников И.В., Варакина И.В., Конторович А.Э., Парфенова Т.М. Биостратиграфия, литология и геохимия пород нижнего и среднего кембрия в бассейне реки Кюленке (первые результаты исследования керна скважин) // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 151—163, DOI: 10.15372/GiG2023153, EDN: IWZITX.

Мельников Н.В. Стратиграфическое строение вендского нефтегазоносного комплекса южных нефтегазоносных областей Лено-Тунгусской провинции Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 61—71, DOI: 10.15372/GiG2023148, EDN: CZNBMQ.

Мельников П.Н., Варламов А.И., Фортунатова Н.К., Пороскун В.И., Соловьев А.В., Скворцов М.Б., Кравченко М.Н., Канев А.С., Сотникова А.Г. Результаты количественной оценки нетрадиционных ресурсов нефти Российской Федерации // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 8—25, DOI: 10.15372/GiG2023189, EDN: VJIXBC.

Неручев С.Г. Вклад А.Э. Конторовича в теорию нефтегазообразования // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (4), с. 363—372.

Парфенова Т.М., Конторович А.Э., Борисова Л.С., Меленевский В.Н. Кероген куонамской свиты кембрия (северо-восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (3), с. 353—363.

Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (7), с. 1053—1074, DOI: 10.15372/GiG20180709.

Фурсенко Е.А., Конторович А.Э., Костырева Е.А., Падалко Н.Л., Родченко А.П., Рыжкова С.В. Геохимия нефтей баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 101—116, DOI: 10.15372/GiG2023188, EDN: SNZQIA.

Цзинь Чж., Лян С. Разведка и разработка сланцевой нефти на территории Китая: состояние, вызовы и перспективы // Геология и геофизика, 2024, т. 65 (1), с. 26—42, DOI: 10.15372/GiG2023172, EDN: RENCYQ.