

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ



НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и
110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука



ИНГГ
СО РАН

N* Новосибирский
государственный
университет
***НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

14-15 сентября 2021 г., Новосибирск, Россия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А. А. ТРОФИМУКА
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И. М. Губкина
и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука

г. Новосибирск, 14–15 сентября 2021 г.

Новосибирск
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

Н766

Программный комитет конференции

Сопредседатели:

акад. РАН *А. Э. Конторович*, чл.-корр. РАН *В. А. Каширцев*

Члены программного комитета:

акад. РАН *В. А. Верниковский*, чл.-корр. РАН *В. Н. Глинских*, д-р техн. наук *И. Н. Ельцов*,
чл.-корр. РАН *В. А. Конторович*, канд. геол.-минерал. наук *П. Н. Мельников*,
канд. геол.-минерал. наук *Т. М. Парфенова*, д-р геол.-минерал. наук *А. В. Ступакова*,
акад. РАН *М. П. Федорук*, чл.-корр. РАН *Б. Н. Шурыгин*, акад. РАН *М. И. Эпов*

Организационный комитет:

Председатель: д-р техн. наук *И. Н. Ельцов*

Зам. председателя: канд. геол.-минерал. наук *Т. М. Парфенова*

Секретарь: канд. геол.-минерал. наук *М. А. Фомин*

Члены организационного комитета:

д-р геол.-минерал. наук *Л. М. Буриштейн*, д-р геол.-минерал. наук *Д. В. Гражданкин*,
канд. геол.-минерал. наук *В. Д. Ермиков*, чл.-корр. РАН *И. Ю. Кулаков*, д-р геол.-минерал. наук *О. Е. Лепокурова*,
д-р геол.-минерал. наук *Д. В. Метелкин*, д-р геол.-минерал. наук *Б. Л. Никитенко*,
канд. геол.-минерал. наук *М. В. Соловьев*, д-р экон. наук *И. В. Филимонова*

Н766 Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век: Материалы Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых, посв. 150-летию акад. АН СССР И. М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А. А. Трофимука / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. — 276 с.

ISBN 978-5-4437-1248-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых «Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век», посвященной 150-летию академика АН СССР И. М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 14–15 сентября 2021 г.).

Открывает сборник письмо-приветствие президента РАН академика А. М. Сергеева и статья академика А. Э. Конторовича, в которой детально рассмотрен вклад в развитие нефтегазового комплекса Советского Союза и России двух выдающихся геологов-нефтяников XX века, академиков И. М. Губкина и А. А. Трофимука.

В докладах отражены современные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа. Внимание уделено вопросам общей и региональной геологии нефтегазоносных осадочных бассейнов, решению актуальных задач тектоники, седиментологии, литологии, палеогеографии, геохимии, стратиграфии и палеонтологии.

В публикациях обсуждаются новые результаты исследований в области органической геохимии и литологии черносланцевых комплексов, геохимии нефтей, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России и Беларуси. Серия работ посвящена моделированию нефтегазообразования в осадочных отложениях Сибири, методам компьютерного моделирования геологических процессов, оценке ресурсов и выявлению закономерностей размещения месторождений углеводородов.

В сборник включены доклады, направленные на обсуждение проблем экономики и экологии нефтегазовой отрасли. В ряде докладов представлены результаты изучения фильтрационных свойств обогатенных и обедненных органическим веществом пород, геофизических исследований скважин, новые геофизические методы поисков углеводородов.

Материалы конференции представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области наук о Земле.

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, 2021

© Новосибирский государственный
университет, 2021

ISBN 978-5-4437-1248-2

ИЗУЧЕНИЕ ЭПИАСФАЛЬТЕНОВЫХ КЕРОГЕНОВ ПИРОЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ *

К. В. Долженко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука, г.Новосибирск

Аннотация. Был проведен эксперимент по оценке доли эпиасфальтеновых керогенов (ЭПАКов) в пиролитическом пике S_2 на фоне сигнала, полученного для декарбонизированного образца исходной породы (ДО). Материалом послужили образцы керна из сверхглубокой скважины Средневилюйская-27 (Вилюйская синеклиза, Восточная Сибирь). Ранее было установлено, что в зоне апокатагенеза, где под действием термобарических факторов часть асфальтенов переходит в нерастворимый в органических растворителях остаток (НО), возникает область повышенных значений остаточного генерационного потенциала (водородный индекс, HI). На основании новых экспериментальных данных показано, что наибольший вклад в HI вносит именно смолистая компонента, при подчиненном значении роли ЭПАКов. Предполагается, что рост смол связан с деструкцией части асфальтенов, не вовлеченных в образование НО.

Ключевые слова: террагенное ОВ, кероген, пиролиз, ЭПАК, асфальтены, смолы.

STUDY OF THE EPI-ASPALTENIC KEROGENS BY PYROLYSIS

K. Dolzhenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk

Annotation. An experiment was carried out to estimate the portion of epi-asphaltenic kerogens (EPAKs) in the pyrolytic peak S_2 as a part of the whole signal obtained for the decarbonized sample of the original rock (DS). Core samples from the superdeep well Srednevilyuiskaya-27 (Vilyuiskaya syncline, Eastern Siberia) acted as data for study. It was previously found that in the apocatagenesis zone under the action of thermobaric factors part of the asphaltenes transforms into a residue insoluble in organic solvents (IR). In addition, range of increased residual generation potential (hydrogen index, HI) values is associated with that IR area. Based on new experimental data, it has been shown that resinous component makes the greatest contribution to HI, with a subordinate role of EPAKs. It is assumed that the growth of resins is associated with the destruction of some asphaltenes not involved in the formation of IR.

Key words: terrestrial organic matter, kerogen, pyrolysis, EPAK, asphaltenes, resins.

Введение. В последние годы в ИНГГ СО РАН проводится изучение террагенного органического вещества (ОВ) по материалам сверхглубокой скважины Средневилюйская-27 (Вилюйская синеклиза, Восточная Сибирь). Ранее уже были установлены: границы градаций катаге-

© К.В. Долженко, 2021

* Исследование выполнено в рамках проекта ФНИ № 0331–2019–0022 «Органическая геохимия и история геологического развития доминантных нефтегазовых систем верхнего протерозоя и фанерозоя Сибири».

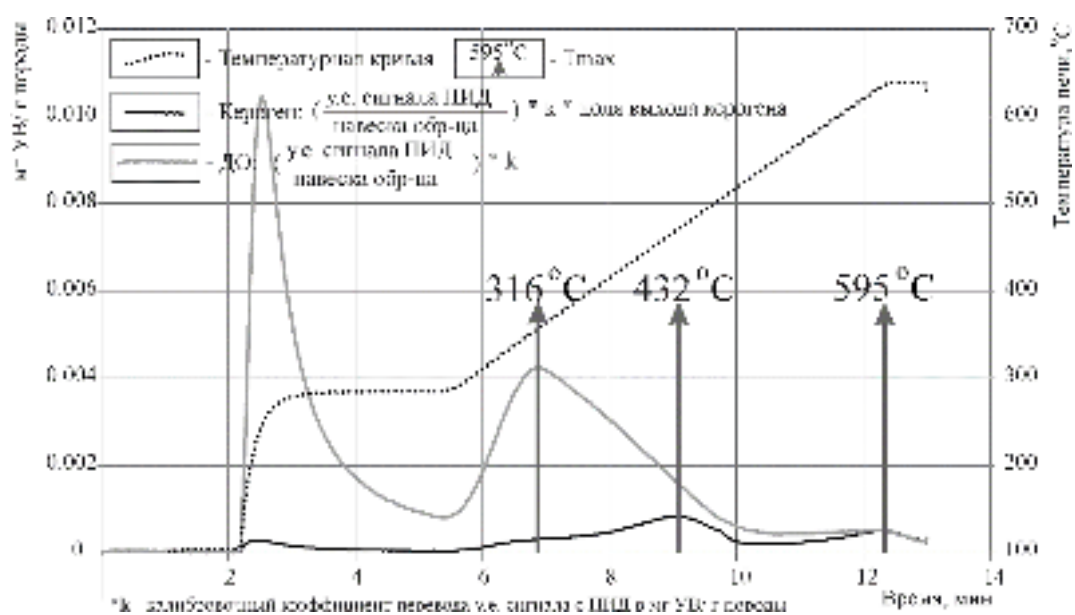
неза, распределение органического углерода ($C_{\text{орг}}$) и НІ по разрезу, биомаркерные показатели, характер изменения группового состава и др. [1,2,3]. В соотношении компонент группового состава было отмечено сначала в работе [4] и более подробно в работе [2] снижение количества асфальтенов вплоть до неопределимых количеств при достижении конца мезо- начала апокатагенеза. Аналогичные результаты наблюдались и в сверхглубокой скважине Тюменская СГ-6 [5]. Сродство керогена и асфальтенов, а также эволюция последних вплоть до выпадения в НО подробно описаны в работах [5,6,7]. В работе [1] было предложено называть асфальтены, перешедшие в нерастворимые в органических растворителях разности, — эпиасфальтеновые керогены (ЭПАК). Там же было отмечено, что с их появлением в разрезе связан интервал повышенных значений НІ (до 60–70 мгУВ/г $C_{\text{орг}}$). Для изучения данного явления были отобраны 3 пары образцов ДО — кероген в интервале 5370–6231 м (АК₂-АК₃). По ним был проведен одностадийный пиролиз без доступа кислорода на приборе SRA (Weatherford Labs) с двукратным выделением углеводородов (УВ) в интервалах до 300°C (изотерма 3 минуты) и до 650°C (изотерма 1 минута) со скоростью 50°C/мин. Образцы керогена показали схожий облик пирограмм: два пика в диапазоне 300–650°C с температурами максимальной скорости выхода УВ (T_{max}) в области 430–434°C и ~595°C, соответственно. Пирограммы ДО имеют выраженный пик смолистой компоненты — S_2' [8,9] (300–350°C) с растянутым правым крылом и малый пик в области ~595°C (остаточный кероген). Ранее при исследовании асфальтенов рассеянного ОВ и нефтей пиролитическим методом (ПМ) было установлено, что они не столько десорбируются, сколько деструктурируются с образованием летучих продуктов, а их T_{max} ~430–440°C [10]. Помимо этого, при изучении асфальтита в работе [11] получены T_{max} для S_2' и S_2 в диапазоне 320 и 420°C, соответственно. Там же, при анализе НО природных битумов с помощью ПМ были получены схожие облики пирограмм.

Обсуждение результатов. В качестве демонстрационного образца представлен №10526 (5484 м). Его характеристики: R_{vt}^0 — 3.54 %; $C_{\text{орг}}$ — 0.97; УВ-СМ-АСФ — 53.25 %-46.75 %-0 %; выход керогена — 3.48 %; элементный состав керогена С — 91.25 %, Н — 1.77 %, S — 1.36 %, О — 4.91 %; НІ ДО и керогена 69 и 5 мгУВ/г $C_{\text{орг}}$. Пирограммы пары ДО — кероген показаны на рисунке 1. Для сопоставления сигналы пламенно-ионизационного детектора (ПИДа) обеих записей приведены в содержании УВ на исходную породу. В качестве проверочного фактора выступило вещество остаточного керогена (исходного террагенного ОВ), в области которого кривые наложились друг на друга и показали одинаковый (см. рисунок). Кривые пиролиза отражают долю смол (пик S_2' , кривая ДО) и «перекрытого» ими ЭПАКа (пик S_2 , кривая керогена). По положению крылу пика S_2' на пирограмме ДО видно, что он не однокомпонентный — его симметрию нарушает ЭПАК. Отсюда становится понятно, почему нам не удалось обнаружить их ранее, т.к. пик S_2 ЭПАКа «спрятан» внутри смолистой компоненты и его $T_{\text{max}}=432^\circ\text{C}$, соответствующий началу мезокатагенеза (фактический R_{vt}^0 — 3.54 %, АК₃), неочевиден при анализе ПМ породных образцов. Соотношение площадей пиков в интервале 300–545°C составляет 17.3 % для ЭПАК и 82.6 % для ДО (за вычетом компоненты ЭПАК).

Другим важным наблюдением является наличие точки перегиба кривой керогена в области T_{max} компоненты смол (316°C, см. рисунок 1). Само по себе совпадение этих температур свидетельствует о том, что вещество, подвергаемое деструкции, имеет схожий состав со смолистым веществом. Вероятно, левое крыло пика S_2 керогена (ЭПАКа) отражает промежуточный этап перехода смолисто-асфальтовых веществ в ЭПАК: еще недостаточно сконденсированные до выхода в области T_{max} ЭПАКа, но уже имеющее достаточно прочные связи, чтобы сохраниться после всех этапов выделения керогена из породы. В работах [2,4] уже были описаны механизмы переходов между компонентами группового состава битумоидов по разрезу. Изучение всей коллекции имеющихся ДО показало, что T_{max} смолистой компоненты скрывает

T_{\max} ЭПАКов. Таким образом, любые попытки по определению уровня зрелости с их помощью с одной стороны, и определение роста уровня зрелости по T_{\max} самих ЭПАКов в отсутствие данных по керогенам с другой, представляется задачей невыполнимой на данном этапе.

На основании приведенных выше данных, очевидно, что ключевую роль во влиянии на повышение НИ в области апокатагенеза [1], имеет именно смолистая компонента битумоида. В свою очередь, ее рост связан с процессами деструкции части асфальтенов, не участвовавших в образовании ЭПАК, и, вероятно, при некоторой роли новообразования самих ЭПАКов. И хотя данные керогеноподобные разности сами по себе не представляют промышленного интереса, дальнейшее их изучение позволит уточнить стадийность превращений ОВ в процессе катагенеза, что может повысить точность прогноза объемов генерации УВ.



Приведенные пирограммы декарбонизированного образца породы и керогена

Список литературы

1. Конторович А. Э., Долженко К. В., Фомин А. Н. Закономерности преобразования террагенного органического вещества в мезо- и апокатагенезе // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. № 8. С. 1093–1108.
2. Долженко К. В., Фомин А. Н., Меленевский В. Н. Геохимическая характеристика террагенного органического вещества верхнепалеозойского комплекса Вилуйской синеклизы и некоторые особенности его преобразования под действием термобарических условий больших глубин // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 4. С. 77–84.
3. Каширцев В. А., Долженко К. В., Фомин А. Н., Конторович А. Э., Шевченко Н. П. Углеродородный состав битумоидов террагенного органического вещества больших глубин (зоны апокатагенеза) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 6. С. 869–879.
4. Конторович А. Э., Полякова И. Д., Колганова М. М., Соболева Е. И. Превращения органического вещества в мезо- и апокатагенезе // Советская геология. 1988. № 7. С. 26–36.
5. Borisova L. S., Fomin A. N. Transformation of ResinAsphaltene Components of Dispersed Organic Matter in the Meso- and Apocatagenesis Zone // Petroleum Chemistry. 2020. Т. 60. № 6. P. 648–658.

6. Борисова Л.С., Тимошина И.Д. Геохимия асфальтенов слабозрелого органического вещества // Геохимия. 2021. Т. 66. № 3. С. 251–261.
7. Borisova L. S. The Origin of Asphaltenes and Main Trends in Evolution of Their Composition During Lithogenesis // Petroleum Chemistry. 2019. Т. 59. № 10. P. 1118–1123
8. Peters K. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis // AAPG Bull. 1986. Vol. 70. №3. P. 318–328.
9. Меленевский В. Н. Методические рекомендации по применению пиролитического метода в органической геохимии. Новосибирск, 1991. 42 с.
10. Конторович А.Э., Меленевский В. Н., Борисова Л.С. Диагностика асфальтенов рассеянного органического вещества и нефтей пиролитическим методом // Докл. АН СССР. 1988. Т. 302. № 3. С. 700–703.
11. Меленевский В. Н., Баженова Т. К. Диагностика битумов ряда кериты-антраксолиты // Природные битумы и тяжелые нефти: Сб. мат-ов Межд. науч.-практ. конф-ции к 100-летию со дня рожд. В. А. Успенского. 2006. С. 258–268.