



УДК 550.4:552.578.2/3(571.1)

АСФАЛЬТЕНЫ - НАСЛЕДНИКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА КЕРОГЕНА

Л.С.Борисова (ФГБУ "Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН")

Геохимический анализ состава и структуры асфальтенов ОВ различной генетической природы показал, что подобно керогену они существенно различаются в зависимости от принадлежности к аквагенному (морскому) или террагенному (континентальному) типу, что позволило разработать геохимические критерии диагностики типа ОВ по гетероциклическим компонентам.

Разработанные критерии диагностики типа ОВ по данным изучения керогенов и асфальтенов могут быть использованы для диагностики нефтепроизводящих пород и в других нефтеносных регионах страны.

Ключевые слова: Западная Сибирь; ОВ; критерии диагностики; асфальтены; керогены.

Как известно, одной из важнейших геохимических задач является диагностика типа ОВ. Тип исходного ОВ контролирует отношение нефти и УВ-газов в залежах. Химический тип важен при количественном и качественном прогнозах нефтегазоносности, планировании региональных и поисковых работ.

До последнего времени (до использования в геохимической практике показателей УВ-биомаркеров) все известные способы диагностики типа ОВ предусматривали изучение его дебитуминизированной части [1]. Определение типа ОВ проводилось либо по элементному составу керогена, либо по мацеральному составу петрографическими методами ([2, 3] и др.). Недостатком этих методов является длительность получения керогена [1]. В последние годы появились новые методы определения типа ОВ: по данным изотопного состава углерода керогена, его пиролизическим характеристикам, геохимическим характеристикам УВ-биомаркеров битумоидов ([1, 4, 5] и др.).

Вместе с тем еще в 60-70-х гг. прошлого столетия В.А.Успенским и О.А.Радченко [6], В.С.Вышемирским, А.Э.Конторовичем и А.А.Трофимуком [3, 7] было показано, что наиболее «консервативной» частью битумоида служат асфальтены, которые менее всего искажаются процессами первичной миграции. Кроме того, в работах Ал.А.Петрова и др. [8-10], А.Э.Конторовича и Л.С.Борисовой [11-14], Б.Тиссо и Д.Вельте [15], И.Рубинштейна и др. [16], Э.Бандурского [17], О.Малинса и др. [18] и других исследователей было высказано предположение, что асфальтены являются фрагментом керогена, несущим его генетический код.

Исходя из сказанного, для целей диагностики типа ОВ автор статьи предпринял попытку использовать параметры изученных асфальтенов [11-13, 19]. Проведенное сравнительное изучение химического состава и

структуры гетероциклических компонентов битумоидов преимущественно морских и континентальных отложений позволило выявить систематическое различие в элементном, структурно-групповом, изотопном составе асфальтенов в зависимости от принадлежности их к ОВ наземной и морской растительности и выделить несколько дополнительных критериев диагностики его типа [11, 13].

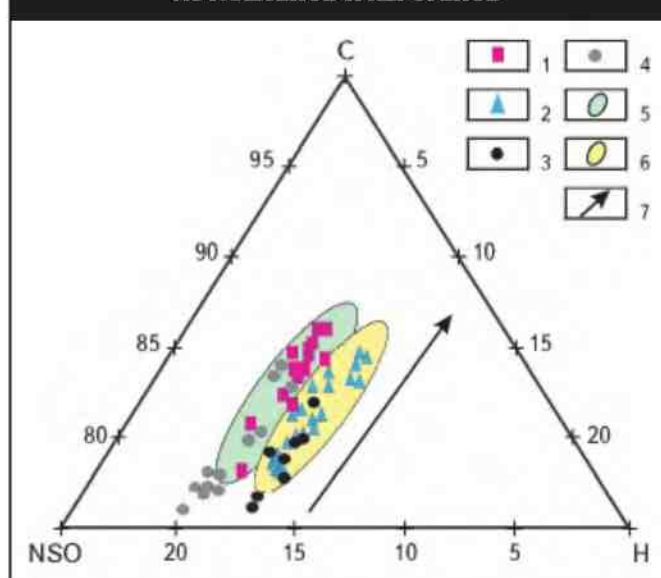
Цель настоящей статьи – показать, что состав и структура асфальтенов четко коррелируют с составом и генетическими особенностями керогена.

В качестве объекта исследования гетероциклических компонентов рассеянного ОВ аквагенной природы были выбраны асфальтены битумоидов из верхнеюрских отложений (баженовская свита), террагенной природы – нижне-среднеюрских, апт-альб-сеноманских отложений Западной Сибири. Методы изучения асфальтенов и условия съемки детально описаны в работах [11, 13, 14, 19].

Целенаправленные исследования автора статьи показали, что асфальтены аквагенного ОВ содержат 72-85 % С, 6-8 % Н, 1-5 % S и 1,0-2,5 % N; атомное соотношение $H/C_{ат}$ изменяется от 1,1 до 1,3. Элементный состав асфальтенов террагенного ОВ отличается от аквагенного ОВ более высокими концентрациями углерода и более низкими – водорода. Отношение $H/C_{ат}$ в асфальтенах террагенного ОВ соответственно значительно ниже, чем в асфальтенах аквагенного ОВ, и не превышает 1. На тригонограмме элементного состава по водороду поля асфальтенов аквагенного ОВ и нефтей в значительной степени совпадают (рис. 1) [14].

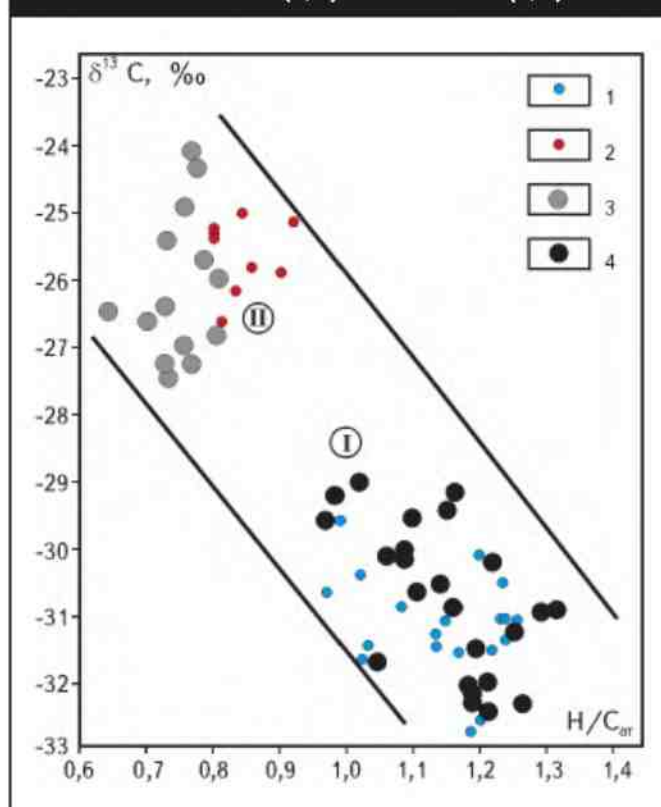
Поле асфальтенов террагенного ОВ на тригонограмме систематически смещено в область более низких концентраций водорода. Это соответствует результатам изучения элементного состава керогенов различ-

Рис. 1. ТРИГОНОГРАММА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АСФАЛЬТЕНОВ И КЕРОГЕНОВ



Асфальтены рассеянного ОВ: 1 – террагенного, 2 – аквагенного; керогены: 3 – аквагенной природы, 4 – террагенной природы; поле: 5 – террагенного ОВ, 6 – аквагенного ОВ; 7 – линия эволюции асфальтенов в прогрессивном нефтидогенезе

Рис. 2. КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТНЫМ И ИЗОТОПНЫМ СОСТАВАМИ АСФАЛЬТЕНОВ (1, 2) И КЕРОГЕНОВ (3, 4)



Рассеянное ОВ: 1, 4 – аквагенное, 2, 3 – террагенное

ной генетической природы (типы II-III), находящихся в главной зоне нефтегазообразования (стадии катагенетической преобразованности $МК_1^1$ - $МК_2^2$) (см. рис. 1) ([13] и др.). На рис. 1 можно наблюдать точное "попадание" данных керогена по водороду в области для асфальтенов аквагенного и террагенного типов.

Таким образом, параметры элементного состава могут служить критерием типа ОВ. Ранее на диаграмме Ван-Кревелена ($H/C_{ат} - O/C_{ат}$) ([13, 14] и др.) данные по асфальтенам ОВ различной природы также четко разделились на две области и в некотором приближении соответствовали основным генетическим типам керогена.

В работе также показано, что различия в изотопном составе углерода асфальтенов рассеянного ОВ разной генетической природы аналогичны закономерностям, установленным А.Э.Конторовичем, Л.И.Богородской, С.И.Голышевым для керогена [20]: асфальтены террагенного ОВ имеют более тяжелый изотопный состав углерода (в среднем $-27,9$ ‰ по сравнению с $-31,1$ ‰ для аквагенного типа ОВ) (рис. 2).

По этому параметру также возможна диагностика типа ОВ. Между элементным и изотопным составами асфальтенов рассеянного ОВ различной генетической природы наблюдается довольно четкая зависимость (см. рис. 2). Данные по изучению элементного и изотопного составов керогена вместе с асфальтенами позволили получить две четко разделенные области значений – аквагенного (I) и террагенного (II) типов ОВ (см. рис. 2).

Состав асфальтенов аквагенного и террагенного ОВ предопределяет еще одну важную особенность для построения теории нефтидогенеза. При изучении кинетики и продуктов деструкции асфальтенов методом пиролиза были получены интересные данные о количестве новообразованных УВ, характеризующих генерационную способность асфальтенов. Результаты исследований показали, что при пиролизе от 25 до 35 % массы асфальтенов аквагенного ОВ дают начало УВ. В террагенном ОВ это значение намного меньше – до 200 УВ/г $C_{эл}$. Кроме того, обнаружено, что изученные керогены находятся с асфальтенами в четком соответствии по УВ-потенциалу («попадание» в одно поле): I – для террагенного, II – аквагенного ОВ (рис. 3) [11, 13, 14, 19].

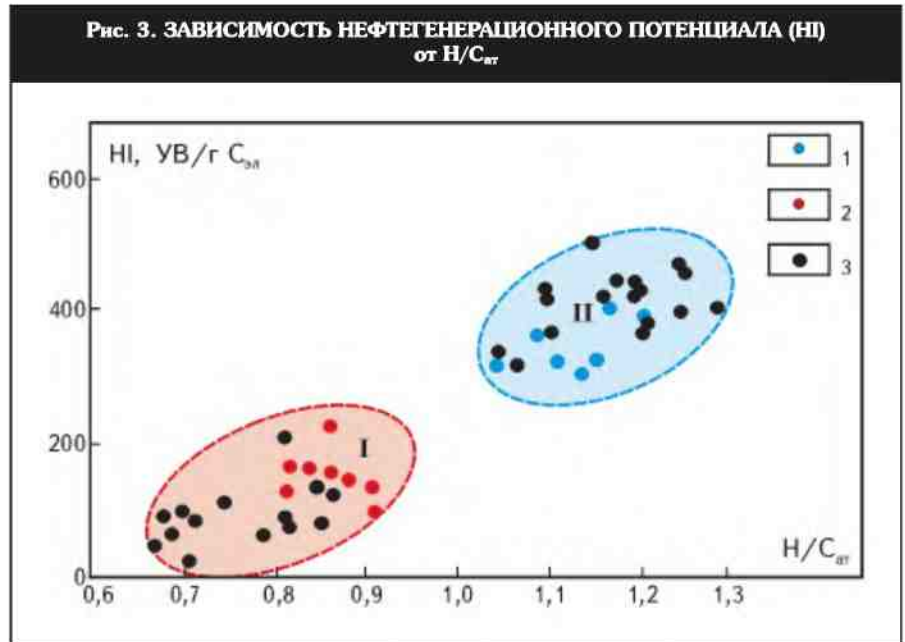
Приведенные данные могут служить дополнительным подтверждением гипотезы о природе асфальтенов, унаследованности ими облика исходного ОВ. Это открывает новые возможности использования для диагностики типов ОВ знаний о составе и структуре вместо трудоемкой операции концентрирования и дальнейшего изучения керогена. Схема анализа асфальтенов и керогенов, а также диагностические критерии показаны на рис. 4.

Таким образом, обнаруженные различия в химическом строении асфальтенов разных генетических типов вполне отчетливы, и асфальтены, бесспорно, могут быть использованы в качестве генетической метки ОБ [11, 13, 14] по следующим параметрам: содержание Н, атомное отношение Н/С, изотопный состав углерода, количество новообразованных УВ.

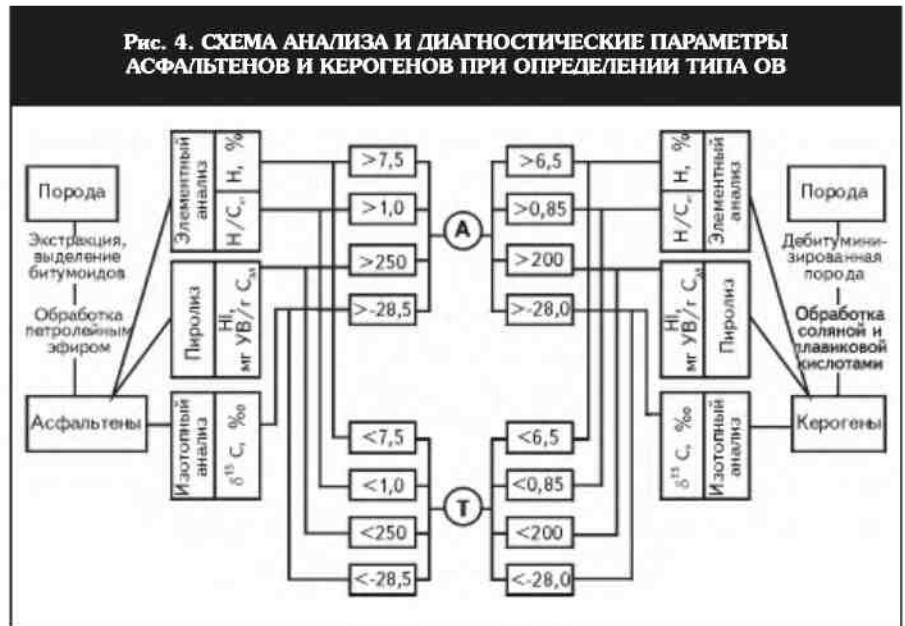
Как показали проведенные исследования, с точки зрения диагностики типа ОБ наиболее оптимально изучать асфальтены комплексным использованием достаточно доступных взаимодополняющих инструментальных методов: элементного анализа, масс-спектрометрического определения изотопного состава углерода, пиролиза «Rock-Eval». Корреляция параметров, полученных этими методами, достаточно высокая.

Литература

1. **Богородская Л.И.** Кероген. Методы изучения, геохимическая интерпретация / Л.И.Богородская, А.Э.Конторович, А.И.Ларичев. – Новосибирск: Филиал Гео, 2005.
2. **Парпарова Г.М.** Применение методов углететрографии для исследования рассеянного органического вещества пород / Г.М.Парпарова // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1970.
3. **Конторович А.Э.** Органическая геохимия мезозойских нефтегазоносных отложений Сибири / А.Э.Конторович и др. – М.: Недра, 1974.
4. **Peters K.E.** The Biomarker Guide, Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History / K.E.Peters. – New Cambridge York: University Press, 2005.
5. **Vandenbroucke M.** Kerogen origin, evolution and structure / M.Vandenbroucke, C.Largean // Organic Geochemistry. – 2007. – V. 38.
6. **Успенский В.А.** К разработке генетической классификации рассеянного органического вещества / В.А.Успенский, О.А.Радченко и др. // Тр. ВНИГРИ. Вып. 128. Вопросы образования нефти. – Л., 1958.
7. **Вышемирский В.С.** Миграция рассеянных битумов / В.С.Вышемирский, А.Э.Конторович, А.А.Трофимук // Тр. ИГГ СО РАН. Вып. 142. – Новосибирск: Наука, 1973.



Для асфальтенов рассеянного ОБ: 1 – аквагенного, 2 – террагенного, 3 – керогена; I, II – поля распространения асфальтенов и керогенов разных генетических типов ОБ



Тип ОБ: А – аквагенный, Т – террагенный

8. **Арефьев О.А.** Асфальтены – показатели геохимической типизации нефтей / О.А.Арефьев, В.М.Макушина, Ал.А.Петров // Известия АН СССР. Серия Геол. – 1980. – № 4.
9. **Петров Ал.А.** Углеводороды нефти / Ал.А.Петров. – М.: Наука, 1984.
10. **Гордадзе Г.Н.** Исследование углеводородного состава продуктов термолитиза асфальтенов товарной смеси За-



падно-Сибирских нефтей / Г.Н.Гордадзе, Ал.А.Петров // Геология нефти и газа. — 1986. — № 3.

11. **Борисова Л.С.** Методические рекомендации по схеме изучения асфальтенов для целей диагностики нефтематеринских пород и количественной оценки перспектив нефтегазоносности / Л.С.Борисова, А.Э.Конторович. — Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМСа, 1991.

12. **Конторович А.Э.** Состав асфальтенов как индикатор типа рассеянного органического вещества / А.Э.Конторович, Л.С.Борисова // Геохимия. — 1994. — № 11.

13. **Борисова Л.С.** Гетероциклические компоненты рассеянного органического вещества и нефтей Западной Сибири / Л.С.Борисова // Геология и геофизика. — 2004. — Т. 45. — № 7.

14. **Борисова Л.С.** Введение в геохимию высокомолекулярных компонентов нефти / Л.С.Борисова. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2012.

15. **Тиссо Б.** Образование и распространение нефти / Б.Тиссо, Д.Вельте. — М.: Мир, 1981.

16. **Rubinstein I.** Pyrolysis of asphaltenes: a source of geochemical information / I.Rubinstein, C.Spyckerelle, O.Strausz // *Geochem. et cosmochim. Acta.* — 1979. — V. 43. — № 1.

17. **Bandurski E.** Structural Similarities between oil-generating Kerogens and petroleum asphaltenes / E.Bandurski // *Energy Source.* — 1982. — V. 6. — № 1/2.

18. **Mullins O.C.** Asphaltenes. Heavy Oils and Petroleomics // O.C.Mullins, E.Y.Sheu, A.Hammami, A.G.Marshalln. — New York: Springer, 2007.

19. **Конторович А.Э.** Диагностика асфальтенов РОВ и нефтей пиролитическим методом / А.Э.Конторович, В.Н.Меленевский, Л.С.Борисова // Докл. РАН. — 1988. — Т. 302. — № 3.

20. **Конторович А.Э.** Распределение стабильных изотопов углерода в седидах различных областей / А.Э.Конторович, Л.И.Богородская, С.И.Голышев // Геология и геофизика. — 1985. — № 7.

© **Л.С.Борисова, 2016**

Любовь Сергеевна Борисова,
старший научный сотрудник,
кандидат геолого-минералогических наук,
BorisovaLS@ipgg.sbras.ru.

ASPHALTENES INHERIT KEROGEN GENETIC CODE

Borisova L.S. (FSBI «Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of RAS»)

Geochemical analysis of composition and structure of the asphaltene organic matter (OM) with different genetic nature showed that similarly to kerogen they vary significantly depending on whether they belong to aquagene (sea) or terragene (continental) type. That allowed to develop geochemical criteria for OM type diagnostics according to heterocyclic components. The developed diagnostic criteria for organic matter type according to the study of asphaltene and kerogen could be used for the diagnostics of the oil source beds for different oil-bearing regions of the country.

Key words: Western Siberia; organic matter; diagnostic criteria; asphaltenes; kerogen.