

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/21_2017

УДК 550.4:552.578:551.248.1

Баженова Т.К.Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

РОЛЬ ОРГАНИЧЕСКОЙ ГЕОХИМИИ В ОЦЕНКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Рассматривается роль и возможности методов органической геохимии в оценке геологических явлений, отражающихся в стратиграфии, фациальном анализе, геотермии и, особенно, в исторической геотектонике. Глобальность распространения обогащённых органическим веществом горизонтов определённого возраста позволяет использовать их в качестве стратиграфического коррелятива. Свойства ископаемого органического вещества как «максимального термометра» можно использовать для расшифровки палеогеотермических режимов. Сравнительная оценка катагенеза органического вещества позволяет в свою очередь оценивать амплитуды погружения, подъёма и размыва отложений, а также решать вопросы исторической геотектоники.

Ключевые слова: органическая геохимия, катагенез органического вещества, историческая геотектоника, палеогеотермический режим.

Органическая геохимия – раздел геохимии, изучающий распространенность, форму присутствия, происхождение, состав и химическую эволюцию органических соединений в геологических условиях. Органическая геохимия изучает органическое вещество (ОВ) осадочных пород на всех этапах его онтогенетической эволюции, его трансформацию в летучие продукты, прежде всего в углеводороды, а также эволюцию самих углеводородов – углеводородных систем (в российском понимании этого термина) на путях их эмиграции, миграции, аккумуляции и консервации.

Органическая геохимия – наука сравнительно молодая, – ей немногим более 50 лет. Она возникла на границе нескольких областей знания и несёт в себе элементы и методы нескольких наук: органической химии, углехимии, углепетрографии, нефтегазовой геологии, микропалеонтологии. Органическая геохимия – наука генетическая; только в рамках её методологии можно определить источник углеводородов как в общих, так и в частных случаях. Естественно, в первую очередь органическая геохимия призвана служить нефтегазовой геологии, её прогнозно-поисковым целям и задачам. Этому посвящён огромный массив литературы и эти вопросы здесь не рассматриваются. В данной статье автор попытался хотя бы кратко осветить роль органической геохимии в ряде разделов геологической науки, непосредственно не связанных с проблемами нефти и газа.

Идея статьи возникла в связи с тем, что в процессе исследований приходится сталкиваться с некоторыми неясными или ошибочными положениями в смежных областях

геологии, которые можно было бы прояснить и(или) исправить с применением методов органической геохимии.

Эти возможности недооценены геологами, которые нечасто используют органическую геохимию для решения геологических вопросов.

Ископаемое ОВ в концентрированной и, особенно, в рассеянной форме распространено в природе чрезвычайно широко, – в стратисфере и метасфере (бывшей стратисфере) практически повсеместно – от метаморфических пород докембрия до современных осадков. Однако количественное его распределение крайне неравномерно как по вертикали, так и по латерали, но при этом оно не хаотично, а вполне закономерно. Распределение ОВ по разрезу подчиняется закону цикличности [Баженова, 2008], а по латерали оно неразрывно связано с определённым набором фаций. Качественные характеристики ОВ достаточно разнообразны и изначально детерминируются эволюцией биоценозов, а начиная с девонского времени существенную роль начинает играть фациальная принадлежность осадка. На качественные характеристики ОВ конкретной породы оказывает влияние степень его катагенетической эволюции, о чём сказано далее.

В геологической истории в процессе погружения отложений, ОВ постепенно попадает в область всё более высоких температур, теряя при этом свою определённую часть в виде летучих продуктов, прежде всего углеводороды, составляющие в случае ОВ сапропелитов и гумито-сапропелитов до 35–55% от суммы летучих продуктов. Такая трансформация ОВ при погружении, как известно, именуется катагенезом. При этом остаточная часть ОВ несёт на себе определённые признаки (в виде его химического состава, оптических и некоторых других физических свойств), позволяющие определить степень превращённости и, соответственно, максимальную температуру, воздействию которой оно подвергалось (ОВ является «максимальным термометром»), и через величину максимального термоградиента (палеотермоградиента) - максимальную глубину погружения.

Характерной чертой шельфовой седиментации является цикличность накопления ОВ, когда накапливаемое ОВ представлено планктоном, обычно альгопланктом, реже зоопланктоном. Эпохи максимального накопления ОВ глобальны, в крайнем случае широко региональны, **в связи с этим обогащённые ОВ горизонты могут служить стратиграфическим коррелятивом.** Эпохами максимального накопления морского ОВ в фанерозое являлись: E^2_1 – E^1_2 ; E^1_3 ; O_{2-3} ; S_{11} ; D_{2gv} ; D_3 ; P_{1ar} ; J_1 ; J_3 ; K_1 ; P_2 ; P_3 – N_1 .

На рис. 1 и 2 представлены седиментационные кривые Лено-Тунгусского нефтегазоносного бассейна (НГБ) Сибирской платформы и Тимано-Печорского НГБ Восточно-Европейской платформы, где обогащённые ОВ стратиграфические уровни (нефтегазоматеринские горизонты) показаны чёрным цветом. Эти горизонты представляют

собой формации трансгрессивных и регрессивных фаз циклов 3-го, реже 4-го порядков (соответственно в 45 млн и 22,5 млн лет, если за цикл 1-го порядка принимать величину в 180 млн. лет – «галактический год»). Формации инундационных и эмерсионных фаз осадконакопления обычно не являются обогащёнными ОБ. На обогащение отложений именно трансгрессивных и регрессивных фаз циклов ОБ впервые обратил внимание С.Н. Бубнов (1960), который разделил седиментационные циклы на четыре фазы. Лишь в халистатических разрезах обогащение ОБ охватывает отложения нескольких периодов подряд и тогда в той или иной мере обогащёнными ОБ оказываются формации всех фаз циклов. Однако халистатические области в пределах континентов крайне редки. Особенно важны в качестве коррелятива обогащённые ОБ толщи в докембрии-венде, рифее и даже более древних отложениях, где отсутствуют фаунистические остатки и существенно затруднена палеонтологическая корреляция. В качестве примера можно привести обнажённые и детально изученные разрезы рифея противоположных окраин Сибирской платформы, корреляция которых вызывает определенные трудности, поскольку стратиграфы сопоставляют обогащённую ОБ глинисто-кремнисто-карбонатную толщу – **верхнюю подсвиту малгинской свиты R₂** Алдано-Майского прогиба (крайний ЮВ платформы) со свитой **линок** Турухано-Норильской гряды (крайний запад платформы). Но – в отличие от R₂ml² – свита линок Туруханских разрезов совершенно «стерильна» в отношении ОБ, хотя и имеет литологические черты сходства. Однако свита линок (R₂ln) подстилается толщей кремнистых аргиллитов мощностью 100–120 м (верхняя часть терригенной стрельно-горской свиты – R₂str). Эта кремнисто-аргиллитовая толща обогащена ОБ. Можно предположить, что она и есть стратиграфический аналог верхней подсвиты малгинской свиты R₂ Алдано-Майского бассейна.

Органический мир, и прежде всего растительность “вышли на континенты” в раннем девоне. Остатки высшей флоры сносились в водоёмы. Таким образом в отложениях, начиная с девона, по наличию в них растительных остатков, в том числе и в микроформах, можно определять их фаціальную принадлежность. В додевонских отложениях таким показателем в какой-то мере могут служить остатки донных бурых водорослей (углепетрографы их определяют как псевдовитринит). Псевдовитринит (*Phaeophita*) в отложениях любого возраста может служить дополнительным показателем мелководья.

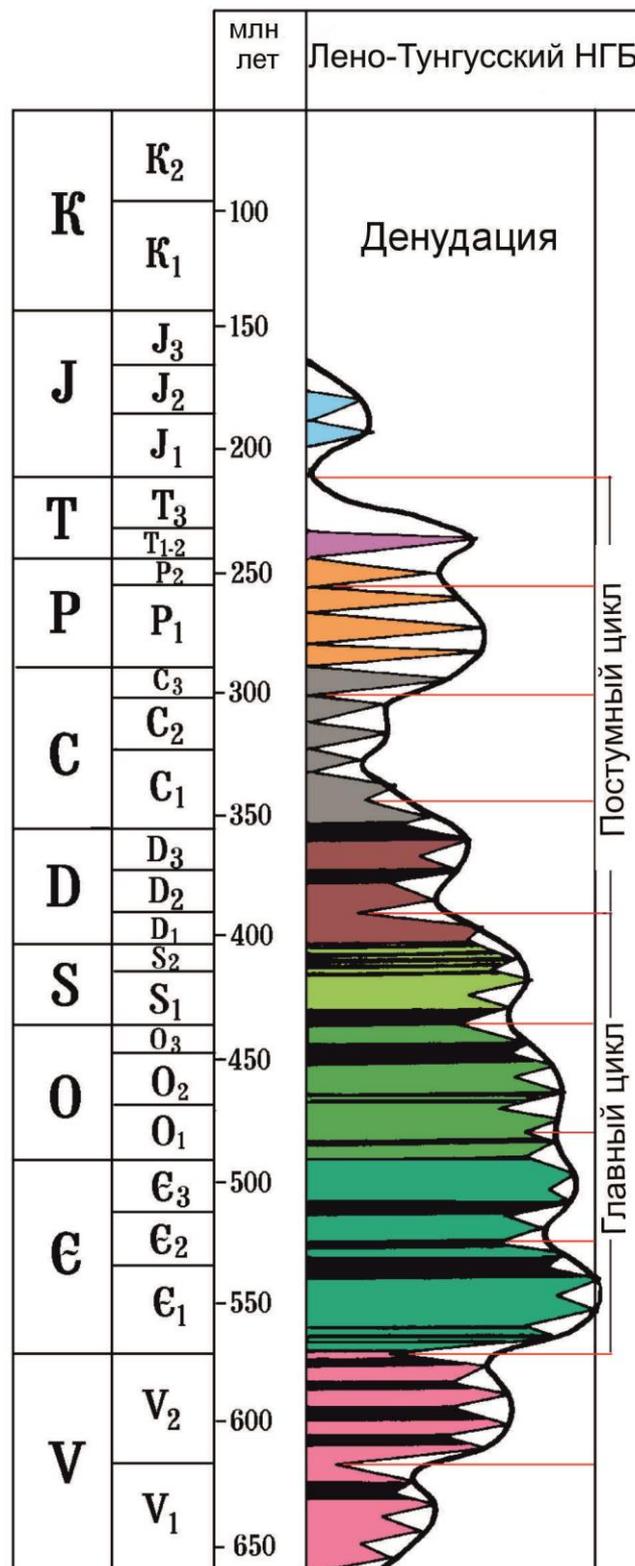


Рис. 1. Седиментационная кривая венда-палеозоя Лено-Тунгусского нефтегазоносного бассейна Сибирской платформы и положение нефтегазоматеринских горизонтов [Баженова, 2008]

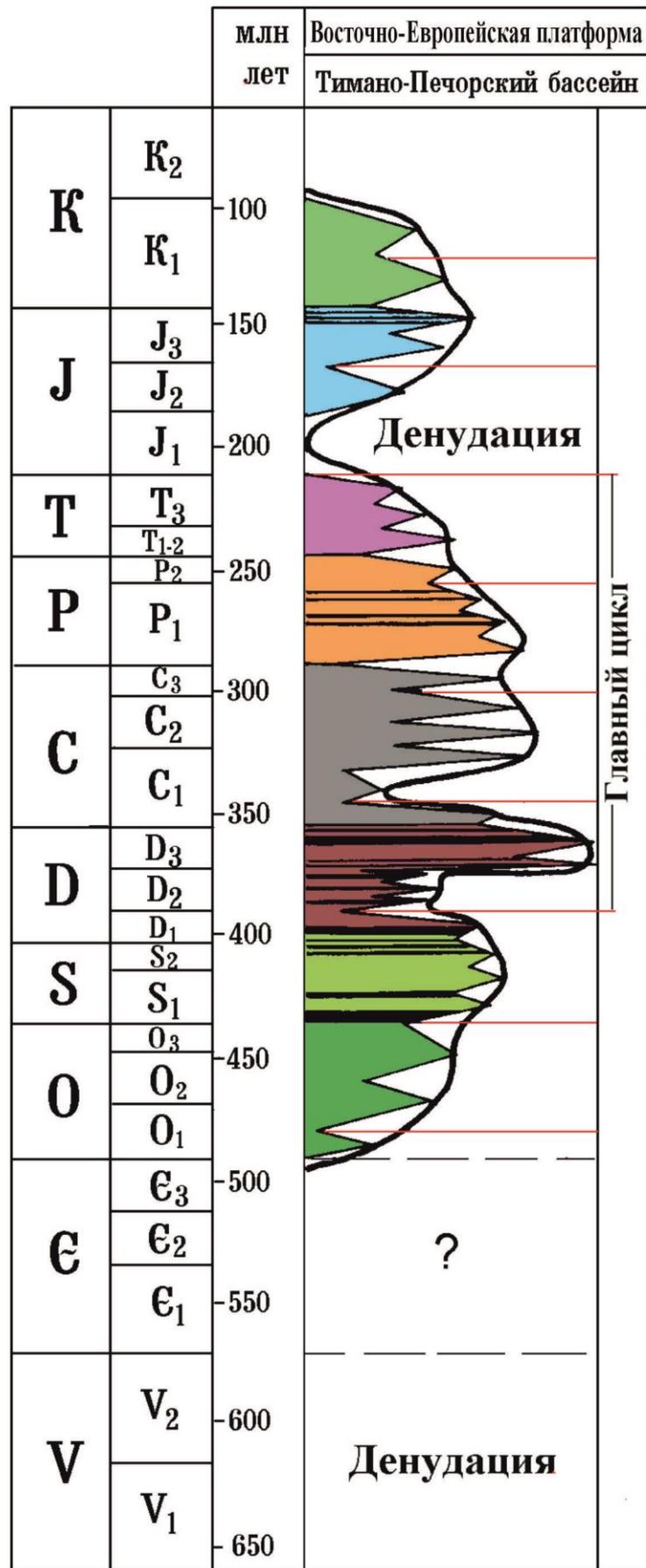


Рис. 2. Седиментационная кривая Тимано-Печорского бассейна и положение нефтегазоматеринских горизонтов [Баженова, 2008]

Выше уже отмечалось, что ископаемое ОБ является максимальным термометром, т.е. его состав и свойства раз и навсегда определяются максимальной температурой, которой оно подвергалось. Сравнительными температурными показателями являются оптические характеристики инградиентов ОБ – отражательная способность и показатель преломления, а также элементный состав остаточного ОБ (керогена). Главным показателем, по которому разработаны температурные шкалы в областях современного погружения, где температуры для данного бассейна (его осадочно-формационного тела) геоисторически максимальны, является отражательная способность витринита. По этому показателю разработаны шкалы катагенеза ОБ для различных регионов. По нему же определяются палеотемпературы в регионах, где современные температуры отличаются от геоисторически максимальных. Витринит, как инградиент гумусового ОБ, встречается в отложениях начиная с нижнего девона. Для более древних отложений разработаны шкалы катагенеза и, соответственно, палеотемператур по показателю преломления альгинита и элементному составу керогена.

Если для какого-то осадочного бассейна или его части разработана шкала катагенеза, то, используя её, легко подсчитать максимальную глубину погружения на том или ином участке. Например, по оптическим показателям и составу керогена для конкретного региона (бассейна) рассчитан максимальный палеоинградиент $5^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ (как на древних платформах). В конкретной скважине на глубине 1,5 км показатели ОБ соответствуют максимальной палеотемпературе примерно 120°C (граница градаций катагенеза $\text{MK}_1/\text{MK}_2^1$ по шкале Н.Б. Вассоевича). При градиенте $5^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ эта температура отвечает глубине 2,4 км ($120/5 = 24 \cdot 100\text{ м}$). Такой подход устанавливает как величину размыва, так и максимальную величину погружения толщи.

Кроме оптических показателей инградиентов ОБ и состава керогена (изучением последнего, к сожалению, в последнее время практически перестали заниматься вследствие известной трудоёмкости), показателем уровня катагенеза ОБ является степень его битуминизации, по крайней мере, высокий катагенез (апокатагенез) по битуминозности определяется легко: при содержании органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) в породах десятые доли и единицы % содержание хлороформного синбитумоида в % на породу **никогда** не выходит за пределы тысячных долей %. Темноцветная «сухая» порода морского генезиса – свидетельствует об апокатагенезе, т.е. максимальное палеопогружение её было как минимум 4,5–5 км.

В случае, если на не очень больших глубинах (палеоглубинах) ОБ метаморфизовано, потеряло битумоидную составляющую, а доля водорода в керогене - не более 1–2%, то где-то поблизости расположен источник тепла в виде магматического тела.

В бассейнах полистадийного развития на границе различных структурно-тектонических комплексов в ряде случаев наблюдается явление, именуемое катагенетическим, или геотермическим несогласием. Выявление такого несогласия возможно при сравнении произведения максимального градиента при формировании нижнего комплекса на его размытую мощность и произведения градиента на мощность верхнего комплекса, которое должно быть ниже. В таком случае на границе комплекса в своё время оказывался значительный перепад температур, что проявилось в перепаде степени катагенетического преобразования ОВ, который и является опознавательным признаком данного феномена. Выявление таких несогласий очень важно для оценки масштабов эмиграции УВ и, стало быть, для оценки нефтегазоносности. Кроме того, оценка катагенеза ОВ в нижнем комплексе помогает оценить степень его воздымания и соответственно эродированности.

Несколько примеров.

1. На северо-восточном склоне Байкитской антеклизы (запад Сибирской платформы) на предвендской поверхности по данным бурения и сейсмопрофилей картируются отложения среднего и верхнего рифея, где наиболее молодые из них образуют полосу, частично ограниченную дизъюнктивами и окаймлённую более древними отложениями. Без анализа истории погружений и соответственно катагенеза ОВ создаётся впечатление, что наиболее молодые отложения рифея образуют грабен-рифт рифейского возраста, а область развития более древних отложений никогда не перекрывалась более молодыми отложениями рифея. Однако на самом деле это не так, ибо катагенез ОВ в древних отложениях существенно выше такового в молодых отложениях «грабен-рифта» - наблюдаемая предвендская картина создалась не в процессе рифейского погружения, а в процессе предвендского дифференцированного подъёма и различных амплитуд размыва.

2. Сложная тектоническая структура гряды Чернышёва (Тимано-Печорский бассейн) различными исследователями трактуется различно. Так, мобилисты считают, что гряда Чернышёва надвинута с востока, со стороны Урала, с амплитудой перемещения более 150 км. Однако такой трактовке противоречат данные катагенеза ОВ, прежде всего в отложениях силура и девона. В пределах гряды Чернышёва катагенез ОВ относительно невысокий, не выше $МК_2^2$, тогда как на востоке, в Уральских разрезах (Лемвинская зона) ОВ не только в силуре, но и в девоне зафиксировано в апокатагенезе, что явно свидетельствует о «независимости» структуры гряды Чернышёва от структуры Урала.

В целом же сравнительная оценка катагенеза ОВ в отложениях наряду с анализом историко-тектонических позиций позволяет выполнить оценку локальных и региональных

амплитуд погружений и воздыманий, сопровождаемых размывом отложений.

Таким образом, спектр решаемых геологических задач с применением исследований органической геохимии может быть существенно расширен. Приведенные примеры свидетельствуют о возможности использования их при анализе в таких разделах геологических исследований как стратиграфия, учения о фациях, геотермия и, особенно, историческая геотектоника.

Литература

Баженова Т.К. Генетические аспекты отдельного прогноза нефте- и газоносности бассейнов древних платформ // Теория и практика нефтегеологического прогноза: сборник статей. - СПб.: ВНИГРИ, 2008. - С.123-150.

Бубнов С.Н. Основные проблемы геологии. - М.: Изд. МГУ, 1960. - 233 с.

Bazhenova T.K.

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia,
ins@vnigri.ru

THE ROLE OF ORGANIC GEOCHEMISTRY IN ASSESSMENT OF GEOLOGICAL PHENOMENA

The role and opportunities of organic geochemistry methods in the assessment of geological phenomena in stratigraphy, facial analysis, geothermy, and especially in historical geotectonics is analyzed. The scope of distribution of definite aged layers enriched by organic matter allows us to use them as a stratigraphic correlative. The properties of fossil organic matter as a "maximum thermometer" can be used to determine paleogeothermal regimes. A comparative assessment of organic matter catagenesis allows, in turn, to estimate the amplitude of plunging, uplift and erosion of deposits, as well as to solve some other issues of historical geotectonics.

Keywords: *organic geochemistry, organic matter catagenesis, historical geotectonics, paleogeothermal regime.*

References

Bazhenova T.K. *Geneticheskie aspekty razdel'nogo prognoza nefte- i gazonosnosti basseynov drevnikh platform* [Genetic aspects of separate forecast of oil and gas potential of ancient platforms' basins]. In: *Teoriya i praktika neftegeologicheskogo prognoza* [Theory and practice of oil-geological forecast]: Collection of papers. St. Petersburg: VNIGRI, 2008, p. 123-150.

Bubnov S.N. *Osnovnye problemy geologii* [The main problems of geology]. Moscow: MSU, 1960, 233 p.

© Баженова Т.К., 2017