

THE DEVELOPMENT OF SUBMISSIONS ABOUT CARBON DEPOSITS DOMANIK TYPE

N.F. STOLBOVA

Deposits domanik type are mother rocks of oil. They have high metal content and range on the areas diamondiferous provinces. In this work the features lithogeny and geochemistry of the buried organic matter in them are shown and more precise definition of the deposits of domanik type is given.

УДК 551.25: 552.16

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

А.Н. ФОМИН

Рассмотрены возможности различных методов диагностики уровня зрелости ОВ и вмещающих пород: углепетрографические, палеонтологические, физико-химические, минералогические и др. Среди них наиболее надежными являются углепетрографические, в частности, отражательная способность витринита. Преимуществом углепетрографии является то, что здесь визуально видны мацералы, из которых можно выбрать наиболее пригодные для анализа и предварительно визуально оценить уровень зрелости ОВ. К тому же анализы выполняются по определенным мацералам, а не в навеске из их смеси. Большинство остальных методов позволяют чаще всего выявить только тенденцию изменения определенных параметров с ростом катагенеза, но не дают точной количественной оценки уровня зрелости ОВ.

Существует множество методов, позволяющих с той или иной степенью надежности оценить уровень зрелости органического вещества (ОВ): углепетрографические, палеонтологические, физико-химические, минеральные индикаторы, расчетные параметры катагенеза. **Углепетрографические.** Из них предпочтение отдается *отражательной способности витринита* – мацерала ОВ, широкого стратиграфического диапазона распространения, обладающего закономерным изменением оптических свойств от протокатагенеза до метагенеза. Иногда для этих целей используют другие мацералы ОВ: семивитринит, семифузинит, фузинит, лейптинит, псевдовитринит. Целесообразно проводить диагностику мацералов в двусторонне-полированных шлифах, используя по очереди отраженный и проходящий свет. Желательно измерять отражательную способность мацералов непосредственно в полированных препаратах из ненарушенной породы с достаточно высоким содержанием органического вещества. Это позволяет избежать длительного и трудоемкого процесса извлечения керогена из породы, который к тому отражается на оптических свойствах мацералов. **Показатель преломления ($N_{пр}$)** мацералов ОВ с ростом катагенеза равномерно увеличивается. Наиболее закономерно это происходит у витринита. Надежнее $N_{пр}$ устанавливается в пределах ПК–АК₁ градаций катагенеза. Используются также $N_{пр}$ мацералов аквагенного ОВ: псевдовитринита, коллоальгинита, коллохитинита и сорбомикстинита. **Флуоресценция мацералов** наиболее информативна для альгинита и лейптинита. Каждый мацерал по шкале катагенеза характеризуется собственным спектром. Индикаторами уровня зрелости ОВ являются спектральные параметры: интенсивность свечения (λ_{546} , IF); длина волны максимальной интенсивности флуоресценции (λ_{max}); спектральный коэффициент Q. Надежность метода снижают вариации оптических свойств микрофитофоссилий, связанные с их морфологией, сохранностью фрагментов. **Визуальная диагностика уровня зрелости ОВ.** Критериями при этом служат окраска фрагментов в проходящем и отраженном свете, их рельеф, сохранность анатомического строения, анизотропия. Чаще всего используется цвет лейптинита. С ростом катагенеза светлая окраска лейптинита, витринита, альгинита постепенно темнеет и в апокатагенезе они становятся непрозрачными, растет рельеф и анизотропия мацералов.

Палеонтологические. Окраска микрофоссилий. Существуют шкалы, в основу которых положены цветовые и структурные изменения их. По окраске, форме и структуре палиноморф разработана семибальная шкала изменений окраски палиноморф – "термический индекс преобразованности" (ТАИ). В морских и древних отложениях, в которых террагенное ОВ отсутствует, уровень зрелости можно определять по окраске *конодонтов*. Для них предложена пятибальная шкала изменения окраски (САИ) от светло-желтого до черного. Микрофитофоссилии информативны до средних градаций катагенеза, а при более высокой преобразованности – конодонты. Эти индексы (как и любые другие визуальные критерии) дают приблизительную оценку степени преобразованности органического вещества.

Физико-химические методы исследования керогена и битумоидов. Углехимические показатели уровня зрелости ОВ имеют разную информативность по шкале катагенеза. На них влияют минеральные примеси и тип ОВ. Обычно используют анализы гелитолитов. В **элементном** отношении ОВ состоит преимущественно из углерода, водорода и гетероэлементов. Общая направленность изменений ОВ в ходе катагенеза – обогащение его углеродом, перераспределение водорода и гетероэлементов. Разрешающая способность **углеродного коэффициента (C^I)** как показателя уровня зрелости сравнительно невелика (особенно до среднего катагенеза), поскольку наблюдается перекрытие в содержании C^I у смежных градаций. Хотя, вариации значений других углехимических параметров более существенны. **Содержание водорода (H)** в значительной степени характеризует генезис ОВ, чем уровень его зрелости. Тем не менее, с ростом преобразованности, содержание водорода в ОВ убывает. **Групповой состав** ОВ включает определение выхода летучих веществ (V^I), теплотворной способности (Q), удельного веса (d), влажности (W^I) и зольности (A). Для диагностики уровня зрелости ОВ наиболее результативным является **выход летучих веществ**. С ростом катагенеза этот параметр

снижается, но на разных участках шкалы катагенеза это происходит неравномерно. В апокатагенезе он резко замедляется и далее практически не меняется. *Влажность* наиболее информативна в протокатагенезе, поскольку на этом этапе ОВ существенно теряет влагу. *Удельный вес* гелитолитов с ростом катагенеза постепенно снижается с минимумом на МК₂-МК₃ градациях, а затем нарастает.

Физико-химические. Пиролиз органического вещества, т.е. разложение его при повышенных температурах сопровождается двукратным выделением из него УВ (пики S₁, S₂). Смещение максимума второго пика в направлении более высоких температур (T_{МАХ}) связано с увеличением степени катагенеза ОВ. Показателем уровня зрелости ОВ является также отношение S₁/(S₁+S₂) – индекс продуктивности (PI), который с ростом катагенеза увеличивается. **Показатель термической устойчивости** (C_R/C_T) ОВ зависит от типа ОВ и уровня его зрелости. Катагенез ОВ оценивается отношением остаточного углерода (C_R) к общему, принятому за единицу (C_T). С ростом катагенеза отношение C_R/C_T увеличивается от 0 до 1. **Дифференциально-термический анализ (ДТА)** позволяет выявлять фазовые превращения, протекающие в веществе при нагревании. За основной диагностический признак принимается температура начала экзотермического эффекта (T_{Н.Э.}) выгорания ОВ в пробе. В ходе катагенеза прослеживается смещение максимума второго пика выгорания ОВ в область более высоких температур. **Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)**. Интенсивность сигнала ЭПР пропорциональна числу свободных радикалов (спинов) в структуре ОВ и увеличивается с ростом катагенеза: сначала сигнал достигает максимума в конце мезокатагенеза, затем снижается. Наличие максимума на кривых вносит неопределенность в оценку уровня зрелости. **Дифракция электронов** дает информацию об упорядоченности углеродных структур в керогене, о трансформации их. Степень упорядоченности и пространственной ориентировки ароматических молекул зависит от типа ОВ и уровня его зрелости. Кристаллическая упорядоченность ОВ постепенно возрастает от протокатагенеза до метакатагенеза. **Инфракрасная спектроскопия**. ОВ имеет характерные для каждой градации катагенеза ИК-спектры поглощения. В качестве диагностирующих параметров уровня зрелости ОВ принимаются интенсивности полос поглощения, наиболее заметно меняющиеся с ростом катагенеза и относящиеся к основным функциональным группам и связям ОВ. В ряде случаев данные ИК-спектроскопии допускают неоднозначную интерпретацию. Поэтому по ИК-спектрам можно судить только о тенденции катагенетических изменений ОВ.

Биомаркерные показатели. С ростом катагенеза происходят значительные изменения хемофоссилий. Большинство из них информативно в пределах ГЗН, некоторые – до конца градации МК₄ и выше. Типичными хемофоссилиями (биомаркерами) являются порфирины, терпеноиды (пристан, фитан, стераны, гопаны), нечетные n-алканы (парафины), изоалканы. **Нормальные алканы**. В керогене преобладают молекулы с нечетным числом атомов углерода. С ростом катагенеза по мере генерации новых алканов это неравенство выравнивается и отношение нч/ч приближается к единице. На этот параметр влияют количество исходных и новообразованных алканов, тип керогена. Поэтому слабое преобладание нечетных молекул не всегда означает высокий уровень зрелости ОВ: оно может указывать на отсутствие высших n-алканов терригенного происхождения. **Изопреноиды** являются главным структурным элементом терпеноидов, стероидов, каротиноидов, пристана и фитана. В ходе катагенеза увеличивается отношение пристан/фитан. Однако для аквагенного и липоидного ОВ этот показатель не информативен. Отношение изопреноидов к n-алканам (пристан/n-C₁₇, фитан/n-C₁₈) с ростом катагенеза снижается для всех типов ОВ. Основными **металлопорфиринами** в нефтях являются комплексы ванадия и никеля, а в керогене – железа и галлия. Порфирины в ходе катагенеза изменяют молекулярную массу. Средняя молекулярная масса железа или галлия с порфиринами является порфириновым индексом степени катагенеза. Содержание ванадил – и никельпорфиринов с ростом катагенеза уменьшается.

Стереохимические изменения УВ. Нефти наследуют стереохимические параметры зрелости, достигнутые керогеном к началу ее генерации. Поэтому по ним можно судить о преобразованности исходного ОВ. Т е р п а н ы. Обычно исходное ОВ синтезирует тритерпены ββ-гопанового ряда, а αβ ряд генерируется при изомеризации ββ- или βα-рядов в диагенезе и катагенезе. Поэтому стереохимия соединений ряда гопана является показателем уровня зрелости ОВ. С ростом катагенеза увеличиваются отношения 22S / (22S+22R), Ts/Tm и уменьшается βα-моретаны/(αβ-гопаны + ββ-гопаны). С т е р а н ы. В ходе катагенеза происходит эимеризация основных хиральных центров у 14, 17 и 20-го атомов углерода, в результате чего образуются изостераны со структурой 5α, 14α, 17α, 20R, 20S (биостераны) С ростом катагенеза увеличиваются отношения: изостераны/α-стераны; Reag/(Reag+Reg); 20S/(20S+20R); ββ/(ββ+αα).

Ароматические стероиды. С ростом катагенеза уменьшается количество нафто-ароматических УВ стероидного и тритерпеноидного типа, но сохраняются чисто ароматические соединения. Происходит ароматизация моноароматических (МА) стероидов в триароматические (ТА). В ходе катагенеза увеличиваются отношения: ТА / (ТА+МА); МА(I) / МА(I+II); ТА(I) / ТА(I+II).

Минеральные индикаторы. Преобразованность осадочных пород оценивается по качественным и количественным показателям изменения минеральной части. **Качественные**: минеральные парагенезы и характер новообразований минералов, изменение структур и текстур пород, степень консолидации осадков. В качестве показателя катагенеза пород чаще всего применяются трансформации минерального ряда монтмориллонит – гидрослюда. При этом наблюдается прерывистость, стадийность данного процесса, позволяющая коррелировать этапы трансформации смешаннослойных образований с градациями катагенеза ОВ. Неравномерный характер породообразования приводит к сохранению реликтовых минералов предыдущих стадий, что снижает надежность диагностики степени преобразованности по минеральной части породы.

Количественные: характер межзерновых контактов в песчаниках и алевролитах, физические свойства терригенных пород, степень кристалличности аутигенных глинистых минералов. Наиболее часто используются *межзерновые кон-*

такты: точечные, прямолинейные первичные, прямолинейные вторичные, выпукло-вогнутые, сутурные [Перозио, 1971]. Первые два типа контактов свидетельствуют о слабом уплотнения породы, а остальные – о более сильном. Количественная оценка различных типов контактов между зернами выражается коэффициентами интенсивности катагенеза. Сложность и неравномерность структурных и минералогических изменений песчаников и влияние на них большого числа факторов, в том числе и не связанных со стадийной зональностью, не позволяют использовать их для точной количественной оценки катагенеза. Определенную помощь для оценки степени преобразованности осадочных пород могут дать их *физические свойства* (пористость, плотность). По мере литификации осадочных пород постепенно уменьшается их *пористость*. Этот процесс начинается еще в диагенезе, но наиболее интенсивно идет в раннем и среднем катагенезе. Пористость глинистых пород может служить ориентировочным показателем степени катагенеза, поскольку зависит от многих факторов, которые в каждом конкретном случае проявляются по-разному. *Плотность*. Несмотря на вариации значений плотности, в целом проявляется следующая закономерность: в плотных породах находится высоко преобразованное ОВ, и наоборот, мало измененное органическое вещество присуще слабо литифицированным отложениям. Выделены границы градаций катагенеза по средним значениям объемного веса.

Между отражательной способностью витринита, минеральным составом глин, физическими свойствами и другими характеристиками осадочных пород не может быть одинаковых соотношений, поскольку они в разной степени зависят от факторов катагенеза. Поэтому с критериями диагностики уровня зрелости по ОВ не всегда однозначно совпадают параметры осадочных пород. Можно говорить только о тенденции изменения того или иного параметра осадочных пород, а не о точной диагностике по ним степени преобразованности.

В тех случаях, когда не могут быть применены рассмотренные выше методы, используют *расчетные показатели катагенеза*. Н.В. Лопатин на основе реконструкции палеоглубин и палеотемператур, предложил подсчитывать суммарный импульс тепла (СИТ), повлиявший на конкретный объект. Нестеров И.И. использовал числовую характеристику степени катагенеза, равную произведению глубины залегания глин и температуры на данной глубине, деленному на значение абсолютной пористости глин. Применяют методы реконструкции палеотемператур, основанные на анализе состава минеральных образований пород. Большинство этих методов дают высокие значения палеотемператур, в 1.5–2.0 раза превышающие аналогичные данные по отражательной способности витринита.

Среди рассмотренных методов наиболее надежными являются углепетрографические, в частности, отражательная способность витринита. Поэтому в настоящее время в качестве стандартного показателя уровня зрелости ОВ принят именно этот параметр. Для морских и древних толщ, в которых отсутствует витринит, разработаны шкалы катагенеза по аквагенным мацералам ОВ. Большинство остальных методов позволяют чаще всего выявить только тенденцию изменения определенных параметров с ростом катагенеза, но не дают точной количественной оценки уровня зрелости органического вещества.

УДК 552.16:553.98 (571.1)

КАТАГЕНЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ В ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТРИАСА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

А.Н.ФОМИН

По отражательной способности нитриита установлен уровень зрелости органического вещества (ОВ) в осадочных отложениях триаса на 19 разведочных площадях Западно-Сибирского мегабассейна. Преобразованность ОВ в кровле триаса изменяется в пределах градаций $МК_1 - AK_2$, а в более глубоких горизонтах до AK_3 . Наименьший катагенез ОВ зафиксирован на бортах мегабассейна. К его центральным частям он нарастает (середины мезокатагенеза), а на севере достигает апокатагенеза. Преимущественно террагенный состав ОВ позволяет предполагать генерацию в этих толщах газообразных углеводородов. По условиям катагенеза возможно сохранение их залежей в отложениях с уровнем зрелости и ОВ в пределах градаций $МК_1 - AK_1$.

Ключевые слова: осадочные отложения триаса, катагенез органического вещества, перспективы нефтегазоносности.

С триасовым периодом в Западной Сибири связаны процессы деструкции земной коры, приведшие к заложению рифтовой системы, в которой развиты наиболее полные разрезы триасовых отложений. Они были вскрыты уже первыми опорными скважинами, пробуренными на юге Западно-Сибирского мегабассейна. Эти отложения встречены также в угленосных бассейнах восточного склона Урала и в обнажениях Приполярного Урала. Но их залегание в узких грабенообразных впадинах, разный генезис, пестрота литологического состава, ограниченный палеонтологический материал создают большие трудности при сопоставлении разрезов. Поэтому геологическое строение триасовых отложений Западной Сибири остается дискуссионным, несмотря на то, что пробурены Тюменская сверхглубокая скв. СГ-6, разрез которой уникален и весьма информативен для системы, и ряд других скважин.

На строение триасового комплекса существуют различные точки зрения [4,6,7]. Считается, что триасовая система Западной Сибири формировалась в два главных этапа: в первом (инд, оленек, анизий) осадконакопление происходило при аридном и семиаридном жарком климате в условиях проявления вулканических процессов, а во втором (ладин, карний, норий, рэт) – имел место нормально-осадочный седиментогенез при теплом гумидном климате с обильной