

- конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 78 – 181.
3. Мальков И.П., Условия формирования осинского горизонта центральной и восточной частей Непского свода./ Геофизические исследования, 2014. – Т.15 – №1 – С. 66 – 77.
 4. Недоливко Н.М., Генетические признаки и условия образования отложений усольской свиты Непско-Ботубинской антеклизы. – Казань: Изд-во ООО «Экспозиция Нефть Газ» Республика Татарстан, 2012. – Нефть Газ – № 2 (20). – С. 30 – 33.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ OPTKIN

Р.С. Кашапов

Научный руководитель профессор И.В. Гончаров

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

Кинетические исследования пиролитической деструкции органического вещества (ОВ) являются неотъемлемой частью бассейнового моделирования. Именно благодаря этим исследованиям удастся перейти от лабораторных температур пиролиза (300-700°C) к температурам пласта (60-140°C), а от того насколько корректно выполнено моделирование кинетики зависит не только время начала генерации углеводородов, но и их количество.

Программный комплекс Optkin французского института нефти (IFP) предназначен для моделирования кинетики процесса термической деструкции ОВ на основе пиролитических данных (Rock-Eval). В основе программы лежит кинетическая модель Тиссо и Эспиталье, по которой термическая деструкция ОВ описывается серией параллельных реакций первого порядка по закону Аррениуса [3]. Целью автоматического компьютерного моделирования является нахождение минимального значения (Err Function) в расхождении между экспериментальными данными и расчетными.

Экспериментальные данные представляют собой пирограммы одного и того же образца при различных скоростях нагрева, чаще всего при трех (5, 15, 25° C/мин) или пяти (5, 10, 15, 20, 25 °C/мин). Трех скоростей нагрева обычно достаточно для надежного определения кинетических параметров [4]. Результатом моделирования является гистограмма распределения долей общего водородного индекса (HI) по энергиям активации (Ea), где также указана величина константы Аррениуса (A) и значение Err Function (рис. 1). Распределение считается адекватным, если значение Err Function <0,1 [2].

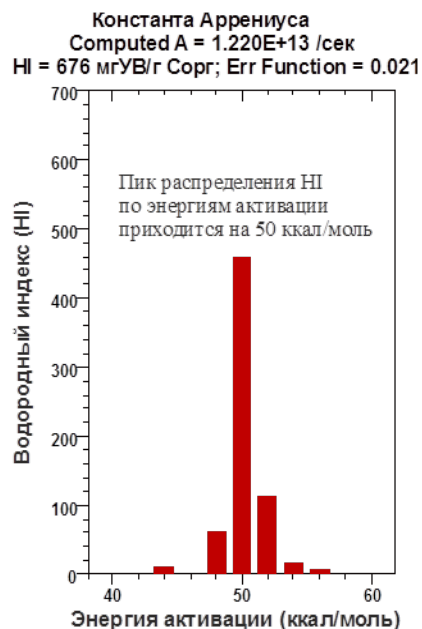


Рис. 1. Гистограмма распределения HI по Ea

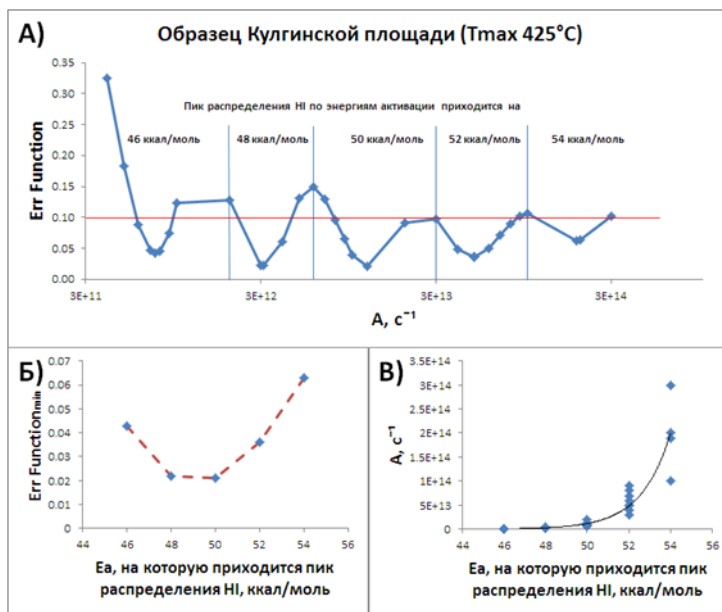


Рис. 2. Зависимости между A и Err Function (A), Ea и Err Function_{min} (B), Ea и A (B)

Обычно кинетические исследования выполняются для нескольких образцов керна скважины, ОВ которых относится к одному типу (например, баженовской свите). Однако, результаты моделирования кинетики выполненные даже для одного и того же образца, проанализированного несколько раз при трех (пяти) скоростях нагрева, могут значительно отличаться.

Отличие заключается в том, что наблюдается сдвиг пика распределения HI по Ea. В статье [1] описан подобный случай, где смещение Ea для одного образца составляет 4 ккал/моль. Авторы этой статьи разделили на две группы и проанализировали факторы, влияющие на смещение по Ea. К первой группе были отнесены условия проведения пиролиза (температура, скорость нагрева, качество тиглей, гранулометрическая фракция породы и др.), а ко второй – математический алгоритм оптимизации кинетической модели.

Цель данной работы заключается в выработке рекомендаций при пересчете пика распределения HI с одной Ea в другую путем изменения константы Аррениуса (A) в программном комплексе Optkin. Данный пересчет необходим в случае, если по результатам кинетических исследований для одного или нескольких образцов были получены гистограммы с пиками в разных Ea.

На основе кинетической модели (рис. 1) образца баженовской свиты Кулгинской площади путем изменения A мы проследили смещение пика распределения HI по Ea и изменение значений Err Function. Результаты отражены в виде зависимостей между Ea, константой Аррениуса и Err Function на рисунке 2.

Из рисунка 2,А следует, что свое минимальное значение Err Function есть для каждой Ea, на которую приходится пик распределения HI. Программа из всех возможных значений Err Function_{min} (рис. 2, Б) выбирает самое минимальное и результатом моделирования служит соответствующая ему гистограмма. Однако, допустимо, что вариации в пиролитических данных могут оказать влияние на минимальное значение Err Function.

Особенно, когда для двух Ea эти значения достаточно близки, как для исследуемого образца (Ea=48 ккал/моль – Err Function_{min48}=0,022; Ea=50 ккал/моль – Err Function_{min50}=0,021). Поэтому для одного и того же образца могут получаться результаты с пиками в разных Ea. Особый интерес представляет экспоненциальная зависимость между константой Аррениуса и Ea (рис. 2, В).

Сопоставляя данную зависимость и уравнение Аррениуса (1) получается, что смещение пика распределения в сторону более высоких Ea нивелируется увеличением A. Таким образом, первостепенную значимость имеет вид распределения HI по Ea, а Ea на которую приходится пик распределения вторична поскольку нивелируется увеличением или уменьшением A.

$$k = A \times e^{\frac{E}{R \times T}}, \quad (1)$$

где k – константа скорости, A – константа Аррениуса, E – энергия активации (ккал/моль), R – универсальная газовая постоянная (ккал/моль×К), T – температура (К).

На рис. 3 приведены гистограммы, полученные в ходе изменения A, удовлетворяющие условию Err Function <0,1. С одной стороны очевидно, что помимо смещения по Ea изменение A ведет к изменению вида распределения HI по Ea. С другой – распределения соответствующие минимальным значениям Err Function с пиком в своей Ea достаточно похожи – нижние пять гистограмм (рис. 3).

Поэтому в случае, если необходимо выполнить пересчет распределения с пиком в одной Ea на пик в другой, рекомендуется искать минимум значения Err Function в новом пике Ea простым подбором константы Аррениуса, не забывая при этом, что вид распределения (соотношение высот пиков) не должен сильно измениться.

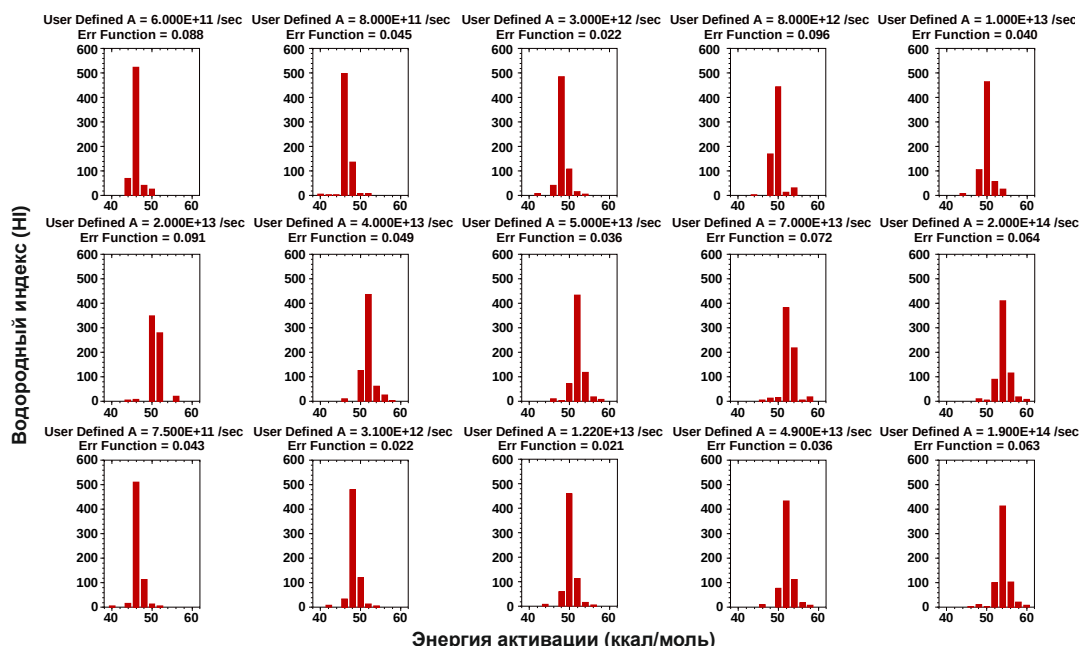


Рис. 3. Гистограммы распределения HI по Ea

Литература

1. Espitalie J., Marquis F. and Drouet S. Critical study of kinetic modelling parameters // Basin Modelling: Advances and Applications: Special publications, v. 3. – Elsevier, Amsterdam, Norwegian Petroleum Society, 1993. – P. 233 – 242.
2. Optkin. User Guide.
3. Tissot B. and Espitalie J. L'évolution thermique de la matière organique des sédiments: application d'une simulation mathématique // Rev. I.F.P., 1975. – V. 30. – P. 743 – 777.
4. Эспиталье Дж., Дроует С., Маркуис Ф. Оценка нефтеносности с помощью прибора Rock-Eval с компьютером // Геология нефти и газа, 1994. – №1. – С. 23 – 32.

КАРБОНАТНЫЕ И КРЕМНИСТО-КАРБОНАТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАРБОНА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ, ФОРМИРОВАНИЕ В НИХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА ТРЕЩИННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ГЕНЕЗИСА

А.Е. Ковешников, О.Н. Мамедов, А.С. Нестерова

Научный руководитель доцент А.Е. Ковешников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Доюрские карбонатные образования Западно-Сибирской геосинеклизы перспективны для поиска пород-коллекторов и месторождений нефти и газа, сформированных трещинным гидротермально-метасоматическим путём [2, 3, 4].

Во вторично-катагенетический этап преобразования, последующий проявлению герцинского складкообразования [1] по доюрским образованиям Западно-Сибирской геосинеклизы, сформировались огромные антиклинорные и синклинорные зоны субмеридионального простирания, протяженностью до 1000–1500 км [2], для которых установлена максимальная сохранность отложений доюрского комплекса в пределах синклинорных зон и минимальная их сохранность в пределах антиклинорных зон.

Как видно по рис. 1, в турне и визе карбонатонакопление осуществлялось в пределах зоны III, в трех участках: от Новопортоский, через Варьеганский (где известняки имеют примесь глинистого материала) до Нюрольского; на части Березово-Сартыньинского; на территории Косолаповского и Уватского структурно-фациальных районов. На остальной территории Западно-Сибирской геосинеклизы либо изливались лавы различного состава, либо формировались терригенные отложения.

Особенностью осадконакопления на территории Нюрольского структурно-фациального района является накопление параллельно с известняками криноидной толщи, сложенной известняками (табаганская свита нижнего карбона), формируются породы, обогащенные биогенным кремнеземом (кехоретская свита раннекарбонного возраста).

Для установления территорий, перспективных для обнаружения пород-коллекторов, сформированных в карбонатных и кремнисто-карбонатных (кремнисто-глинистых) образованиях карбонного возраста по описанной выше схеме, нами были построены серия палеокарт распространения отложений раннего (рис. 1), среднего и позднего карбона (рис. 2, А и 2, Б) и карбонатных платформ карбона (рис. 2, В).

Известняки табганской свиты раннекарбонного возраста интенсивно окремнены. Это окремнение проявилось как в стадии диагенеза, так и в последующей за диагенезом и прогрессивным катагенезом стадией регрессивного эпигенеза, сопровождаемой подъемом территории и снятием давления вышележащих пород при их разрушении в гипергенезе, последовавшем за герцинской складчатостью [1, 3, 4].

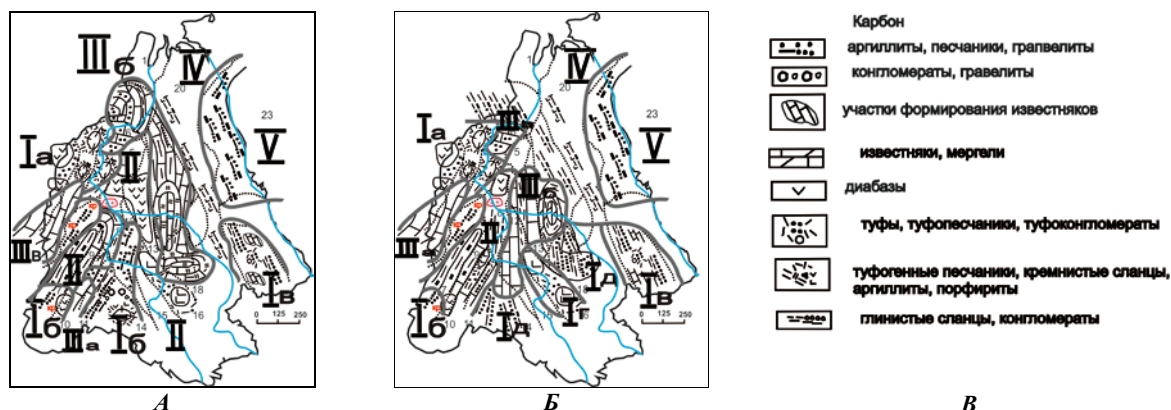


Рис. 1. Палеокарты раннего карбона: А – турне, визе; Б – серпухов; В – условные знаки.

Структурно-фациальные районы: 1 – Бованенковский; 2 – Новопортоский; 3 – Тагильский; 4 – Березово-Сартыньинский; 5 – Ярудейский; 6 – Шеркалинский; 7 – Шаимский; 8 – Красноленинский; 9 – Тюменский; 10 – Косолаповский; 11 – Уватский; 12 – Салымский; 13 – Усть-Балыкский; 14 – Ишимский; 15 – Тевризский; 16 – Туйско-Барабинский; 17 – Варьеганский; 18 – Нюрольский; 19 – Никольский; 20 – Колташевский; 21 – Вездеходный; 22 – Тыйский; 23 – Ермаковский