

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

на диссертацию Кашапова Романа Сергеевича

«Моделирование генерации углеводородов и кинетики процесса пиролитической деструкции органического вещества баженовской свиты», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Актуальность темы и **цель** исследований.

Уникальность баженовской свиты с точки зрения ее влияния на нефтегазоносность Западно-Сибирского осадочного бассейна сложно переоценить. Высокая степень обогащенности органическим веществом и нахождение свиты на значительной территории в главной зоне нефтеобразования предопределили ее роль как одного из основных источников углеводородов. В рамках оценки перспектив нефтегазоносности методом бассейнового моделирования, с использованием химико-кинетического подхода к моделированию нафтидогенеза в частности, для керогенов баженовской свиты необходимо знать кинетические параметры и распределение углеводородного потенциала по энергиям активации.

С этих позиций сформулированная цель научной работы, заключающаяся в выявлении *«закономерностей изменения кинетических параметров органического вещества баженовской свиты с ростом термической зрелости и усовершенствовании подхода к обработке результатов кинетических исследований»* несомненно, являются значимой и актуальной.

Оценка первого защищаемого положения (результата) – *«Часть разреза баженовской свиты со стабильными значениями пиролитических параметров (T_{max} , HI, OI) можно рассматривать в качестве материнской породы, реализация генерационного потенциала которой описывается одной кинетической моделью»*

Обоснованность и достоверность защищаемого положения обусловлены применением современных технологий кинетических исследований 9 образцов баженовской свиты Западно-Угутской площади Западной Сибири на приборе Rock-Eval 6 Turbo. Выполнен пиролиз образцов с численно близкими значениями показателей T_{max} , HI, OI со скоростями нагрева 5, 15, 25 °C/мин. Получены химико-кинетические модели генерации углеводородов керогенами баженовской толщи. Показано, что при ограничении разброса частотного фактора генерация углеводородов из исследованных керогенов баженовской свиты может быть описана одной кинетической моделью.

Дискуссионные моменты защищаемого положения сводятся к следующему:

1. Характеристики органического вещества баженовской свиты могут значительно отличаться как латерально, так и по разрезу. Образцы с близкими значениями параметров $T_{\max}$, HI, OI могут относиться к разным кинетическим и генетическим типам органического вещества в силу неоднородности условий осадконакопления. Для повышения достоверности результатов пиролитических исследований необходимо указывать не только привязку образцов по глубине, но и по литологическим типам пород.

2. В условиях изменчивости условий осадконакопления баженовской свиты остается открытым вопрос, в каких площадных границах можно использовать единую кинетическую модель преобразования керогена? На какое расстояние можно экстраполировать кинетическую модель, полученную результатами анализа образцов из одной скважины (Западно-Угутская площадь)?

Оценка второго защищаемого положения (результата) – *«Доказана неизохимичность преобразования органического вещества материнской породы в ходе лабораторного пиролиза природному катагенезу»*

Обоснованность и достоверность защищаемого положения обусловлены обобщением результатов пиролитических исследований 5248 образцов баженовской свиты на различных стадиях катагенеза, выполненных в лаборатории геохимии и пластовых нефтей АО «ТомскНИПИнефть» в 2007–2017 годах. На полученных химико-кинетических моделях, включающих распределение водородного индекса по энергиям активации и значениям частотного фактора, и замеренных значениях пиролитических характеристик, показано, что используемые стандартные модели преобразования керогена не учитывают процессы поликонденсации, приводящие к возрастанию уровня термической устойчивости керогенов. При сравнении эволюционных кривых на диаграмме HI- $T_{\max}$ наблюдается несоответствие природных и пиролитических данных. На этом этапе исследования корректировку последних автор предлагает осуществлять сдвигом распределения водородного индекса в сторону возрастания энергии активации без изменения значения частотного фактора.

Дискуссионные моменты защищаемого положения сводятся к следующему:

1. Представленная автором выборка охватывает достаточно большой разброс начальных значений водородного индекса: по крайней мере от 750 до 550 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$, что объясняется отбором образцов из различных фациальных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна. При широком коридоре значений HI и географически обширной выборке сложно оценить эволюционную траекторию преобразования того или иного образца. В том числе и потому, что на диаграмме HI- $T_{\max}$ нет четких границ, отделяющих

кинетические типы керогенов. Безусловно необходима корректировка химико-кинетических моделей с учетом фактических замеров пиролитических характеристик. Но автором не обсуждается, на каких условиях должна производиться корректировка химико-кинетических моделей. Достаточно ли просто попасть в коридор значений $HI-T_{max}$ или можно остаться в близких граничных областях?

2. Автором предложены три химико-кинетические модели в которых по мере роста термической преобразованности керогена происходит падение водородного индекса от 637 до 587 мг УВ/г C_{org} , смещение максимума распределения с 50 до 54 ккал/моль и рост частотного фактора с $9.8 \cdot 10^{12}$ до $211.6 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$. Означает ли это, что в процессе образования углеводородов за счет разрушения и формирования химических связей в керогене и ростом его термической устойчивости на каждой из трех стадий мы будем иметь дело не с одним, а с тремя различными керогенами, эволюционные кривые которых между собой могут значительно отличаться на диаграмме $HI-T_{max}$? Необходимо ли при бассейновом моделировании по мере роста термической зрелости керогена использовать последовательно несколько моделей керогенов для одной нефтегазопроизводящей толщи?

Оценка третьего защищаемого положения (результата) – *«Впервые предложен математический алгоритм обработки результатов пиролиза материнской породы на различных стадиях катагенеза для расчета кинетических параметров с переменным значением предэкспоненциального множителя (частотного фактора)»*

Обоснованность и достоверность защищаемого положения обусловлены установленной численной корреляционной зависимостью между значениями частотного фактора и энергией активации для керогенов баженовской свиты. В стандартном химико-кинетическом подходе образование углеводородов за счет деструкции керогена описывается серией реакций первого порядка с одним значением частотного фактора для всех энергий активации. Автором предложен собственный алгоритм обработки результатов пиролиза керогенов с различной степенью зрелости для построения единой композиционной химико-кинетической модели преобразования углеводородов. Такой подход отражает рост значений частотного фактора по мере термического созревания керогена баженовской свиты, что определяет новизну защищаемого положения

Дискуссионные моменты защищаемого положения сводятся к следующему:

1. Автором построена композиционная модель керогена, на основе данных пиролитических экспериментов 10 образцов с 8 различных площадей, чтобы охарактеризовать термическую эволюцию керогена. Как уже говорилось ранее, при широком коридоре значений HI и T_{max} в используемой выборке нельзя с уверенностью говорить о соответствии всех керогенов одному кинетическому типу. Сам автор отмечает,

что «не имеет смысла пытаться построить полноценную кинетическую модель, основываясь на исследовании одного образца». Остается открытым вопрос, можно ли рассматривать образцы с разных площадей и с разной степенью преобразованности в качестве представительных для одного типа керогена, если нельзя с уверенностью утверждать о близости эволюционных кривых на диаграмме HI-T_{max} каждого образца в отдельности?

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Кашапова Романа Сергеевича является результатом логически завершенного цикла научных исследований.

С использованием современных методов анализа (пиролиз Rock-Eval, хромато-масс-спектрометрия, изотопная масс-спектрометрия, хроматография) выполнены исследования баженовской свиты юга Западной Сибири.

В ходе выполнения работы обобщены результаты пиролитических исследований 5248 образцов пород и 515 кинетических исследований органического вещества баженовской свиты. Оценено изменение кинетических характеристик органического вещества по разрезу баженовской свиты. Предложен оригинальный алгоритм обработки результатов пиролиза керогенов для расчета распределения начального водородного индекса по энергиям активации с переменным значением частотного фактора.

В результате исследования Кашапова Р.С. решена актуальная научная задача, имеющая, имеющая значение для развития методов историко-геологической реконструкции процессов генерации углеводородов. Предложены две композиционные химико-кинетические модели преобразования керогена баженовской свиты. В том числе для одной из них выполнено разделение на газообразную и жидкую фракции.

Представленные результаты исследований позволяют охарактеризовать диссертацию Кашапова Р.С. как научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи в области теоретической и прикладной нефтегазовой геологии, т.е. как работу, соответствующую уровню, предъявляемому ВАК к кандидатским диссертациям по геолого-минералогическим наукам. Это подтверждается 12 опубликованными по теме диссертации работами автора (в т. ч.- 4 статьями в журналах, включенных в перечень ВАК) и его личными выступлениями на научно - практических конференциях (2014-2022 гг.).

Все сформулированные диссертантом защищаемые положения (результаты) полностью раскрыты и, в целом, обоснованы в текстовом и графическом материале диссертационной работы. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации.

Диссертация «Моделирование генерации углеводородов и кинетики процесса пиролитической деструкции органического вещества баженовской свиты», удовлетворяет критериям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-14 «Положения...»), а ее автор – Кашапов Роман Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

07.10.2024

Канд. геол.-мин. наук
С.н.с., ИНГГ СО РАН
630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Коптюга, 3
Тел. 89612225341
E-mail: safronovpi@ipgg.sbras.ru

Сафронов

Сафронов Павел Иванович

