

Отзыв на автореферат диссертации

«Изотопная геохимия углерода и кислорода для решения задач поисково-разведочных работ на нефть и газ», представленной Елизаветой Андреевной Красновой

на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

Автореферат диссертации Е.А. Красновой содержит 45 страниц текста, 19 рисунков, список литературы содержит 29 ссылок на публикации автора в журналах Scopus, WoS, РИНЦ с участием автора диссертации. Диссертация подготовлена на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Автореферат изложен ясным научным языком, материал подаётся последовательно – от общетеоретических предпосылок к конкретным результатам, позволяя получить целостное представление о целях, методах и итогах проделанной работы.

Актуальность исследования обусловлена потребностью нефтегазовой отрасли в надежных, высокоинформативных и экономически выгодных методах, позволяющих повысить эффективность поисково-разведочных работ. В связи с этим изотопно-геохимические методы исследования геологической среды стали одним из ключевых инструментов как фундаментальных, так и прикладных исследований. Широкий круг работ демонстрирует, что данные по вариациям изотопных отношений лёгких элементов (Н, С, N, О, S) в комплексе со стандартными видами работ позволяют корректно реконструировать процессы формирования нефтегазоматеринских толщ и последующую эволюции органического вещества (ОВ) вплоть до формирования нефтегазовых залежей.

В работе Е.А. Красновой на базе изотопно-геохимических трассеров решаются задачи по выявлению (1) источников ОВ, (2) путей миграции флюидов, (3) стратиграфическому расчленению разрезов с фиксацией зон массового захоронения органического углерода, (4) роли вторичных флюидных процессов при термальной эволюции осадочных бассейнов.

Автором работы систематизирован большой массив опубликованных и собственных изотопно-геохимических данных, а также проанализированы актуальные концепции генезиса нефти и газа, что позволило сформулировать собственные критерии применимости изотопно-геохимических маркеров при изучении нефтегазоносных бассейнов.

Научная новизна полученных результатов отражена автором в виде уточненной стратификации ряда разрезов на территории Крыма, северо-западного Кавказа и Восточной Сибири, в том числе, с фиксацией интервалов, соответствующих глобальным климатическим изменениям; выявленной для верхнеюрских отложений Западной Сибири и Баренцева моря связи изотопного состава отдельных фракций ОВ с генетическими типами отложений, что свидетельствует о схожести обстановок осадконакопления в этих регионах; реконструкции флюидодинамики месторождений Краснотеннинского свода, для которого показано, что изотопный состав углерода нефтей, конденсатов, воды и ОВ подтверждает существование гидродинамической связи между залежами разных возрастов, а также указывает на вторичную термическую переработку части органического вещества баженновской свиты.

Методология и обоснованность подходов исследования отражается в использовании автором тщательно продуманного комплекса современных изотопно-

геохимических методов, включающих определение изотопного состава углерода ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) и кислорода ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) в карбонатах, битумоидных фракциях ОВ и газообразных углеводородах (УВ). Аналитические исследования проведены с применением высокоточного масс-спектрометрического оборудования; все измерения аттестованы по международным стандартам, что гарантирует достоверность полученных данных. Методика исследования изложена в автореферате достаточно подробно, хотя, разумеется, технические детали аналитических процедур сведены к необходимому минимуму.

Автором применен междисциплинарный подход, в рамках которого результаты изотопного анализа сопоставляются с данными других геологических и геохимических методов. В частности, изотопные аномалии в разрезах карбонатных толщ были сопоставлены с палеонтологическими данными, литолого-геохимическими характеристиками разрезов, U-Pb датированием детритовых цирконов, палеомагнитными исследованиями. Комплексная верификация убедительно подтверждает интерпретацию вариаций изотопных маркеров как индикаторов глобальных климатических событий. Выводы об источниках и путях миграции УВ флюидов, сделанные на основе изотопного состава газов и нефтей, были согласованы с результатами анализа биомаркеров, термическими моделями и данными сейсморазведки.

Объём и разнообразие фактического материала, представленного в работе, чрезвычайно велики – проанализированы тысячи образцов из разных регионов и стратиграфических уровней, благодаря чему выводы основаны на репрезентативной статистике, а не на единичных наблюдениях.

Практическая значимость работы заключается в возможности прикладного использования предложенных автором изотопно-геохимических критериев в ходе геологоразведочных работ на нефть и газ. Например, выявленные корреляции аномалий изотопного состава углерода и кислорода служат надёжными маркерами реперных стратиграфических границ, что упрощает корреляцию разрезов на разнесённых территориях, а также открывает перспективы применения аналогового подхода при выделении зон, потенциально благоприятных для генерации или аккумуляции УВ.

На примере Ямбургского месторождения показано, что по изотопному составу газа можно выявить несколько независимых источников генерации УВ (сеноманский, валанжинский и микробиально-метаногенический в верхних слоях). Прикладную ценность имеет и установленная автором для ряда участков миграционная связь между глубокими и приповерхностными флюидами, например, присутствие термогенного газа, обнаруженного в приповерхностных сипах, что указывает на близость глубинного источника.

Флюидодинамические исследования на Красноленинском свде были использованы для уточнения модели нефтегазонакопления района, в том числе, изотопные критерии позволили подтвердить флюидодинамическую связь залежей через весь разрез вплоть до глубины нефтематеринского горизонта и выявить влияния поздних термальных процессов. Разработанный подход может быть тиражирован для оптимизации поисковых работ на аналогичных объектах.

Автором разработана и впервые апробирована оригинальная методика отбора проб газов из пород и газопроявлений, что дало возможность достоверно определять природу газовых углеводородных проявлений как на поверхности (газовые сипы в прибрежных акваториях), так и в глубине разреза (пластовые газы скважин). Новые данные были получены для приповерхностных метановых проявлений в юго-западной части Крыма (бухта Ласпи), где также было выявлено термогенное происхождение части газов, аналогично аномалиям газов на Ямбургском месторождении.

Материалы и выводы диссертации внедрены в учебный процесс МГУ им. М.В. Ломоносова (специализированные курсы по изотопной геохимии), что будет иметь отдачу в виде подготовки квалифицированных кадров.

Личный вклад автора заключается в полевых работах с отбором образцов (горных пород, нефтей, конденсатов, вод, газов), подготовке их к исследованиям с учётом требований к сохранности изотопной информации, выполнении изотопных анализов и комплексной интерпретации полученных и привлекаемых данных.

Апробация работы выполнена в ходе публикации 29 научных работ в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, РИНЦ, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Основные результаты исследований докладывались на ряде всероссийских и международных конференций.

Замечания и дискуссионные вопросы по работе. Диссертация Е.А. Красновой выполнена на высоком научном уровне и автореферат полностью отражает её содержание. Тем не менее, есть несколько замечаний и пожеланий, наиболее существенные из которых приведены ниже. Первые три замечания относятся к формулировкам защищаемых положений.

1. **Первое защищаемое положение** «Интеграция детализированного изотопно-геохимического подхода (порода–ОВ–флюид) в процессы геологоразведочных работ в сочетании с геолого-геофизическими методами повышает детальность и надежность геологических прогнозов при решении задач стратификации и анализа цикличности строения разреза, типизации источников генерации флюидов, оценки миграции углеводородов и построения флюидодинамических моделей» представляется слишком общим, отражая известную истину о том, что в геологии любая дополнительная информация лучше чем ее отсутствие. Это положение можно было бы усилить, в связи с относительно более простыми закономерностями, определяющими поведение изотопов (по сравнению со сложными углеводородными системами). При этом изотопные данные могут дать информацию об источниках вещества и процессах его преобразования, которая принципиально не может быть получена многими другими методами.

По мнению рецензентов, было бы более точно сформулировать первое положение так:

1. Надежность региональных и локальных геологических прогнозов нефтегазоносности, включая решение задач стратификации и анализа цикличности строения разреза, типизации источников генерации флюидов, оценки миграции углеводородов и построении флюидодинамических моделей, может быть существенно улучшена при интеграции глубоко детализированных изотопно-геохимических характеристик ряда порода–ОВ–флюид в процесс геологоразведочных работ.

Ко второму положению принципиальных возражений нет.

2. **Третье защищаемое положение** является в первой части – тривиальным, поскольку вывод о том, что «Изотопно-фракционный состав углерода битумоидов ... служит индикатором условий осадконакопления и ... фиксируется в соответствующем обогащении лёгким изотопом углерода ^{12}C органического вещества» трудно оценить как новое научно обоснованное положение. Вторая половина этого защищаемого положения, фиксирующая «Связь изотопно-фракционного состава углерода битумоидов с генетическими типами отложений, прослеженная в верхнеюрских отложениях Западно-Сибирского и Баренцевоморского бассейнов» является при этом чрезвычайно важной,

3. Возможно, имело смысл подумать об объединении (и соответствующем сокращении) **четвертого и пятого защищаемых положений**, так как они отражают характеристики аналогичных процессов, происходящих в несколько различающихся условиях и включающих миграцию глубинных термогенных газов к поверхности. При этом, конечно, их следовало бы сократить. Четвертое положение остается излишне пространным.

4. **Широкий охват направлений исследований можно рассматривать одновременно как плюс и минус работы.** По сути, работа объединяет несколько научных направлений (стратиграфия, изотопная геохимия органического вещества, флюидодинамика) и охватывает разнородные по геологическому строению регионы. С одной стороны, такая широта обеспечивает всесторонность исследования в плане исходных материалов и демонстрирует универсальность изотопных методов. С другой стороны, при таком охвате возникает (и даже частично наблюдается в тексте) риск снижения детализации интерпретации данных по отдельным блокам с переходом к формальному описанию вариаций изотопных параметров, из которых не удастся получить каких либо обоснованных выводов.

5. Было бы предпочтительнее увидеть в основном тексте **чёткое разграничение выводов** по каждому направлению (территориальному и методическому) и обоснование того, как эти части интегрируются в единую концепцию. Возможно, стоило явнее подчеркнуть границы применимости каждого подхода в контексте конкретных геологических условий, чтобы читатель ясно понимал, в каких ситуациях тот или иной изотопный критерий наиболее информативен. В этом случае замечания к четырем первым защищаемым положениям были бы автоматически учтены.

6. Введённое автором понятие **критериев применимости изотопно-геохимических методов** представляется чрезвычайно важным. Однако в автореферате данное положение обозначено довольно тезисно, хотя, возможно, в тексте диссертации это положение расписано детально (что следует из формулировок третьего, четвертого и пятого защищаемых положений). Понятие критериев включает в себя наличие количественных ограничений, поэтому в автореферате стоило бы привести примеры того, при каких абсолютных значениях $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ или их отклонениях от трендов следует принимать их как стратиграфический репер или, например, как количественно отличить термогенный и биогенный газ по изотопам. Более чёткая формулировка этих критериев усилила бы прикладную ценность работы.

7. **Соотнесение изотопных аномалий с глобальными событиями** проанализировано в значительном количестве работ и публикаций, в том числе, посвященных событиям изотопных сдвигов (эти работы частично отражены ссылками в начале Главы 3). Вклад исследований был бы более весомым при сопоставлении известных из литературы вариаций $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$, обусловленных глобальными событиями, и их возрастных границ в соответствующих интервалах реперных геологических разрезов с данными автора по конкретным объектам. Это позволило бы лучше соотнести результаты автора с общепринятой шкалой геологических событий (в автореферате таких деталей явно не хватает) и обсудить, как можно локальные диагенетические эффекты отличить от влияния глобальных факторов. Следует также отметить, что применение детритовых цирконов для палеокорреляций разрезов возможно только при надежно статистически доказанной их однородности, достоверно установленном едином источнике сноса и униформном составе протолита в нем.

8. **При очевидной практической ценности работы** необходимо было указать, какие шаги следует предпринять для широкого внедрения предложенных методик в практику, поскольку для специалистов-практиков значительная часть рассуждений и выводов автора наверняка остается не до конца понятной. Например, требуются ли дополнительные стандартизованные методики отбора и анализа изотопов, нужно ли создание справочных баз данных по изотопным характеристикам пород и флюидов для разных бассейнов (кстати, такая работа начиналась в 1980^{-х} годах) и т.д. Безусловно, возникнет в этой связи и вопрос о стоимости и доступности такого рода исследований для производственных организаций.

Отмеченные замечания являются не принципиальными и во многом касаются формы изложения материала и полученных результатов исследований. Также их можно рассматривать как пожелание на будущее. Они ни в коей мере не умаляют научной ценности полученных результатов и общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Общая оценка и заключение

Диссертация Е.А. Красновой представляет собой самостоятельное, оригинальное и завершённое научное исследование. Работа отличается актуальностью, масштабом привлечённого материала, значительными научными и практическими результатами. Поставленная соискателем цель достигнута, а задачи решены в полном объёме.

Автореферат диссертации ясно и убедительно отражает основные достижения выполненного исследования, демонстрируя высокий профессиональный уровень автора.

Представленная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней в МГУ имени М. В. Ломоносова, предъявляемым к работам на соискание степени доктора геолого-минералогических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

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

Проректор по научной деятельности,
заведующий кафедрой геологии нефти и газа,
«Санкт-Петербургского горного университета Императрицы Екатерины II».
Доктор геолого-минералогических наук, с.н.с./доцент,
Специальность, по которой защищена диссертация:
25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

Прищепа Олег Михайлович

Адрес места работы:

199106, Россия, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, дом 2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет Императрицы Екатерины II».
Тел.: +(812) 328-82-00, сайт: spmi.ru, эл.почта – rectorat@spmi.ru

Главный специалист лаборатории Глубинной метагеологии
«Санкт-Петербургского горного университета Императрицы Екатерины II».
Доктор геолого-минералогических наук,
Специальность, по которой защищена диссертация: 1.6.6 – Гидрогеология

Токарев Игорь Владимирович



Е.Р. Яковлева
04.02.2026