

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Гершелис Елены Владимировны

«Геохимические особенности органического вещества донных осадков в морях Восточной Арктики», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Елены Владимировны Гершелис посвящена изучению по данным молекулярных, изотопных и литологических характеристик геохимических особенностей органического вещества современных донных осадков в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море, являющихся в настоящее время в виду недостаточной изученности объектами повышенного исследовательского интереса.

Актуальность представленной работы не вызывает сомнений, так как она расширяет фундаментальные представления о путях и условиях природных механизмов функционирования арктической биогеохимической экосистемы, и вносит существенный вклад в понимание отдельных элементов современного арктического цикла углерода на региональном уровне.

Объектами исследования послужили слабоизученные комплексы донных осадков, отобранных на шельфе морей Восточной Арктики. Как известно, получение новых данных о геохимических особенностях органического вещества донных осадков, идентификация возможных источников углеводородов в поверхностном слое и изучение геохимической природы процессов являются необходимыми этапами исследований с позиции нефтегазопищевой геохимии. Изучение самого широкого и мелководного шельфа Мирового океана, большая часть которого подстилается подводной мерзлотой, позволяет получить данные об уникальном хранилище огромного количества органического углерода в различных формах, вовлечение его в современный биогеохимический цикл, происходящий в результате разрушения арктической вечной мерзлоты под влиянием усиливающегося глобального потепления, а также процессов обогащения вод арктических морей углекислым газом, а атмосферы – выделившимся метаном. Поэтому получение прогнозных данных о возможных зонах активной разгрузки восходящих газовых флюидов является очень важной задачей. Ее решение требует разработки новых подходов к изучению конкретного региона, так как динамика и интенсивность седиментогенеза и диагенеза осадков для каждого конкретного типа бассейна имеет свои региональные особенности, определяемые очень многими еще не познанными факторами.

Работа выполнена современными комплексными биогеохимическими методами с использованием состава биомаркеров, высокоточного анализа элементного, молекулярного и изотопного составов, седиментологических характеристик.

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 230 источников, только 99 из которых - российские, содержит 36 рисунков и 9 таблиц. **Введение** завершается формулировкой общей цели и задач поставленной работы.

В **первой главе** представлена история исследования донных осадков морей Восточной Арктики и традиционный обзор, освещающий состояние проблемы. Отмечено, что проблемам исследования органического вещества в арктических морях особое внимание уделяется не только в фундаментальном контексте изучения биогеохимических процессов в арктическом регионе, но и с прикладной целью совершенствования комплекса проводимых в полярных широтах нефтегазопроисследовательских работ, отправной точкой для которой послужил успешный опыт применения наземных геохимических поисковых технологий. Приводится анализ ряда современных работ, посвященных изучению региональных особенностей транспорта и трансформации органического углерода в Восточной Арктике, изучению и оценке масштабов массивной эмиссии метана в водную толщу и атмосферу, вызванной деградацией подводной мерзлоты и разрушением метановых гидратов. Рассмотрены вопросы состояния исследования взаимосвязи углеводородного вещества донных осадков с их литологическим составом, распределением рассеянного органического вещества и особенностями биохимической среды. Отмечен успешный опыт зарубежных и отечественных нефтедобывающих компаний, проводивших комплексные геохимические изыскания, предопределивший активное внедрение подобных работ и в полярных широтах.

Во **второй главе** достаточно полно описаны основные источники органического вещества донных осадков в арктических морях. Отмечено, что фитопланктон – основной первичный источник органического вещества в системе Мирового океана и арктических морях России, хотя доля биогенного вещества в составе донных осадков арктических морей едва достигает 10 %. Приведены оценки вклада речного стока в воды Восточно-Сибирского арктического шельфа, прежде всего терригенной компоненты, преимущественно представленной продуктами разложения растений и почв. В то же время отмечено, что анализ исследований последних лет указывает на главенствующую роль в поставке терригенного органического вещества в арктические моря прежде всего за счет эрозии берегов и, в частности, эрозии берегового ледового комплекса. Автором указано, что в арктических средах объем нефтяных углеводородов, попадающих в открытую акваторию при добыче, транспортировке и потреблении нефти, значительно уступает (менее 7 %) объему, поступающему в результате природных просачиваний (79 %).

Подробно описаны состав углеводородных биомаркеров, используемых для биогеохимических реконструкций исходного органического вещества: алканы нормального и изопреноидного строения, циклические терпеноиды, полициклические ароматические УВ. Имеется раздел, посвященный обзору диагенетических и катагенетических процессов, приводящих к образованию биогенного и абиогенного метана. Отмечено, что изотопный состав углерода и водорода является ключевым индикатором, позволяющим установить процессы, ответственные за образование исследуемого метана. В то же время, описано влияние на изотопный состав метана таких вторичных процессов как, миграция газов в горных породах, бактериального аэробного и анаэробного окисления.

В **третьей главе** достаточно подробно описаны особенности исследуемого района восточно-арктического шельфа. Представлены физико-географические карты, карты особенности геолого-тектонического строения, описание гидрологических и гидрохимических характеристики, изменения температуры и солености в зависимости от времени года для моря

Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Описаны предпосылки возникновения очагов фокусированной разгрузки флюидов в морях Восточной Арктики в виде толщ многолетне-мерзлых пород, составляющие около 80 % всей существующей субаквальной мерзлоты, а также уникальных скоплений – мелководных шельфовых газогидратов.

В **четвертой главе** Е.В.Гершелис достаточно убедительно и наглядно с привлечением фактического материала описан подход к выбору объектов исследования, приведены краткое описание выполненных работ, карты района исследований и расположения океанографических станций. Дано методическое описание проведенных работ: расширенного комплекса анализов молекулярного и изотопного состава органического углерода, пиролитического анализа по технологии Rock-Eval, литологической типизации осадков. Представлены характеристики контроля достоверности и воспроизводимости результатов измерений. Такой системный подход диссертанта к исследованию объектов повышает надежность приведенных в диссертации экспериментальных результатов и выводов. Получен достаточно большой экспериментальный материал: общий объем образцов донных осадков, исследованных в рамках диссертационной работы, составил 120 проб.

В **пятой главе** Е.В. Гершелис представляет результаты проведенных исследований донных осадков морей Восточной Арктики, проводит их обсуждение.

Характеризуя литологию донных осадков, автором были определены гранулометрический состав, удельная площадь поверхности зерен (как дополнительный фактор, определяющий сорбционную способность осадков), оценено пространственное распределение органического углерода по территории и определен его изотопный состав. Установлена взаимосвязь содержания и изотопного состава органического вещества с литологической структурой вмещающих донных осадков. Выделены две области песчаных осадков, одна из которых пространственно совпадает с зоной документированной активной разгрузки газовых флюидов. Этот участок северного полигона моря Лаптевых был исследован более детально.

Характеризуя данные пиролитического анализа Rock-Eval и изотопного анализа донных осадков для северного полигона, автором был использован современный интерпретационный подход к результатам исследования незрелого ОВ, рассчитан индекс диагенетической преобразованности (ИДЗ) как отношение количества углеводородов, выделившихся в процессе пиролиза до 380 °С, к общему количеству выделившихся углеводородов. Установлено, что величины изотопного состава органического углерода для исследуемого полигона, в целом, указывают на морское ОВ, но мозаичная картина распределения изотопных характеристик предполагает смешанный генезис Сорг. Региональные особенности формирования запасов органического углерода исключительно важны в контексте корректного установления источника метана. Автором по результатам изотопного анализа установлена преимущественно микробиальная природа флюида, хотя ею не исключается и возможность миграции термогенного метана, восходящего из более глубоких резервуаров. Выявленные в диссертации интересные факты о генезисе газовой компоненты донных осадков этого полигона требуют более убедительного подтверждения при дальнейшем развитии газогеохимических исследований.

Особое внимание в работе уделено изучению молекулярного состава органического вещества донных осадков с целью определения типа биопродуктов, степени термического

созревания и выявления миграционной составляющей. Автором использованы различные аналитические приемы, чтобы как можно точнее определить в исследуемых объектах состав и распределение алканов, полициклических ароматических УВ, а также сложно идентифицируемых гопаноидов (по специальным стандартам компании Chiron).

Уникальные данные пиролитического и хромато-масс-спектрометрического анализов были получены при исследовании керна скважины VD-13, пробуренной в районе в центральной части Ивашкиной лагуны, представляющую собой почти замкнутую термокарстовую котловину. В результате комплексного исследования прослежены важные закономерности о резкой смене фациальных обстановок в процессе накопления осадка, установлен несомненный, доминирующий вклад в органическую компоненту экспорта наземного материала.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Научные положения, выводы и рекомендации, разработанные автором, обоснованы и не вызывают сомнений, т.к. они базируются на анализе большого объема фактического материала, обработанного статистическими методами, современных теоретических представлениях органической биогеохимии и нефтегазовой геологии. В работе использованы материалы собственных исследований автора, а также материалы, выполненные другими исследователями.

В **выводах** сформулированы основные полученные результаты, которые соответствуют поставленным целям и задачам проведенных исследований.

Теоретическая и **практическая значимость** работы заключается в установлении автором геохимических особенностей донных осадков в морях Восточной Арктики, в том числе определении молекулярного и изотопного состава углеводородных соединений (в особенности, на полигонах моря Лаптевых), уточнении региональных закономерностей седиментации и распределения органического вещества, в определении источников органического вещества в зонах разгрузки газовых флюидов и на сопредельных территориях. Результаты исследования также представляют практический интерес для решения прикладных задач нефтегазопроисковой геохимии на шельфе Восточной Арктики.

Принципиальных замечаний по диссертации Гершелис Е.В. у меня нет, но на отдельные моменты все же хочется обратить внимание.

1. Мне кажется необоснованным выделение всего одной заключительной главы на представление и обсуждение результатов проведенных исследований. Традиционно эти разделы составляют главную часть диссертации. Все предыдущие главы, по существу, являются обоснованием объектов и методов исследования.

2. На стр. 82 сделан вывод о линейной зависимости между содержанием органического углерода и пелитовой фракции при коэффициенте корреляции 0,77, хотя значение это коэффициента свидетельствует только о статистически значимой связи между этими параметрами.

3. Использование словосочетания «органическая компонента» вместо используемого в классической литературе «органическое вещество» считаю профессиональным жаргонизмом.

4. В таблице 5.4. представлены результаты расчета метилфенантронового индекса. MPI служит для расчета величины расчетной отражательной способности витринита ($R_c = 0.6 \text{ MPI} + 0.4$), который в свою очередь служит для определения степени термической преобразования ОВ. Хотелось бы понять, почему R_c не была рассчитана.

5. На рисунке 5.7 очень нечетко выделены станции интенсивной разгрузки газовых флюидов.

6. В тексте диссертации отмечены орфографические неточности на стр. 25, 61, 67, 72, 108.

Переходя к заключительной части отзыва и исходя из анализа представленного материала, считаю необходимым отметить, что избранная Е.В. Гершелис тема диссертационной работы актуальна, выводы и рекомендации вполне обоснованы и являются новыми. Диссертация обладает высокой степенью завершенности и хорошо оформлена. Основополагающие материалы диссертации достаточно полно опубликованы в отечественных и зарубежных изданиях, представлены на российских и международных конференциях, содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. Представленная научная работа характеризуется высокой степенью практической значимости. В результате проделанной работы Гершелис Е.В. решена важная научно-техническая задача, заключающаяся в установлении геохимических особенностей органического вещества донных осадков в морях Восточной Арктики. На основании вышеизложенного считаю, что диссертация соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, а Гершелис Е.В. несомненно достойна искомой ученой степени — кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Зам. директора по научной работе ИХН СО РАН
канд. геол.-мин.наук



Наталья Алексеевна Красноярова

30.05.2018

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)

Российская Федерация, 634055, г. Томск, пр. Академический, 4

Факс: (3822) 491 457, E-mail: natalex@ipc.tsc.ru

Подпись Н.А. Краснояровой заверяю
Ученый секретарь Института
химии нефти СО РАН



И.А. Савинова

