

УДК 553.983:550.84

С.Б. Остроухов^{1,2}, И.Н. Плотникова¹, Ф.Ф. Носова¹, Н.В. Пронин¹¹Казанский федеральный университет, г. Казань²ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть», г. Волгоград

e-mail: irena-2005@rambler.ru

К вопросу о геохимических критериях изучения фациальных условий формирования сланцевых отложений

В статье рассматриваются результаты геохимических исследований битумоидов пород семилукского горизонта Усть-Черемшанского прогиба территории Татарстана. Впервые установлено наличие изорениератенов в достаточно большом количестве в составе органического вещества доманикитов. Сравнительная корреляция каротиноидных соединений со стандартными биомаркерами – гопаном C₃₀ и стеранами C27:C28:C29 – позволила установить, что отношение гопан/изорениератаны составляет 0,05, что указывает на доминирующее преобразование каротиноидных соединений над бактериальной активностью в водной толще. Наличие изорениератена в органическом веществе доманикитов позволило сформулировать предположение о том, что формирование доманикитов происходило в условиях периодического возникновения аноксичных событий и сероводородного заражения фотического слоя. В процессе осадконакопления на пассивной окраине возникали условия для эвксинского седиментогенеза. Ароматические соединения органического вещества могут быть использованы в качестве нового биомаркера, позволяющего проводить корреляцию в системе ОВ-нефть для идентификации действительно сланцевой нефти в породах саргаевского, семилукского, речичского и других горизонтов.

Ключевые слова: изорениератен, каротиноиды, органическое вещество, доманикиты, сероводородное заражение, геохимические исследования, сланцы, сланцевая нефть, палеогеодинамические условия осадконакопления, геохимические критерии.

Вряд ли стоит акцентировать внимание на важности и актуальности вопроса классификации нетрадиционных ресурсов нефти и газа. Введение правительством России пониженных ставок налога на добычу трудноизвлекаемой нефти, а также анонсирование ввода с 2016 года новой классификации запасов углеводородов предполагает существование четких критериев понятий «трудноизвлекаемых запасов» и «нетрадиционных источников углеводородного сырья», которые включают широкий спектр источников нефти и газа завтрашнего дня – сланцевые углеводороды, газогидраты, природные битумы, углеводородные газы угольных формаций и т.д. Необходимость создания новых классификаций стала наиболее актуальной в последние два-три года, когда на фоне «сланцевой революции» в США объектом российских геологов стали высокоуглеродистые формации Урало-Поволжья и Западной Сибири. Проблема оценки ресурсного потенциала баженинтов, доманикоидов и доманикитов на территории России вынесла на повестку дня необходимость изучения сланцевой нефти. Однако отсутствие четкой и однозначной терминологии, трактующей это понятие, привело к многочисленным спорам о том, что же считать сланцевой нефтью и по каким параметрам, критериям проводить разграничение между ней и традиционной нефтью?

В начале нынешнего века в США сложилась следующая классификация нетрадиционной нефти на основании товарных свойств:

– битумы и тяжёлая нефть с плотностью выше 0,934 г/см³ (добыча их ведётся из нефтяных песков канадской провинции Альберта);

– сверхтяжёлая нефть с плотностью выше 1 г/см³, (добывается преимущественно в Венесуэле в поясе реки Ориноко);

– сланцевая (*shale oil*) или керогеновая нефть (синтетическое топливо), извлекаемая из горючих сланцев с высоким содержанием органического вещества (керогена)

с использованием специальных технологий (нагрев, перегонка измельченных сланцев, добытых карьерным способом). В частности Международное энергетическое агентство (IEA) использует термин «сланцевая нефть» по отношению к нефти, добываемой методами термического воздействия на обогащенные керогеном сланцы.

– лёгкая нефть из плотных слабопроницаемых пород (*light tight oil*), которая по своим характеристикам близка к традиционной нефти, но требует специальных технологий добычи (бурение горизонтальных скважин и проведение многостадийного гидроразрыва).

В какой-то момент легкую нефть из сланцевых пород начали называть сланцевой нефтью «*shale oil*», что привело к путанице понятий, к широкому толкованию американскими геологами термина «*shale*», к появлению понятия «сланцевая нефтяная революция» в США, в то время как эта «революция» была обеспечена в значительной степени разработкой слабопроницаемых коллекторов «*tight reservoirs*», определивших добычу «*tight oil*».

Эта путаница вызвана прежде всего тем, что часто термин «*shale oil*» – сланцевая нефть and «*tight oil*» – нефть плотных (тугих) низкопроницаемых коллекторов, многими специалистами воспринимаются и используются как синонимы, хотя в действительности это далеко не так.

Понятие «*tight oil*» объединяет гораздо более широкую группу объектов разработки, а сланцы являются лишь частью в общей группе плотных низкопроницаемых коллекторов.

При этом сланцы с геологической точки зрения – отнюдь не просто отдельно выделенный тип низкопроницаемых коллекторов, а особый тип, индивидуальность которого определяется, во-первых, особым минералогическим составом (совокупность кремнистой, карбонатной и глинистой составляющих), а также дополнительным набором геохимических критериев – наличие керогена и рассеянного органического вещества (ОВ), палеофациальные ус-

ловия захоронения ОВ и степень его катагенетической преобразованности.

К примеру, по данным (Лукин, 2013) газсланцевые поля территории США связаны с черносланцевыми формациями эвксинского генетического типа, образовавшимися в разновозрастных палеобассейнах эвксинского типа, формирование которых было обусловлено тектоно-геодинамическим взаимодействием Северо-Американского континента с палеоокеанами. И именно эвксиниты являются тем основным генетическим типом черных сланцев, с которыми связаны все известные в настоящее время месторождения и плеи сланцевого газа.

В связи с этим, оценку перспектив поиска сланцевых нефти и газа в высокоуглеродистых формациях Урало-Поволжья целесообразно начинать с оценки условий формирования доманиковых фаций, которые с одной стороны, являются коллекторами нефти (Муслимов, Плотникова, 2014, Войтович, Гатиятуллин, 2006), а с другой – традиционно считались нефтематеринскими для нефтяных залежей палеозойского осадочного чехла. Полученные в последние годы новые результаты геохимических исследований органического вещества доманикитов и «поддоманиковых» нефтей (Гордадзе, Тихомиров, 2005, Плотникова и др., 2013) свидетельствуют о том, что семилукско-речицкие отложения не являются источником генерации нефтей терригенного комплекса среднего девона. Тем не менее, условия формирования высокоуглеродистых формаций карбонатного девона Урало-Поволжья до сих пор остаются дискуссионными, и важная информация, указывающая на фациальные обстановки их образования, может быть получена на основе изучения геохимических особенностей состава органического вещества доманикитов и доманикоидов.

Углеводородный состав доманиковых фаций всегда вызывал повышенный интерес в комплексе геохимических исследований, поскольку именно эти породы традиционно считались основным источником нефти и газа, и им посвящено достаточно большое количество исследований.

В данной работе рассматриваются результаты геохимических исследований битумоидов семилукского гори-

зонта из пород скважины 33-Алькеевской, расположенной в центральной части Усть-Черемшанского прогиба Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП).

В качестве представительного образца доманиковой фаций был выбран образец керна из интервала 1939-1946 м, представленный, согласно макроописанию керна, черными глинистыми сланцами.

При проведении геохимических исследований особое внимание было уделено углеводородным соединениям, состав и строение которых позволяет воссоздать условия формирования органического вещества пород и последующих процессов его преобразования на различных стадиях катагенеза. Чем глубже проводится изучение состава ОВ пород тем понятнее становится представление о процессах, связанных с его формированием и преобразованием на различных стадиях развития осадочного бассейна и формирования продуктивных отложений. Полученная информация позволяет воспроизвести полную картину процессов проходивших на данном участке, необходимую для дальнейшего планирования проведения геологоразведочных работ.

Изучение битумоида образца керна включало исследование нафтеновых углеводородов масляной фракции методом газовой хроматомасс-спектрометрии (ГХ/МС). Оно осуществлялось на приборе «TurboMass Gold» фирмы Perkin Elmer с использованием компьютерной обработки данных в режиме SIM с записью ионов m/z 217 для стеранов и m/z 191 для терпанов. Разделение УВ велось на капиллярной колонке длиной 30 м, диаметром 0,32 мм с фазой PE-XLB. Хроматографирование осуществляли в режиме линейного программирования от 100°C до 300°C. В диапазоне температур от 100 до 150°C скорость подъема температуры составляла 12,5°C в мин и 3°C в мин в диапазоне от 150 до 300°C. Изотермический режим при начальной температуре длился 2 мин, при конечной (300°C) – 14 минут. Температура испарителя – 300°C. Газ-носитель – гелий, скорость потока – 2 мл/мин.

Общую характеристику об углеводородном составе ОВ исследованного образца можно получить по результатам анализа, представленного на рисунке 1, показывающего

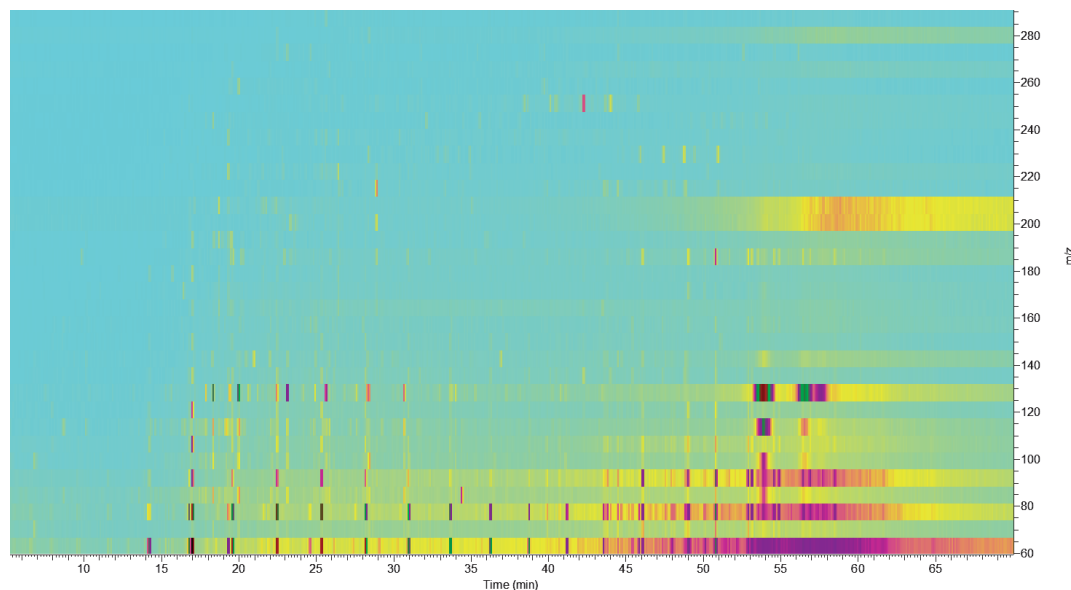


Рис. 1. Характеристика битумоида образца на основе интенсивностей фрагментных и молекулярных ионов в координатах m/z -время.

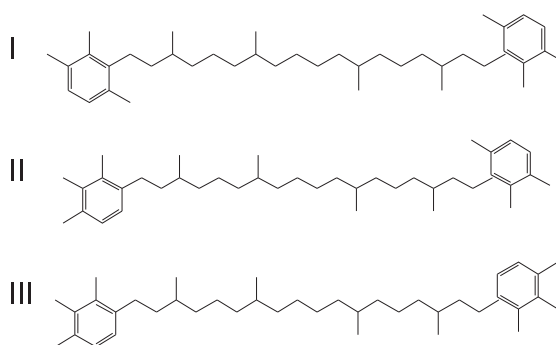
интенсивность фрагментных и молекулярных ионов, распределенных во временном интервале хроматографического анализа пробы. На ней традиционно просматриваются серия интенсивных фрагментных ионов m/z 71, 85, 99 т.д. представляющие n -парафины. При этом появление первых значимых ионов данной серии начинается с 14 минуты, что соответствует соединению состава C_{17} . Также наблюдается несколько гомологических рядов соединений со следующими сериями фрагмен-

тных ионов: m/z 83, 97 – циклогексаны; 91, 92, 105 и 106 – алкилбензолы. Но наибольший интерес среди всех фрагментных ионов представляет область на рассматриваемой диаграмме, содержащая ионы с m/z 133 и 134. Их выход на ней начинает отмечаться с 17 минуты и заканчивается на 57-ой. При этом основная интенсивность в ряду данных ионов приходится именно на высокотемпературный временной участок анализа (54 и 57 мин).

На рисунке 2 представлена полная хроматограмма экстракта органического вещества, характеризующая состав ОВ. Здесь, как и на предыдущем рисунке, в первую очередь обращает на себя внимание наличие в высокомолекулярной области (время выхода 54 и 57 мин) двух интенсивных хроматографических пиков, отмеченных индексами iAB (изоалкилбензолы). Наличие пиков с такой интенсивностью на данном участке общей хроматограммы не является свойственным для ОВ пород, что вызывает законный интерес к природе этих пиков.

На рисунке 3 представлена масс-фрагментограмма по иону m/z 134, характеризующая в составе нефти тетразамещённые алкилбензолы (ТМАБ) состава C_{10} - C_{40} . Данные соединения имеют в составе бензольного кольца три метильных заместителя и одну алкильную цепь изопреноидного строения (Остроухов и др., 1982). Количество заместителей и характер строения алкильной цепи указывает на реликтовый характер данных соединений, характеризующих исходное (сингенетичное) органическое вещество, а также условия его образования и накопления (седиментацию). При этом, как видно из масс-фрагментограммы в ОВ наблюдается присутствие двух основных гомологических рядов (I и II), отличающихся положением алкильной цепи в бензольном кольце. При этом положение алкильной цепи в кольце связано с определённым видом исходного морского органического вещества.

Необходимо особо отметить наличие в составе органического вещества высокое содержание трёх изомеров изоэриентана состава C_{40} строение которых представлено ниже (I – isorenieratane, II – renieratane, III – renierapurpurane):



Данные соединения сохранили строение исходных биологических веществ (изоэриентана) состава C_{40} , присущих фотосинтетическим зеленым серным бактериям (Chlorobiaceae), которые существуют в жесткой анаэробной среде и для их метаболизма необходимы свет и сероводород. Основным отличием между этими соединениями является положение алкильной цепи у одного из бензольных колец соединения. Доминирование того или иного изомера в смеси позволяет использовать эти биомаркеры в качестве нового критерия идентификации и сравнения при проведении корреляции ОВ-ОВ, ОВ-нефть, нефть-нефть.

На рисунке 4 в качестве примера представлено положение исследуемого образца на треугольной диаграмме в координатах I-II-III, в области, характерной для отложенной доманиковой фации. Характерной их особенностью является высокое содержание соединения I по отношению к остальным. Это достаточно интересный факт, поскольку в природе в составе изомеров иногда доминирует также соединение II, а в некоторых типах ОВ отмечается полное отсутствие соединения III и продуктов его преобразования.

Между тем, данные соединения являются одним из основных индикаторов условий формирования состава исходного сингенетичного ОВ на стадии его биологической активности в водной среде.

На рисунке 5 приведена упрощенная схема формирования основных генетических признаков исходного сингенетичного ОВ. Особое внимание обращает на себя образование изорениератена структуры I.

Предполагается, что возникновение изорениератена происходит в водной толще при трансформации каротиноидов под действием специального гена, активизированного определенными экологическими условиями бассейна осадконакопления. При этом данный ген содержится только в определенном виде бактерий. Таким образом, уже на стадии формирования осадков (осаждения органического вещества) происходит образование природного ароматического соединения, возник-

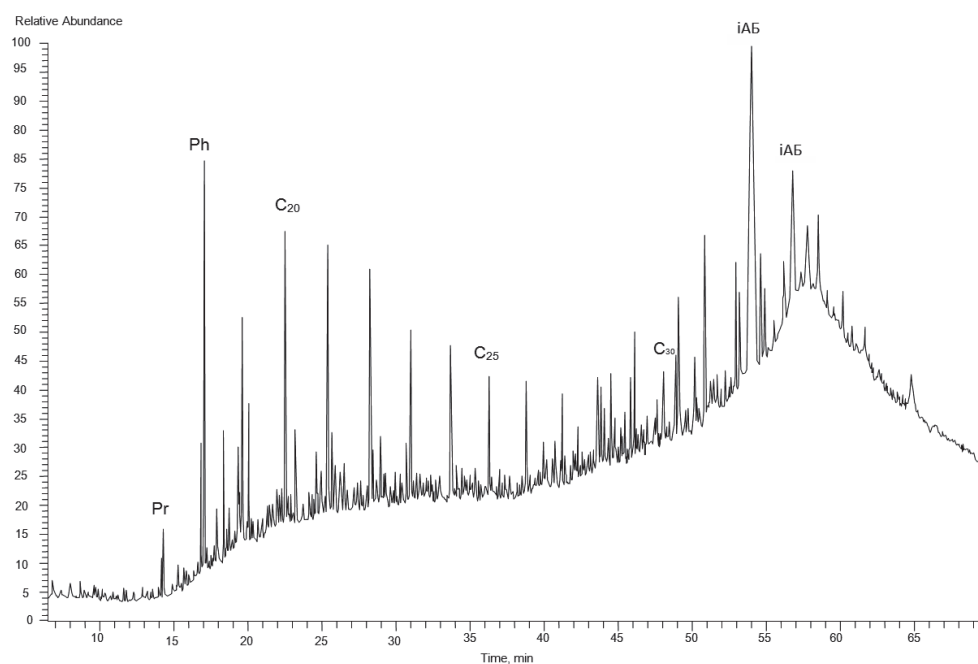


Рис. 2. Хроматограмма экстракта ОВ породы Pr – пристан; Ph – фитан; iAB – изоалкилбензол; C_{20} – число атомов углерода в молекуле.

новение которого ранее связывалось с этапом диагенетического преобразования ОВ. При этом функция изорениератена в составе живого вещества до сих пор неизвестна, хотя его содержание каким-то образом может быть связано с воздействием ультрафиолетового света и сероводорода. На рисунке 5 представлена условная схема формирования данного типа исходного нефтематеринского вещества.

Другим и основным фактором влияющего на образование изорениератена в живой природе является отсутствие кислорода в среде обитания серобактерий Chlorobiaceae и появление сероводорода (Jochen et. al., 2008, Koortmans et. al., 1996a; 1996b). Таким образом, при замене в фотической зоне водной среды кислорода на сероводород включается в действие генный механизм образования изорениератена из ранее образованных каротиноидов. Это позволяет предположить, что процесс преобразования каротиноидов в ароматические аналоги нефтяного ряда происходил не в зоне диагенеза, как это считалось ранее, а путём их биологического преобразования в живой природе через промежуточное соединение – изорениератен. Однако к настоящему времени нет чёткой информации относительно источника изорениератена и механизма его образования, поскольку в современной живой природе он и его возможные предшественники не обнаружены.

Это дает основание предположить наличие ранее существовавшего процесса формирования изорениератена через генный механизм из тех же каротиноидов. На значительную активность и масштаб этого процесса указывает высокий количественный состав каротиноидов, соизмеримый с изорениератеном.

Необходимо также отметить сравнительную корреляцию данных ароматических соединений со стандартными биомаркерами, такими как гопан C_{30} и стераны $C_{27}:C_{28}:C_{29}$, присутствующими в составе битумоида изучаемого образца и традиционно используемыми при оценке условий осадконакопления и преобразования ОВ. Отношение гопан/изорениератаны составляет 0,05, что указывает

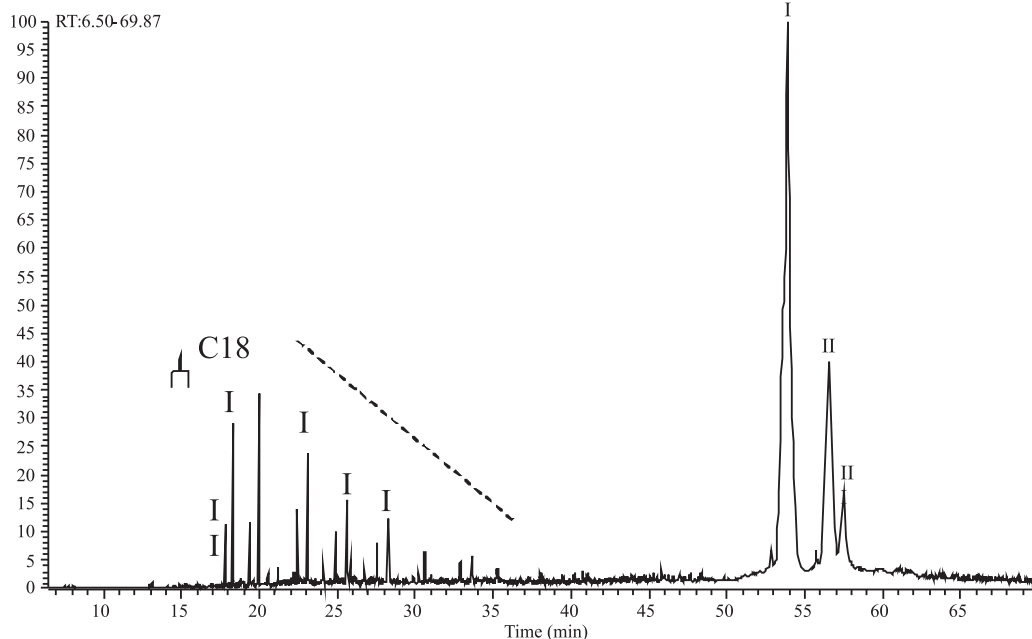


Рис. 3. Масс-фрагментограмма по иону m/z 134. Расшифровка I, II и III приведена в тексте.

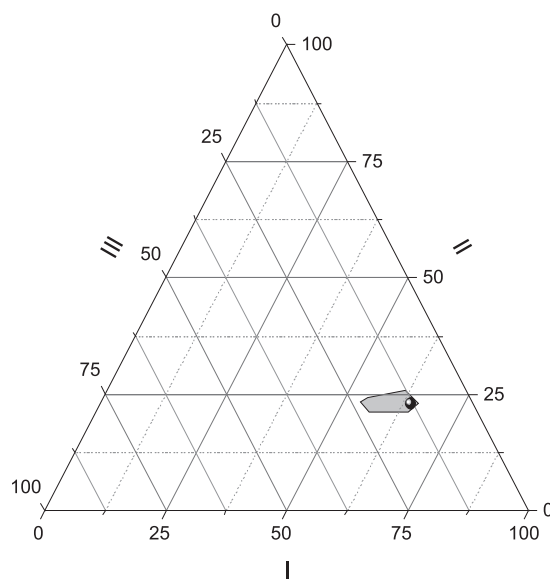


Рис. 4. Положение исследуемого образца на треугольной диаграмме в координатах I-III на основании содержания соединений состава C_{40}

на доминирование в исследуемом образце процесса преобразования каротиноидных соединений над бактериальной активностью в водной толще, хотя она также является достаточно высокой. Значение отношения стерана C_{29} к изорениератанам еще меньше (составляет порядка 10^{-3}), что указывает на неэффективность использования данного отношения в дальнейших исследованиях.

На основании изучения состава $C_{10}-C_{22}$ низкомолекулярных продуктов деструкции соединения I и реже II и III можно установить определённые закономерности в преобразовании исходного органического вещества. В первую очередь необходимо оценить количественный состав продуктов деструкции по отношению к исходному соединению. Так их сумма по отношению к исходному соединению C_{40} позволяет более полно оценить его преобразованность в составе ОВ породы. Для соединения I значение коэффициента $K=(\sum C_{10}-C_{22})/C_{40}$ составляет 0,4, а для соединения II – 3,46.

По мере увеличения термokatалитической преобразованности ОВ пород в составе соединений данных рядов наблюдается закономерное перераспределение содержания их членов в низкомолекулярную зону. На последних стадиях наблюдается полное разрушение исходных молекулярных соединений (I, II и III). В этой связи по полученным значениям данных коэффициентов можно судить о степени преобразованности ОВ пород или нефти.

Анализ проведенных геохимических исследований битумоидов из семи-

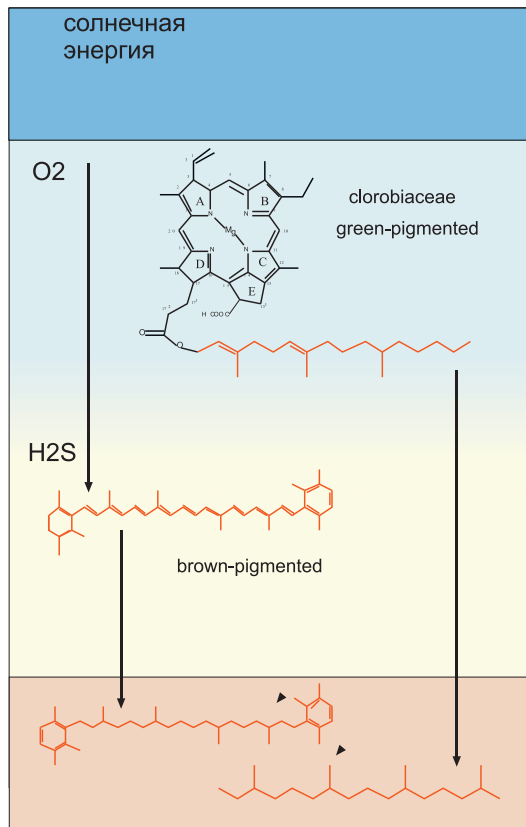


Рис. 5. Упрощенная схема условий формирования изорениератена на стадии осадконакопления.

луцкого горизонта в скв. 34-Кузнечихинской позволил впервые для территории Татарстана выявить наличие в составе ОВ доманикитов ароматического соединения изорениератена в достаточно большом количестве. Геологическое значение этого открытия имеет большое значение и сводится к следующему.

Формирование доманикитов в пределах современного положения Усть-Черемшанского прогиба происходило в условиях периодического возникновения аноксических событий, сероводородного заражения фотического слоя. Следовательно, в процессе осадконакопления на пассивной окраине Восточно-Европейской платформы существовали условия для эвксинского седиментогенеза, что создавало условия для возникновения черносланцевых формаций эвксинского типа. Насколько широко эти условия распространялись по площади акватории и какова была их продолжительность еще предстоит выяснить.

Характерные особенности распределения фаций и ОВ в доманиковом горизонте указывают на то, что биогенная седиментация находилась под мощным влиянием как Уральского палеоокеана, так и активизации рифтогенеза, сопровождавшегося вулканизмом и периодическим внедрением в бассейн осадконакопления глубинных флюидных систем, обусловивших присутствие в доманикитах широкого спектра микроэлементов и радиоактивных (урановых) аномалий (Готтих, Писоцкий, 2002; 2012).

В заключении необходимо отметить важность изучения изорениератенов и их продуктов в составе органического вещества пород и нефтей, поскольку они несут не

просто важную информацию об условиях формирования сингенетичного осадочного вещества доманиковых отложений.

Во-первых, выделение в ОВ пород изорениератенов позволит провести классификацию сланцевых толщ на территории Татарстана по фаціальным условиям их образования.

Во-вторых, эти ароматические соединения могут быть использованы в качестве нового биомаркера, позволяющего проводить корреляцию в системе ОВ-нефть для идентификации действительно сланцевой нефти в залежах семилукского, речицкого и других горизонтов. Другими словами, использование биомаркера, формирование которого происходило исключительно благодаря фаціальным условиям образования доманикитов, позволит идентифицировать сланцевые УВ в их естественном залегании и отличить их от миграционных УВ, имеющих другой источник генерации.

В-третьих, использование идентификации изорениератенов в ОВ позволит восстановить палеогеодинамические особенности развития региона, изучить стадийность активизации эндогенных процессов, поскольку экстремальные условия сероводородного заражения фотической зоны могли быть обусловлены в девонское время вулканической деятельностью, глубинной гидротермальной активностью недр.

Литература

- Jochen J. Brocks, Philippe Schaeffer. Okenane, a biomarker for purple sulfur bacteria (Chromatiaceae), and other new carotenoid derivatives from the 1640 Ma Barney Creek Formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 72. 2008. Pp. 1396-1414.
- Koopmans M.P., Koster J., Van Kaam-Peters H.M.E., Kenig F., Schouten S., Hartgers W.A., De Leeuw J.W. and Sinninghe Damste J.S. Diagenetic and catagenetic products of isorenieratene: molecular indicators for photic zone anoxia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 60. 1996. Pp. 4467-4496.
- Koopmans M.P., Schouten S., Kohnen M.E.L. and Sinninghe Damste J.S. Restricted utility of aryl isoprenoids for photic zone anoxia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 60. 1996. Pp. 4873-4876.
- Войтович Е.Д., Гатиятуллин Н.С. Тектоническое и нефтегеологическое районирование территории Татарстана. Казань: «ФЭН». 2006. 328 с.
- Гордадзе Г.Н., Тихомиров В.И. Геохимическая характеристика нефтей и РОВ пород центральных районов Волго-Урала (по УВ-биомаркерам). *Геохимия*. № 11. 2005. С. 1208-1223.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. Муслимов Р.Х. К вопросу о стадийности процессов формирования Ромашкинского месторождения с позиций глубинной флюидизации. *Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ*. Москва: ГЕОС. 2002. 472 с.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. Проявления процессов глубинной флюидизации в нефтегазоносных провинциях. *Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ*. Москва: ГЕОС. 2002. 516 с.
- Лукин А.Е. Черносланцевые формации эвксинского типа – мегаловушки природного газа. *Геология и полезные ископаемые мирового океана*. № 4. 2013. С. 5-28.
- Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. О сланцевой нефти Республики Татарстан. *Нефтяное хозяйство*. № 1. 2014. С. 12-15.
- Остроухов С.Б., Арефьев О.А., Макушина В.М., Забродина М.Н., Петров А.А. Моноциклические ароматические углеводороды с изопреноидной цепью. *Нефтехимия*. Т. 22. № 6. 1982. С. 723-728.
- Плотникова И.Н., Пронин Н.В., Носова Ф.Ф. Об источнике генерации нефти пашийского горизонта Ромашкинского месторождения. *Нефтяное хозяйство*. № 1. 2013. С. 33-35.

Сведения об авторах

Сергей Борисович Остроухов – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологического моделирования отдела геологического моделирования и подсчёта запасов филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть»

Ирина Николаевна Плотникова – доктор геолого-минералогических наук, заведующая кафедрой геологии нефти и газа

Фидания Фоатовна Носова – заведующая лабораторией геохимии горючих ископаемых.

Никита Владимирович Пронин – старший преподаватель кафедры геологии нефти и газа.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий
420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5
Тел: (843) 233-79-83

Geochemical Criteria for Facies Conditions in the Formation of Shale Deposits

S.B. Ostroukhov^{1,2}, I.N. Plotnikova¹, F.F. Nosova¹, N.V. Pronin¹

¹Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

²JSC LUKOIL-Engineering Branch «VolgogradNIPImorneft», Volgograd, Russia

e-mail: irena-2005@rambler.ru

Abstract. The article discusses the results of geochemical studies of bitumen in semilukskian horizon of Ust-Cheremshansky deflection in Tatarstan. Isorenieratenes are first established in large quantities in organic matter of domanicites. Comprehensive correlation of carotenoid compounds with standard biomarkers – hopane C30 and steranes C27:C28:C29 – revealed that hopane/ isorenieratenes ratio is 0.05, which indicates on dominant transformation of carotenoid compounds over bacterial activity in water. The presence of isorenieratene in organic matter of domanicites allowed assuming that the formation of domanicites happened in a periodic anoxic event and hydrosulfuric contamination of photic layer. During sedimentation on the passive margin there were conditions for euxinic sediment genesis. Aromatic compounds of organic matter could be used as new biomarker to correlate “organic matter-oil” system for identifying truly shale oil formations in sargayevskian, semilukskian, rechitskian and other horizons.

Keywords: isorenieratene, carotenoids, organic matter, domanicites, hydrosulfuric contamination, geochemical studies, shale, shale oil, paleo and geodynamic sedimentation, geochemical criteria.

References

- Jochen J. Brocks, Philippe Schaeffer. Okenane, a biomarker for purple sulfur bacteria (Chromatiaceae), and other new carotenoid derivatives from the 1640 Ma Barney Creek Formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 72. 2008. Pp. 1396-1414.
- Koopmans M.P., Koster J., Van Kaam-Peters H.M.E., Kenig F., Schouten S., Hartgers W.A., De Leeuw J.W. and Sinninghe Damsté J.S. Diagenetic and catagenetic products of isorenieratene: molecular indicators for photic zone anoxia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 60. 1996. Pp. 4467-4496.
- Koopmans M.P., Schouten S., Kohnen M.E.L. and Sinninghe Damsté J.S. Restricted utility of aryl isoprenoids for photic zone anoxia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. № 60. 1996. Pp. 4873-4876.
- Voytovich E.D., Gatiyatullin N.S. Tektonicheskoe i neftegeologicheskoe rayonirovanie territorii Tatarstana [Tectonic and oil geological zoning of the territory of Tatarstan Republic]. Kazan: “FEN” Publ. 2006. 328 p.
- Gordadze G.N., Tikhomirov V.I. Geokhimicheskaya kharakteristika neftey i ROV porod tsentral’nykh rayonov Volgo-Urala (po UV-biomarkeram) [Geochemical characteristics of oils and dispersed organic matter of the central regions of Volga-Urals (by HC-biomarkers)]. *Geokhimiya* [Geochemistry]. № 11. 2005. Pp. 1208-1223.

Gottikh R.P., Pisotskiy B.I. Muslimov R.Kh. K voprosu o stadiynosti protsessov formirovaniya Romashkinskogo mestorozhdeniya s pozitsiy glubinnoy flyuidizatsii [To the question of stages of Romashkinskoye oil field generation from a perspectives of deep fluidization]. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, nef’ i gaz* [Proc. Conf. «Degassing of the Earth: geodynamics, deep fluids, oil and gas»]. Moscow: “GEOS” Publ. 2002. 472 p.

Gottikh R.P., Pisotskiy B.I. Proyavleniya protsessov glubinnoy flyuidizatsii v neftegazonosnykh provintsiyakh [The manifestations of deep processes of fluidization in the oil and gas provinces]. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, nef’ i gaz* [Proc. Conf. «Degassing of the Earth: geodynamics, deep fluids, oil and gas»]. Moscow: “GEOS” Publ. 2002. 516 p.

Lukin A.E. Chernoslantsevye formatsii evksinskogo tipa – megalovushki prirodnogo gaza [Black shale formations of the Evksinski type – megatrapns of natural gas]. *Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana* [Geology and Mineral Resources of the World Ocean]. № 4. 2013. Pp. 5-28.

Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N. O slantsevoy nefiti Respubliki Tatarstan [About shale oil of the Republic of Tatarstan]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry]. № 1. 2014. Pp.12-15.

Ostroukhov S.B., Aref’ev O.A., Makushina V.M., Zabrodina M.N., Petrov A.I.A. Monotsiklicheskie aromatische uglevodorody s izoprenoidnoy tsep’yu [Monocyclic aromatic hydrocarbons with isoprenoid chain]. *Neftekhimiya* [Petrochemistry]. Vol. 22. № 6. 1982. Pp.723-728.

Plotnikova I.N., Pronin N.V., Nosova F.F. Ob istochnike generatsii nefiti pashiyskogo gorizonta Romashkinskogo mestorozhdeniya [About source of Pashiysky horizon the Romashkisky field production]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry]. № 1. 2013. Pp.33-35.

Information about authors

Sergey B. Ostroukhov – PhD, leading researcher of the geochemical modelling laboratory, Department of geochemical modeling and reserves estimation, JSC LUKOIL-Engineering Branch «VolgogradNIPImorneft»

Irina N. Plotnikova – Doctor of Science, Head of the Oil and Gas Geology Department

Fidaniya F. Nosova – Head of the Fossil Fuels Geochemistry Laboratory

Nikita V. Pronin – Senior Lecturer of the Oil and Gas Geology Department

Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan (Volga region) Federal University

420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya str., 4/5

Phone: +7(843)233-79-83