

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/28_2015

УДК 550.4:552.578.061.32(571.5-18)

Парфенова Т.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, Россия, parfenovatm@ipgg.sbras.ru

ГЕОХИМИЯ ГЕТЕРОАТОМНЫХ КОМПОНЕНТОВ БИТУМОИДОВ КУОНАМСКОЙ СВИТЫ НИЖНЕГО И СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ (СЕВЕРО-ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Представлены новые результаты исследования состава битумоидов куонамской свиты нижнего и среднего кембрия Оленекского свода. Методом электронного парамагнитного резонанса изучены смолы и асфальтеновые компоненты битумоидов.

Установлено, что элементный состав битумоидов, количество ванадил-ионов во фракциях их гетероатомных компонентов зависят от содержания органического углерода и минеральной серы в породах. Обсуждается геохимия ванадилпорфиринов кембрийских черных сланцев. Показано, что окисление в зоне гипергенеза привело к существенному обогащению кислородом битумоидов и разрушению ванадилпорфиринов смол и асфальтенов тонкослоистых высокоуглеродистых пород куонамской свиты на северо-востоке Сибирской платформы.

Ключевые слова: геохимия, битумоид, смолы, асфальтеновые компоненты, электронный парамагнитный резонанс, гипергенез, черные сланцы, кембрий, Сибирская платформа.

Обогащенные органическим веществом (ОВ) породы куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия распространены на севере и востоке Сибирской платформы. Они привлекают внимание геологов как возможная нефтегазопроизводящая, горючесланцевая и металлоносная толща [Геология нефти..., 1981; Зуева и др., 1992; Каширцев, 2003; Конторович, 1976; Савицкий и др., 1972 и др.]. Одним из опорных разрезов куонамской свиты является разрез на р. Молодо (левый приток р. Лена). Первые сведения о геохимии гетероциклических соединений ароматических, смолистых и асфальтеновых фракций битумоидов пород из этого разреза обсуждались в статьях [Конторович и др., 2005; Парфенова, Бахтуров, Шабанов, 2004; Парфенова, 2006]. В настоящей работе представлены новые результаты исследования элементного состава битумоидов и характеристик смол и асфальтенов черных сланцев куонамской свиты северо-востока Сибирской платформы.

Методы выделения битумоидов и анализа его группового состава демонстрировались в работах [Парфенова, Бахтуров, Шабанов, 2004; Парфенова, 2006]. Элементный состав 28 проб битумоидов пород (коллекция р. Молодо) определяли с использованием анализатора EA1110 - CHNS. Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) на приборе

Radiopan (SE/X 2544) изучены бензольные и спиртобензольные смолы, асфальтогеновые кислоты и асфальтены (106 образцов, аналитик к. г.-м. н. Л.Г. Гишинская).

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По содержанию органического углерода ($C_{орг}$) в породах, с учетом литологии, состава и распределения углеводородов-биомаркеров выделены группы и подгруппы в коллекции образцов р. Молодо [Парфенова, Бахтуров, Шабанов, 2004].

Содержание гетероатомных фракций обычно составляет больше 50% в битумоидах [Парфенова, 2006]. В максимальных количествах присутствуют спиртобензольные смолы, в минимальных – асфальтены (табл. 1). Установлено, что содержание углерода (C) и водорода (H) в битумоидах высокоуглеродистых и углеродистых пород сохраняется на уровне 86 и 10% (см. табл. 1) соответственно и является типичным для аквагенного ОВ на стадии мезокатагенеза [Конторович, 1976 и др.]. Следует отметить, что в битумоидах из разрезов рр. Некекит и Оленек [Савицкий и др., 1972], рр. Муна и Малая Куонамка концентрация C обычно меньше и изменяется от 77 до 84% [Зуева и др., 1992]. Содержание серы (S) в битумоидах пород из разреза р. Молодо лежит в интервале 1,2-3,8% и не зависит ни от состава пород, ни от содержания серы (общей – $S_{общ}$, сульфатной – $S_{сульфат}$) и $C_{орг}$ в породах (см. табл. 1 и 2). Количество кислорода (O) изменяется от 1,4 до 10,1%. Оно растет с увеличением содержания $C_{орг}$ в породах. Максимальные концентрации кислорода, спиртобензольных смол и асфальтогеновых кислот наблюдаются в битумоидах тонкослоистых высокоуглеродистых (Ia) пород (см. табл. 1). В минимальных количествах в битумоидах присутствует азот (N). Как правило, его содержание изменяется от 0,3 до 0,7% (см. табл. 1). В известняках (Пб) оно повышается до 1,2%, в кремнях (Пв) – до 0,9%.

По спектрам ЭПР исследовали сверхтонкую структуру, которая создается четырехвалентным ванадием в составе порфиринов. Высокие коэффициенты корреляции выявленных зависимостей содержания ванадил-ионов в спиртобензольных смолах, асфальтогеновых кислотах и асфальтенах от количества N в битумоидах (рис. 1) косвенно подтверждают это. Обобщения результатов изучения геохимии ванадиевых порфиринов отечественных и зарубежных исследователей представлены в монографиях [Серебренникова, 1988; Юдович, Кетрис, 1994; Peters, Moldowan, 1993]. Известно, что ванадилпорфирины ископаемого ОВ являются биомаркерными комплексами, наследующими структуру хлорофилла. Присутствие ванадил-ионов в гетероатомных компонентах доказывает, что фотосинтезирующие водоросли и, возможно, бактерии внесли существенный вклад в ОВ куонамской свиты.

Таблица 1

Состав битумоидов пород куонамской свиты

группа	подгруппа	Литология	С _{орг} , %	Групповой состав битумоидов, в %					Элементный состав битумоидов**, в %				
				масла	бензольные смолы	спирто-бензольные смолы	асфальто-геновые кислоты	асфальтены	C	H	S	N	O
I	высокоуглеродистые	Ia	<u>12,1-20,9</u> 15,3	<u>33-40</u> 36	<u>11-22</u> 15	<u>38-49</u> 43	<u>3-8</u> 5	<u>0,2-1,4</u> 0,8	<u>86,4-87,1</u> 86,7	<u>9,4-10,0</u> 9,7	<u>2,5-3,2</u> 3,1	<u>0,4-0,6</u> 0,5	<u>5,6-10,1</u> 7,3
		Iб	<u>6,7-17,4</u> 11,2	<u>40-46</u> 44	<u>15-20</u> 16	<u>35-36</u> 35	<u>2-4</u> 3	<u>1,0-1,9</u> 1,4	<u>86,4-88,0</u> 87,0	<u>9,7-10,3</u> 10,0	<u>1,6-3,1</u> 2,4	<u>0,4-0,7</u> 0,6	<u>4,0-6,2</u> 5,1
II	углеродистые	IIa	<u>3,1-9,2(14,2)*</u> 6,9	<u>48-55</u> 51	<u>16-20</u> 18	<u>24-30</u> 27	<u>1-4</u> 2	<u>0,9-3,6</u> 1,9	<u>85,7-87,4</u> 86,8	<u>9,9-11,3</u> 10,7	<u>1,2-3,4</u> 2,0	<u>0,3-0,7</u> 0,5	<u>1,4-5,1</u> 3,0
		IIб	<u>2,9-5,0</u> 3,8	<u>30-38</u> 33	<u>16-19</u> 18	<u>32-37</u> 34	<u>3-5</u> 4	<u>3,2-19,4</u> 12,0	<u>85,9-86,4</u> 86,2	<u>9,2-10,1</u> 9,8	<u>2,7-3,8</u> 3,1	<u>0,5-1,2</u> 0,9	<u>2,0-5,1</u> 3,3
		IIв	<u>1,5-5,1</u> 3,2	<u>17-46</u> 33	<u>17-21</u> 19	<u>27-41</u> 35	<u>1-5</u> 3	<u>5,0-20,5</u> 9,0	<u>86,1-87,2</u> 86,6	<u>10,2-10,8</u> 10,5	<u>1,5-3,0</u> 2,1	<u>0,6-0,9</u> 0,7	<u>1,7-3,6</u> 2,9

Примечание. Над чертой - разброс значений, под чертой - среднее.

* - Обр. 9 - единственный образец из подгруппы IIa с С_{орг} > 10%.

** - анализ выполнен для 6 образцов подгруппы Ia.

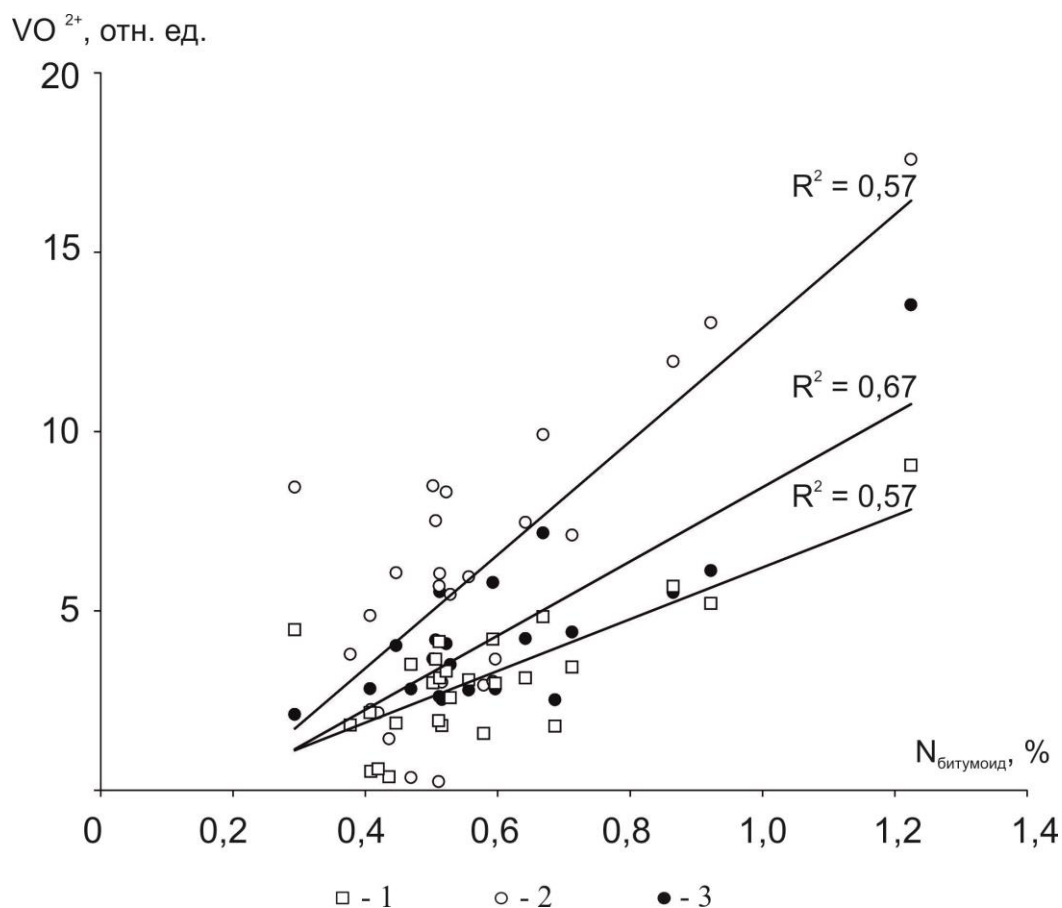


Рис. 1. Зависимость содержания ванадил-иона во фракциях гетероатомных компонентов от концентрации азота в битумоидах пород куонамской свиты

1 - спиртобензольные смолы, 2 - асфальтогеновые кислоты, 3 - асфальтены.

Результаты подтверждают, что ванадилпорфирины черных сланцев нижнего и среднего кембрия можно использовать как характерные биометки для анализа генетической связи с нефтидами Сибирской платформы, как это было показано ранее [Геология нефти..., 1981; Зуева и др., 1992; Каширцев, 2003].

Количество ванадил-иона (VO^{2+}) в изученных полярных фракциях существенно варьирует. При достаточных для замеров навесках (на уровне 0,01-0,02 г) в бензольных смолах отмечены лишь следы этих компонентов. Спиртобензольные смолы содержат от 0,19 до 9,63 относительных единиц (отн. ед.) ванадил-иона. С уменьшением содержания $C_{орг}$ от 21 до 1% в породах отмечается увеличение содержание четырехвалентного ванадия в этой фракции (рис. 2а, табл. 2). Коэффициент корреляции равен -0,58. Обратим внимание, что в образцах из обнажений рр. Юдомы, Лены и Некекит повышенное содержание порфиринов (в мг/100 г) получено для бензольных смол, а не для спиртобензольных (с. 141 [Савицкий и др., 1972]).

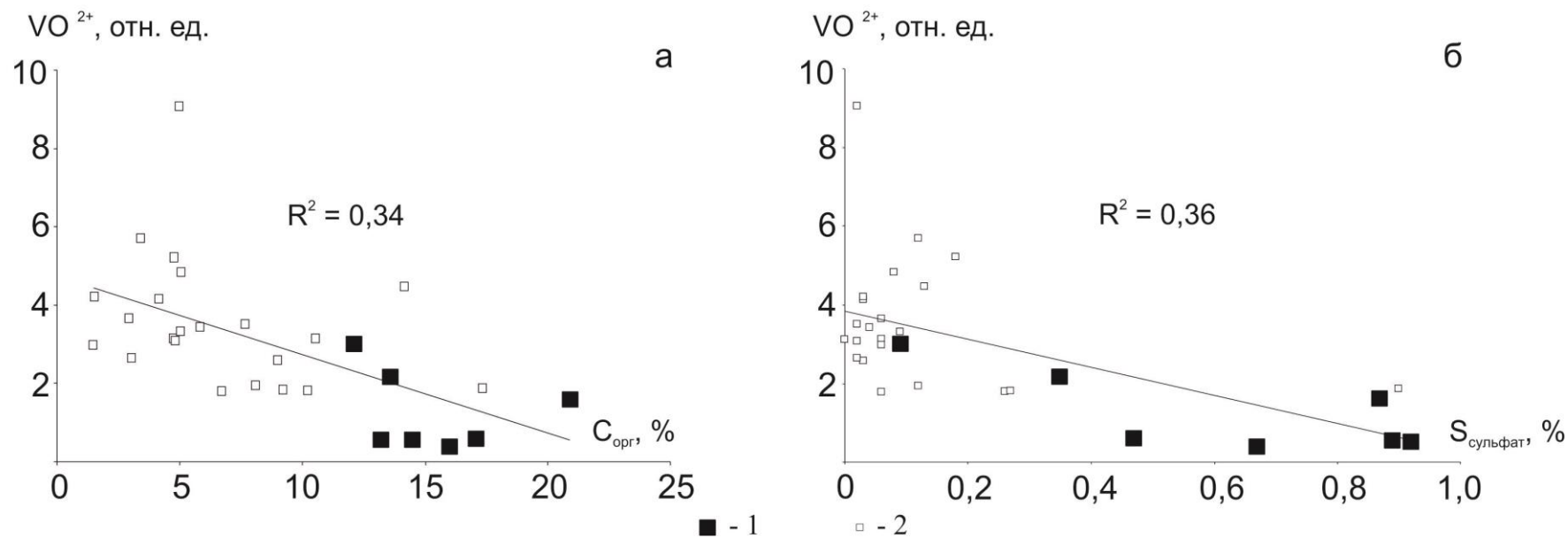


Рис. 2. Связь между содержанием ванадил-иона во фракциях спиртобензольных смол, органического углерода (а) и серы сульфатной (б) в породах куонамской свиты
1 - породы подгруппы Ia, 2 - породы подгруппы Ib и группы II.

В асфальтогеновых кислотах концентрации четырехвалентного ванадия варьируют в широком интервале 0,24-17,59 отн. ед. В асфальтенах высокоуглеродистых пород при навесках на уровне 0,000n г зафиксированы следы ванадил-ионов. При достаточном количестве образца обнаружено, что содержание четырехвалентного ванадия в асфальтенах изменяется от 1,94 до 13,53 отн. ед. (см. табл. 2).

Таблица 2

Содержание серы в породах и ванадил-иона во фракциях битумоидов куонамской свиты

группа	подгруппа	Литоология	S общ, %	S сульфат, %	Содержание VO ²⁺ , отн.ед.		
					спирто-бензолные смолы	асфальтогеновые кислоты	асфальтены
I	высокоуглеродистые	Ia	<u>1,2-2,7</u> 1,8	<u>0,09-0,92</u> 0,61	<u>0,38-2,99</u> 1,25	<u>1,43-8,49</u> 3,37	<u>2,83-3,66</u> 3,24
		Iб	<u>1,1-1,7</u> 1,4	<u>0,06-0,90</u> 0,32	<u>1,80-3,13</u> 2,15	<u>3,01-7,46</u> 5,51	<u>2,52-4,23</u> 3,33
II	углеродистые	IIa	<u>0,6-1,5</u> 0,9	<u>0,02-0,27</u> 0,08	<u>1,82-4,47</u> 3,10	<u>0,24-8,31</u> 4,42	<u>1,94-5,53</u> 2,89
		IIб	<u>0,3-0,5</u> 0,4	<u>0,02-0,12</u> 0,07	<u>3,65-5,69</u> 6,13	<u>7,51-17,59</u> 12,35	<u>4,19-13,53</u> 7,74
		IIв	<u>0,4-0,6</u> 0,5	<u>0,03-0,18</u> 0,09	<u>2,98-5,21</u> 4,31	<u>3,03-9,92</u> 4,32	<u>2,82-7,17</u> 3,95

Примечание. Над чертой - разброс значений, под чертой - среднее.

Для асфальтогеновых компонентов сохраняется тенденция к уменьшению концентраций ванадил-ионов с увеличением содержания S_{орг} в породах.

Известно, что уменьшение содержания ванадилпорфиринов до полного их разрушения происходит под действием высоких температур либо в результате регионального погружения осадочных толщ, либо внедрения интрузии в углеродистые отложения [Каширцев, 2003; Рядовая, Серебренникова, 1986; Серебренникова, 1988; Юдович, Кетрис, 1994; Peters, Moldowan, 1993]. Изменение концентрации ванадилпорфиринов в зоне контакта

черных сланцев куонамской свиты и дайки долеритов на обнажении р. Кюленке показано В.А. Каширцевым [Каширцев, 2003]. Но в 48 метровом разрезе куонамской свиты на р. Молодо чередующиеся высокоуглеродистые и углеродистые породы с низкими и высокими содержаниями ванадил-иона во фракциях смол и асфальтенов находились в одинаковых термобарических условиях на протяжении всей геологической истории.

В первых работах исследователями коллекций из разрезов на северо-востоке Сибирской платформы показано, что концентрации порфиринов в битумоидах куонамской свиты увеличиваются по мере повышения содержания ОВ в породах [Биккенина, 1964; Биккенина, 1966; Савицкий и др., 1972]. В изученных пробах $C_{орг}$ составлял 1,00-9,58%. Позже И.Н. Зуевой и другими изучалась геохимия ванадиловых порфиринов не только обогащенных до 10% углеродистых пород, но и горючих сланцев куонамской свиты [Зуева и др., 1992]. В образцах из обнажений рр. Муна и Малая Куонамка содержание $C_{орг}$ изменялось от 2,2 до 36,6%, а порфиринов в их битумоидах – от 45 до 1969 мг/100 г битумоида. Прямой связи между этими параметрами обнаружено не было. Авторами исследования установлено, что большие концентрации порфиринов зафиксированы в известняках. В карбонатных породах наблюдаются высокие до 17,59 отн. ед. концентрации ванадил-иона во фракциях (табл. 2). Кроме этого, в коллекции р. Молодо повышенные до 5-10 отн. ед. содержания ванадил-иона характерны и для кремней. И.Н. Зуевой с соавторами высказано предположение, что с одной стороны существует механизм накопления этих компонентов ОВ в известняках, с другой, вероятно, разрушение порфиринов горючих сланцев в диагенезе и/или гипергенезе. В пользу последних свидетельствуют повышенные содержания кислорода в компонентах ОВ горючих сланцев [Зуева и др., 1992].

О возможном окислении порфиринов тонкослоистых высокоуглеродистых пород куонамской свиты на этапе изменения ОВ в обнажениях впервые сообщали Л.В. Рядовая и О.В. Серебренникова [Рядовая, Серебренникова, 1986; Серебренникова, 1988]. В четырех образцах горючих сланцев, содержащих 13,15-17,50% $C_{орг}$, исследователями обнаружено 0,020-0,695 мг/г ванадилпорфиринов в хлороформенных битумоидах и 0,035-1,430 мг/г – в спиртобензольных. В спектрах битумоидов зафиксированы нетипичные интенсивные максимумы в полосе поглощения 590 нм. Наличие таких максимумов используют как свидетельство, указывающее на дополнительное циклопентановое кольцо. Оно образуется при химическом окислении порфиринов, сорбированных на породе [Рядовая, Серебренникова, 1986; Серебренникова, 1988].

Результаты проведенных исследований позволяют обсудить, когда происходило разрушение порфиринов куонамской свиты. Общее содержание серы в породах и сераорганических соединений в ароматических фракциях куонамской свиты возрастают с

ростом концентраций $S_{орг}$ [Конторович и др., 2005]. Условия в диагенезе были более восстановительные при формировании осадков высокоуглеродистых пород по сравнению с обстановками характерными для образования углеродистых пород. Ранее было показано, что ванадий внедряется в структуру порфирина активнее именно в восстановительных условиях в диагенезе [Серебренникова, 1988, Юдович, Кетрис, 1994; Peters, Moldowan, 1993]. Однако, содержание ванадил-иона в полярных фракциях коллекции р. Молодо увеличивается по мере уменьшения от 2,7 до 0,3% $S_{общ}$ в породах (см. табл. 2). Следует рассмотреть, какими формами представлена сера. Выявлено, что до 50% серы в породах составляет сера сульфатная. Для тонкослоистых высокоуглеродистых пород, как правило, наблюдается повышенное содержание $S_{сульфат}$, которое достигает 0,9% (см. табл. 2). Эта сера вторичная. Результаты рентгеноструктурного анализа свидетельствуют о наличии ярозита в тонкодисперсной фракции высокоуглеродистых пород. Таким образом, сульфатная сера образована при окислении сульфидной или элементарной серы после выхода куонамской свиты на поверхность в зону гипергенеза.

Установлено, что с увеличением серы сульфатной в породах, обычно, уменьшается содержание ванадил-иона в гетероатомных компонентах битумоидов (см. табл. 2). Высокий коэффициент корреляции подтверждает обратную зависимость концентрации четырехвалентного ванадия в спиртобензольных смолах от количества $S_{сульфат}$ в породах (рис. 2б). Доказано, что высокие содержания кислорода в керогенах высокоуглеродистых сланцев являются результатом экзогенного окисления ОВ [Парфенова и др., 2010]. Сопоставление их с содержанием кислорода в битумоидах позволило выявить прямую связь между этими параметрами. Коэффициент корреляции равен 0,69. Максимальные содержания кислорода в битумоидах и минимальные ванадил-иона в смолах и асфальтенах зафиксированы для высокоуглеродистых пород (см. табл. 1 и 2). Представленные закономерности указывают на то, что кислород внедрялся в химическую структуру битумоидов хрупких тонкослоистых горючих сланцев именно в гипергенезе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Куонамский комплекс рассматривается как источник углеводородного и минерального сырья на востоке Сибирской платформы. Одним из наименее изученных аспектов является влияние экзогенных процессов на преобразование состава его рассеянного ОВ и пород. Изучение битумоидов и их гетероатомных компонентов из коллекции разреза на р. Молодо позволило сделать следующие выводы.

Исследование элементного состава битумоидов черных сланцев подтвердило формирование ОВ в восстановительных условиях в диагенезе и уровень зрелости ОВ на стадии мезокатагенеза. Кроме этого, результаты детального сравнительного анализа

свидетельствуют, что химическая структура битумоидов высокоуглеродистых сланцев существенно обогащена кислородом в зоне гипергенеза.

Впервые показано, что концентрации ванадил-иона в спиртобензольных смолах и асфальтеновых компонентах битумоидов уменьшаются по мере увеличения содержания $S_{орг}$, $S_{общ}$, $S_{сульфат}$ в породах куонамской свиты. Установлено, что на северо-востоке Сибирской платформы ванадиловые порфирины существенно разрушены при окислении в приповерхностных условиях гипергенеза сильнее в слоистых высокоуглеродистых сланцах, содержащих более 10% органического углерода. Вероятно, порфирины лучше сохраняются в плотных породах, менее подверженных экзогенным процессам по сравнению с более тонкими и хрупкими литологическими разностями. В пользу правомерности такого предположения свидетельствуют повышенные содержания ванадил-иона не только в гетероатомных компонентах битумоидов карбонатных пород, но и силицитов.

Работа выполнена при поддержке проектов № VIII.73.4.3, № VIII.73.2.1, № НШ-402.2014.5, МИП СО РАН № 78, программы ОНЗ-1 РАН.

Литература

Биккенина Д.А. Битумы куонамской (битуминозной) свиты южного склона Анабарской антеклизы Якутии // Геология и геофизика. - 1964. - № 12. - С. 38-43.

Биккенина Д.А. О некоторых результатах изучения органического вещества пород и битумов куонамской свиты южного склона Анабарской антеклизы // Геология и нефтегазоносность Западной Якутии. - Тр. ВНИГРИ. – 1966. - Вып. 249. - С. 264-279.

Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. – 552 с.

Зуева И.Н., Уткина Н.А., Каширцев В.А., Григорьева Т.А. Геохимия порфиринов и микроэлементов органического вещества и нафтидов Западной Якутии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1992. - 100 с.

Каширцев В.А. Органическая геохимия нафтидов востока Сибирской платформы. – Якутск: ЯФ изд-ва СО РАН, 2003. – 159 с.

Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности // Труды СНИИГГиМСа. - Вып. 229. – М.: Недра, 1976. – 250 с.

Конторович А.Э., Парфенова Т.М., Иванова Е.Н. Ароматические углеводороды-биомаркеры и дибензотиофены в битумоидах куонамской свиты (северо-восток Сибирской платформы) // Докл. РАН. – 2005. – Т. 402. – № 6. – С. 804-806.

Парфенова Т.М., Бахтуров С.Ф., Шабанов Ю.Я. Органическая геохимия нефтепроизводящих пород куонамской свиты кембрия (восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 7. – С. 911-923.

Парфенова Т.М., Конторович А.Э., Борисова Л.С., Меленевский В.Н. Кероген куонамской свиты кембрия (северо-восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика. – 2010. – № 3. – С. 357-367.

Парфенова Т.М. Смолы и асфальтены битумоидов куонамской свиты (северо-восток Сибирской платформы) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений – 2006. – № 7. – С. 38-41.

Рядовая Л.В., Серебренникова О.В. Ванадилпорфирины кембрийских горючих сланцев Якутии // Горючие сланцы. – 1986. – № 3/2. – С. 174-179.

Савицкий В.Е., Евтушенко В.М., Егорова Л.И., Конторович А.Э., Шабанов Ю.Я. Кембрий Сибирской платформы (Юдомо-Оленекский тип разреза. Куонамский комплекс отложений) // Труды СНИИГГиМСа. Вып. 130. – М.: Недра, 1972. – 200 с.

Серебренникова О.В. Эволюция тетрапиррольных пигментов в осадочных отложениях. – Новосибирск: Наука, 1988. – 141 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. – Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. – 304 с.

Peters K.E., Moldowan J.M. The biomarker Guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments // Prentice Hall (New Jersey): – Englewood Cliffs, 1993. – 363 p.

Parfenova T.M.

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, parfenovtm@ipgg.sbras.ru

GEOCHEMISTRY OF HETEROATOMIC COMPONENTS OF BITUMOIDS OF KUONAMKA FORMATION, LOWER AND MIDDLE CAMBRIAN (NORTHEASTERN SIBERIAN PLATFORM)

New results of research of bitumoid components from Kuonamka Formation, Lower and Middle Cambrian of Olenek arc are presented. The resins and asphaltene components of the bitumoids are studied by means of electron paramagnetic resonance methods.

It is found that elemental composition of bitumoids, the amount of vanadium ions in the fractions of their heteroatom components depend on the content of organic carbon and mineral sulfur into rock. The geochemistry of vanadyl porphyrins of the Cambrian black shales are discussed. It is shown that oxidation in the supergene zone resulted in a significant enrichment of bitumoids by oxygen and destruction of vanadyl porphyrins of resins and asphaltenes of thin-layered Kuonamka Formation rocks in the north-east of the Siberian platform.

Keywords: *geochemistry, bitumoids, resin, asphaltene components, electron paramagnetic resonance, hypergenesis, black shales, Cambrian, Siberian Platform.*

References

Bikkenina D.A. *Bitumy kuonamskoy (bituminoznoy) svity yuzhnogo sklona Anabarskoy anteklizy Yakutii* [Bitumens of Kuonamka (bituminous) Formation of the southern slope of the Anabar anteklise Yakutia]. *Geologiya i geofizika*, 1964, no. 12, p. 38-43.

Bikkenina D.A. *O nekotorykh rezul'tatakh izucheniya organicheskogo veshchestva porod i bitumov kuonamskoy svity yuzhnogo sklona Anabarskoy anteklizy* [Some results of the study of organic matter and rocks bitumoids of Kuonamka Formation of the southern slope of the Anabar anteklise // *Geology and Petroleum of Western Yakutia*]. *Geologiya i neftegazonosnost' Zapadnoy Yakutii*. *Trudy VNIGRI*, 1966, vol. 249, p. 264-279.

Geologiya nefti i gaza Sibirskoy platformy [Oil and Gas Geology of the Siberian platform]. Editors A.E. Kontorovich, V.S. Surkov, A.A. Trofimuk. Moscow: Nedra, 1981, 552.

Kashirtsev V.A. *Organicheskaya geokhimiya naftidov vostoka Sibirskoy platformy* [Organic geochemistry of naphthides, east of the Siberian platform]. Yakutsk: YaF SO RAN, 2003, 159 p.

Kontorovich A.E. *Geokhimicheskie metody kolichestvennogo prognoza neftegazonosnosti* [Geochemical methods of quantitative forecasting of petroleum potential]. *Trudy SNIIGGiMSa*, vol. 229. Moscow: Nedra, 1976, 250 p.

Kontorovich A.E., Parfenova T.M., Ivanova E.N. *Aromaticheskie uglevodorody-biomarkery i dibenzotiofeny v bitumoidakh kuonamskoy svity (severo-vostok Sibirskoy platformy)* [Aromatic hydrocarbons-biomarkers and dibenzothiophene in bitumoids of Kuonamka Formation (north-east of the Siberian platform)]. *Dokl. RAN*, 2005, vol. 402, no. 6, p. 804-806.

Parfenova T.M. *Smoly i asfal'teny bitumoidov kuonamskoy svity (severo-vostok Sibirskoy platformy)* [Resins and asphaltenes of bitumoids, Kuonamka Formation (north-east of the Siberian platform)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2006, № 7, p. 38-41.

Parfenova T.M., Bakhturov S.F., Shabanov Yu.Ya. *Organicheskaya geokhimiya nefteproizvodnyashchikh porod kuonamskoy svity kembriya (vostok Sibirskoy platformy)* [Organic geochemistry of oil-producing rocks of Cambrian Kuonamka Formation (eastern Siberian Platform)]. *Geologiya i geofizika*, 2004, vol. 945, no. 7, p. 911-923.

Parfenova T.M., Kontorovich A.E., Borisova L.S., Melenevskiy V.N. *Kerogen kuonamskoy svity kembriya (severo-vostok Sibirskoy platformy)* [Kerogen of Cambrian Kuonamka Formation (north-east of the Siberian platform)]. *Geologiya i geofizika*, 2010, no. 3, p. 357-367.

Peters K.E., Moldowan J.M. The biomarker Guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments // Prentice Hall (New Jersey): – Englewood Cliffs, 1993, 363 p.

Ryadovaya L.V., Serebrennikova O.V. *Vanadilporfiriny kembriyskikh goryuchikh slantsev Yakutii* [Vanadyl porphyrins of Cambrian shales of Yakutia]. Goryuchie slantsy, 1986, no. 3/2, p. 174-179.

Savitskiy V.E., Evtushenko V.M., Egorova L.I., Kontorovich A.E., Shabanov Yu.Ya. *Kembriy Sibirskoy platformy (Yudoma-Olenekskiy tip razreza. Kuonamskiy kompleks otlozheniy)* [Cambrian of the Siberian Platform (Yudoma Oleneksky type of section. Kuonamka complex deposits)]. Trudy SNIIGGiMS, vol. 130. Moscow: Nedra, 1972, 200 p.

Serebrennikova O.V. *Evolutsiya tetrapirrol'nykh pigmentov v osadochnykh otlozheniyakh* [Evolution of tetra-pyrrole pigments in sediments]. Novosibirsk: Nauka, 1988, 141 p.

Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Elementy-primesi v chernykh slantsakh* [Trace elements in black shales]. Ekaterinburg: UIF Nauka, 1994, 304 p.

Zueva I.N., Utkina N.A., Kashirtsev V.A., Grigor'eva T.A. *Geokhimiya porfirinov i mikroelementov organicheskogo veshchestva i naftidov Zapadnoy Yakutii* [Geochemistry of porphyrins and micronutrients of organic matter and naphthides of Western Yakutia]. Yakutsk, YaNTs SO RAN, 1992, 100 p.

© Парфенова Т.М., 2015