

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/40_2016

УДК 550.4:552.578.061.32(571.56)

Парфенова Т.М., Меленевский В.Н., Коровников И.В.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

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕФТЕГАЗОПРОИЗВОДИВШИХ ПОРОД ОГОНЬОРСКОЙ СВИТЫ СРЕДНЕГО И ВЕРХНЕГО КЕМБРИЯ (СЕВЕРО-ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Представлены первые результаты геохимического исследования пород и органического вещества огоньорской свиты среднего и верхнего кембрия из обнажения на левом берегу реки Лены вблизи поселка Чекуровка. В огоньорской свите выделены группы пород, обогащенные и обедненные органическим веществом. По геохимическим признакам выявлены следы первичной миграции нефти. Обоснована перспективность поисков месторождений углеводородного сырья, генетически связанных с реализацией генерационного потенциала пород огоньорской свиты, в арктических районах на северо-востоке Сибирской платформы и прилегающих территориях.

Ключевые слова: органическая геохимия, нефтегазопроизводящая порода, генерационный потенциал, средний и верхний кембрий, огоньорская свита, Сибирская платформа.

По прогнозным оценкам на шельфе российских морей Арктики и на прилегающих территориях находится значительная часть ресурсов углеводородного сырья. Известно, что геология и геохимия осадочных отложений этих территорий пока изучены слабо. На левом берегу р. Лена вблизи пос. Чекуровка выходят на поверхность породы докембрия и палеозоя. Разрез нижнего, среднего и верхнего кембрия сложен в основном карбонатными, реже глинисто-кремнисто-карбонатными и глинисто-кремнистыми породами [Виноградов, 1962; Кембрий Сибири, 1992]. Отмечено, что в нем наблюдаются обогащенные органическим веществом (ОВ) породы сэктэнской и огоньорской свит [Бахтуров, Евтушенко, Переладов, 1988; Виноградов, 1962; Кембрий Сибири, 1992 и др.].

Новые сведения о литологии, седиментологии, палеонтологии и стратиграфии кембрийских отложений в нижнем течении р. Лена представлены в публикациях [Данукалова, Кузьмичев, Коровников, 2014; Коровников, Новожилова, 2012; Лазаренко и др., 2008; Шабанов и др., 2008; Danukalova, Kuzmichev, Korovnikov, 2013].

Настоящее сообщение начинает цикл статей по органической геохимии огоньорской свиты среднего и верхнего кембрия Туорасисского выступа в зоне сочленения Верхоянской складчатой области с Предверхоянским прогибом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2009 г. во время экспедиционных работ Т.М. Парфеновой для геохимических исследований была собрана коллекция пород огоньорской свиты из обнажения на левом берегу р. Лены, ниже по течению от устья руч. Бизскээбит. Биостратиграфическое расчленение кембрийских отложений выполнено И.В. Коровниковым на основе палеонтологических полевых и лабораторных работ. Зональные границы проведены по распределению трилобитов с использованием стратиграфической схемы [Решения Всесоюзного стратиграфического..., 1983].

Огоньорская свита в изученном разрезе согласно залегает на пестроцветных известняках и доломитах маяктахской свиты среднего кембрия (рис. 1). Породы представляют собой серию чередующихся ритмичных слоев глинисто-кремнисто-карбонатного состава. Они слагают флишоидную толщу [Лазаренко и др., 2008; Шабанов и др., 2008 и др.]. Горизонтальную слоистость и плитчатость пород нарушают субвертикальные трещины. Мощность огоньорской свиты – 290 м. С несогласием ее перекрывают песчаники, алевролиты и аргиллиты пермских отложений.

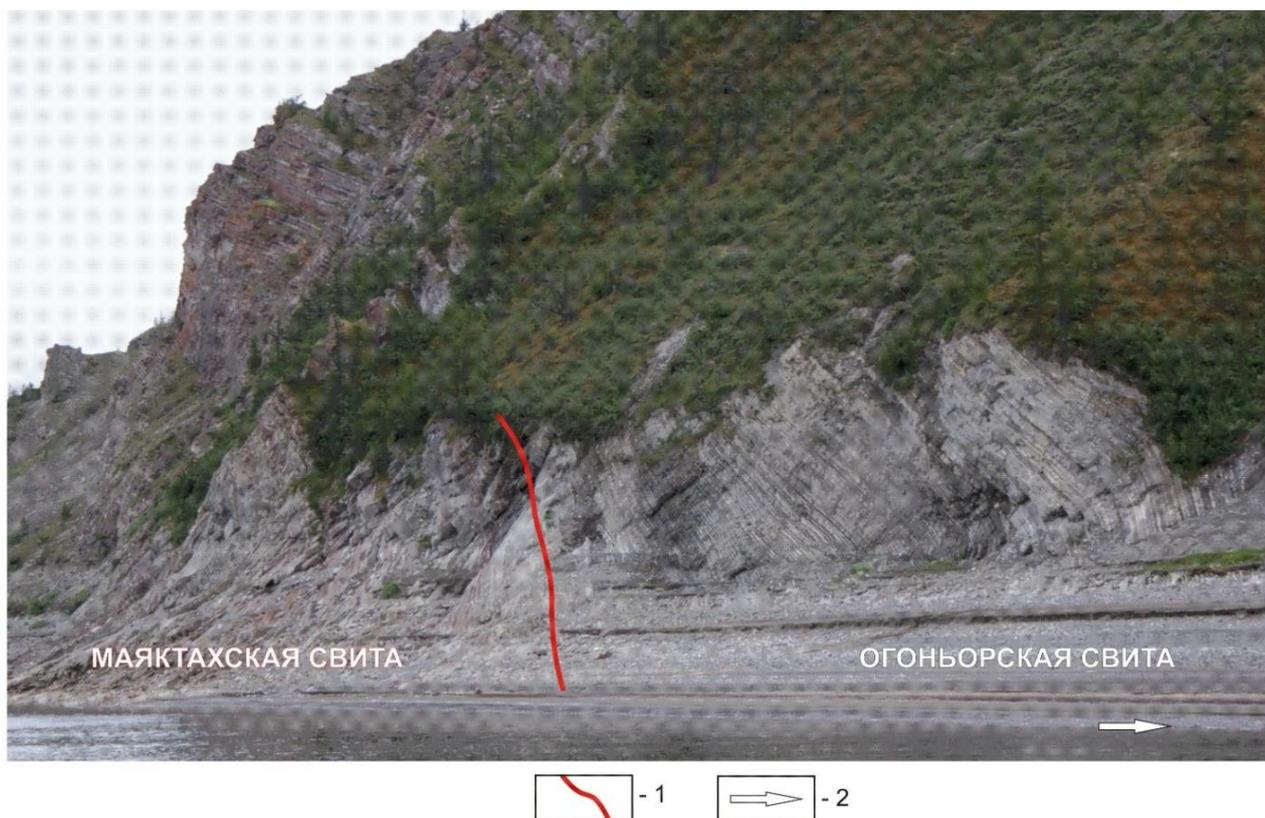


Рис. 1. Обнажение пород маяктахской и огоньорской свит кембрия на левом берегу р. Лена (фото 2009 г.)

1 – граница между свитами, 2 – направление течения реки.

Анализ проб выполнен в лаборатории геохимии нефти и газа ИНГГ СО РАН. Образцы каменного материала дробили до 0,25 мм. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в породах (63 образца) определяли на экспресс-анализаторе АН-7529 методом сжжения в кислороде предварительно декарбонатизированных 5% соляной кислотой проб нерастворимых остатков (НО). Пиролиз пород и НО проводили на приборе SR Analyzer – POPI (Pyrolytic Oil Productivity Index). Определяли «битумоидную» (S_1 , гУВ/г породы) и «керогеновую» (S_2 , гУВ/г породы) составляющие ОВ, индекс продуктивности ($PI = S_1/(S_1+S_2)$), водородный индекс (НИ, мгУВ/г $C_{орг}$), температуру максимального выхода углеводородов (УВ) (T_{max} , °C). Битумоид экстрагировали из 50 граммовых навесок (26 образцов) хлороформом при комнатной температуре с применением центрифуги. После очистки экстракта ртутью от элементарной серы петролейным эфиром из битумоида выделяли асфальтены. Далее мальтены делили на фракции насыщенных УВ, ароматических соединений и смол.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание $C_{орг}$ в породах огоньорской свиты изменяется от 0,04 до 6,0%, $C_{орг}$ ниже кларковых значений (0,2% по Н.Б. Вассоевичу [Конторович, 1976; Справочник по геохимии..., 1998]) зафиксирован в карбонатных породах (30% коллекции). Количество нерастворимого остатка варьирует от 4,0 до 70,5%. Как правило, с увеличением концентрации НО растет содержание $C_{орг}$ (рис. 2а). Однако, встречаются образцы с высоким значением НО (> 30%), которые имеют концентрации $C_{орг}$ меньше 0,5%. Коэффициент корреляции зависимости $C_{орг}$ от НО равен 0,7. В разрезе огоньорской свиты преобладают известняки и глинисто-кремнисто-карбонатные породы (рис. 3). Обогащенные карбонатным веществом породы с содержанием НО менее 50% составляют 86% от всей коллекции, аргиллиты, карбонатно-глинисто-кремнистые породы – 14%.

По содержанию $C_{орг}$, «керогеновой» составляющей S_2 , генерационному потенциалу, НО в породах, с учетом литологии и анализа пирограмм образцов пород и НО коллекция проб огоньорской свиты разделена на две группы (табл. 1, см. рис. 2, 4).

Группа I – углеродистые и низкоуглеродистые обычно черные, темно-серые, тонкослоистые и плитчатые аргиллиты, глинисто-кремнисто-карбонатные породы, в которых содержание $C_{орг}$ изменяется от 0,7 до 6,0%, НО в основном больше 30% (см. табл. 1, рис. 2а). Пиролиз показал, что на пирограммах этой группы фиксируются типичные для потенциально нефтегазопроизводящих пород два пика. Выявлено, что среднее значение S_1 составляет 0,50 мгУВ/г породы, S_2 лежит в интервале 1,49-14,44 мгУВ/г породы, суммарный генерационный потенциал – 1,70-15,82 мгУВ/г породы. Значения PI изменяются от 0,02 до 0,15 (рис. 2г), НИ – от 161 до 354 мгУВ/г $C_{орг}$, T_{max} – от 444 до 451°C (см. табл. 1).

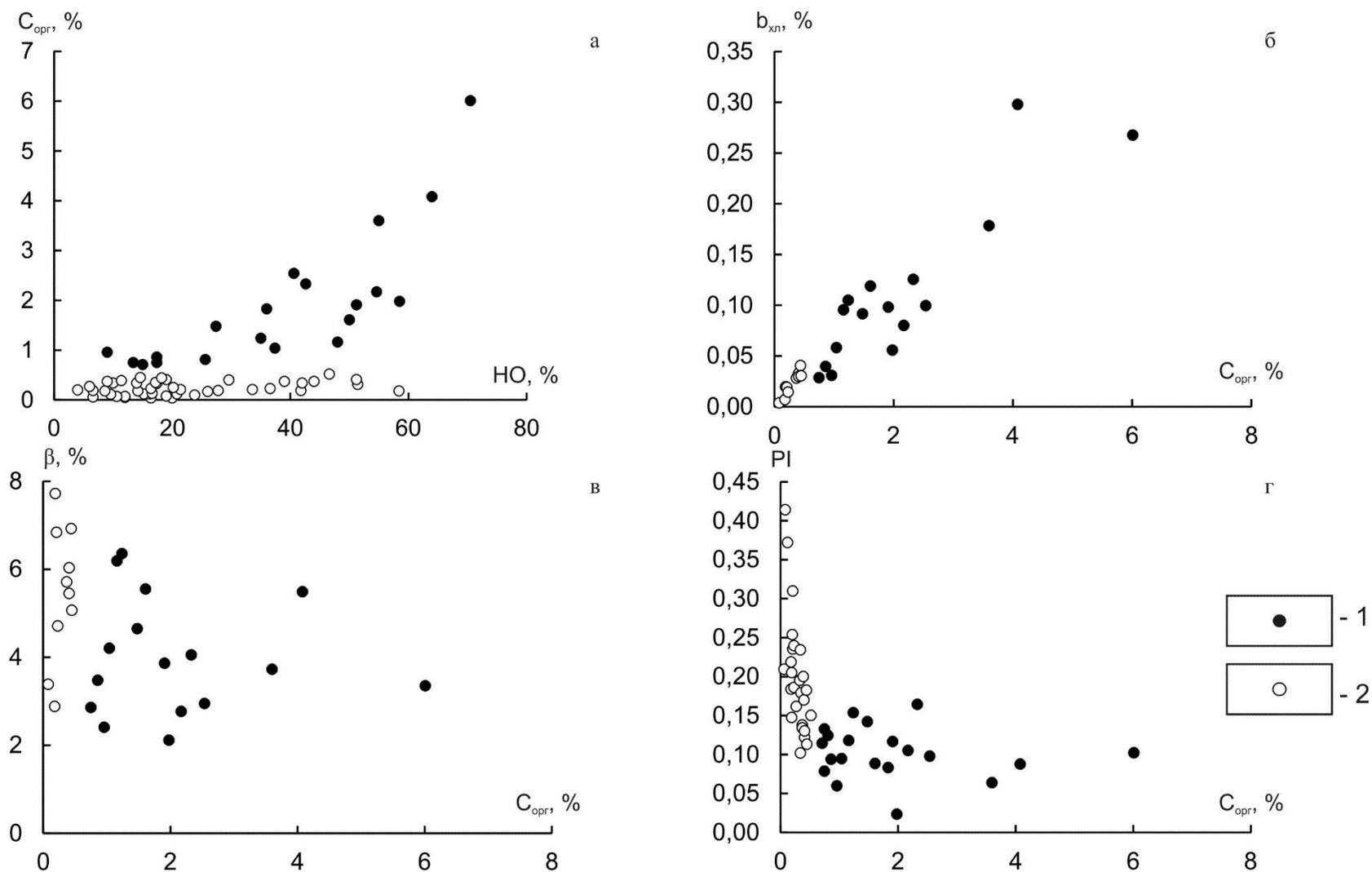


Рис. 2. Характеристика органического вещества пород огоньорской свиты

Зависимости: а – содержания $C_{орг}$ от HO; б – содержания $b_{хл}$ от $C_{орг}$; в – β от $C_{орг}$; г – PI от $C_{орг}$. Породы: 1 – группа I; 2 – группа II.



Рис. 3. Чередование серых и темно-серых плотных известняков, карбонатно-глинисто-кремнистых пород и черных тонкослоистых аргиллитов огоньорской свиты среднего и верхнего кембрия (фото 2009 г.)

Выход битумоида ($b_{\text{хл}}$) в породах группы I варьирует от 0,03 до 0,3%. Он увеличивается с ростом содержания $C_{\text{орг}}$, в породах (см. рис. 2б). Коэффициент корреляции, подтверждающий связь между параметрами $b_{\text{хл}}$ и $C_{\text{орг}}$ равен 0,9. Значения битумоидного коэффициента (β) лежат в интервале 2,1-6,4% (см. рис. 2в). Содержание насыщенных УВ в групповом составе битумоидов варьирует от 30,4 до 51,6% (среднее равно 43,4%), ароматических соединений – от 5,0 до 13,0% (среднее – 9,3%) (рис. 4а). Суммы УВ и ароматических соединений составляет 40,6-63,7% (рис. 4б), среднее равно 52,8%. Количество смол изменяется в пределах 32,5-51,4% (среднее – 41,6%), асфальтеновых компонентов – 2,0-11,7% (среднее – 5,7%) (рис. 4б). Суммарное содержание смол и асфальтенов варьирует от 36,3 до 59,4% (среднее – 47,2%), насыщенных УВ и ароматических соединений лежит в интервале 40,6-63,7% (рис. 4а, б). Обратим внимание, что количество УВ на сумму метанонафтеновых и ароматических фракций составляет от 75,0 до 89,5%, среднее равно 82,2%. Соотношение насыщенных УВ и ароматических соединений изменяется от 3,0 до 8,6 (среднее – 5,0).

Группа II – низкоуглеродистые серые, темно-серые, редко черные, зеленые, массивные, плитчатые и тонкоплитчатые, глинистые известняки, глинисто-кремнисто-карбонатные и глинисто-карбонатно-кремнистые породы, содержащие $C_{\text{орг}}$ от 0,04 до 0,5% (см. табл. 1). Нерастворимый остаток в этих породах обычно составляет 20-30%. Около 20% коллекции второй группы характеризуются значениями НО от 30 до 60% (см. рис. 2а).

Таблица 1

Характеристика пород и органического вещества огоньорской свиты среднего и верхнего кембрия

Геохимический параметр	Породы	
	Группа I	Группа II
НО, %	<u>9,0-70,5</u> 38,4	<u>4,0-58,4</u> 22,2
C _{орг} , %	<u>0,7-6,0</u> 1,9	<u>0,04-0,5</u> 0,2
Выход битумоида, %	<u>0,03-0,3</u> 0,11	<u>0,004-0,04</u> 0,02
β, %	<u>2,1-6,4</u> 4,0	<u>2,9-7,7</u> 5,5
«битумоидная» составляющая, S ₁ , мгУВ/г породы	<u>0,09-1,59</u> 0,50	<u>0,04-0,18</u> 0,10
«керогеновая» составляющая, S ₂ , мгУВ/г породы	<u>1,49-14,44</u> 4,57	<u>0,11-1,01</u> 0,48
Генерационный потенциал, (S ₁ +S ₂), мгУВ/г породы	<u>1,70-15,82</u> 5,07	<u>0,19-1,14</u> 0,58
PI	<u>0,02-0,15</u> 0,10	<u>0,10-0,41</u> 0,20
HI, мг УВ/г C _{орг}	<u>161-354</u> 235	<u>86-271</u> 167
T _{max} , °C	<u>444-451</u> 447	<u>444-460</u> 449

Над чертой - вариации значений, под чертой - среднее.

На всех пирограммах образцов пород и НО видны высокотемпературные пики S₂, характеризующие присутствие автохтонного ОВ, и низкотемпературные S₁. Между ними фиксируется дополнительный широкий пик, как правило, в интервале температур от 300 до 400°С. Содержание «битумоидной» составляющей S₁ не превышает 0,18 мгУВ/г породы, среднее составляет в 5 раз меньше, чем для пород группы I (см. табл. 1). Пиролиз показал, что значения S₂ изменяются от 0,11 до 1,01 мгУВ/г породы, генерационного потенциала – 0,19-1,14 мгУВ/г породы. Породы группы II характеризуются повышенными значениями PI, которые варьируют от 0,10 до 0,41 (см. рис. 2г). Водородный индекс имеет пониженные значения от 86 до 200 мгУВ/гC_{орг}, обычно. Максимальное HI равно 271 мгУВ/гC_{орг}. Температуры максимального выхода УВ по пиролизу пород изменяются от 444 до 460°С, среднее T_{max} – 449°С (см. табл. 1).

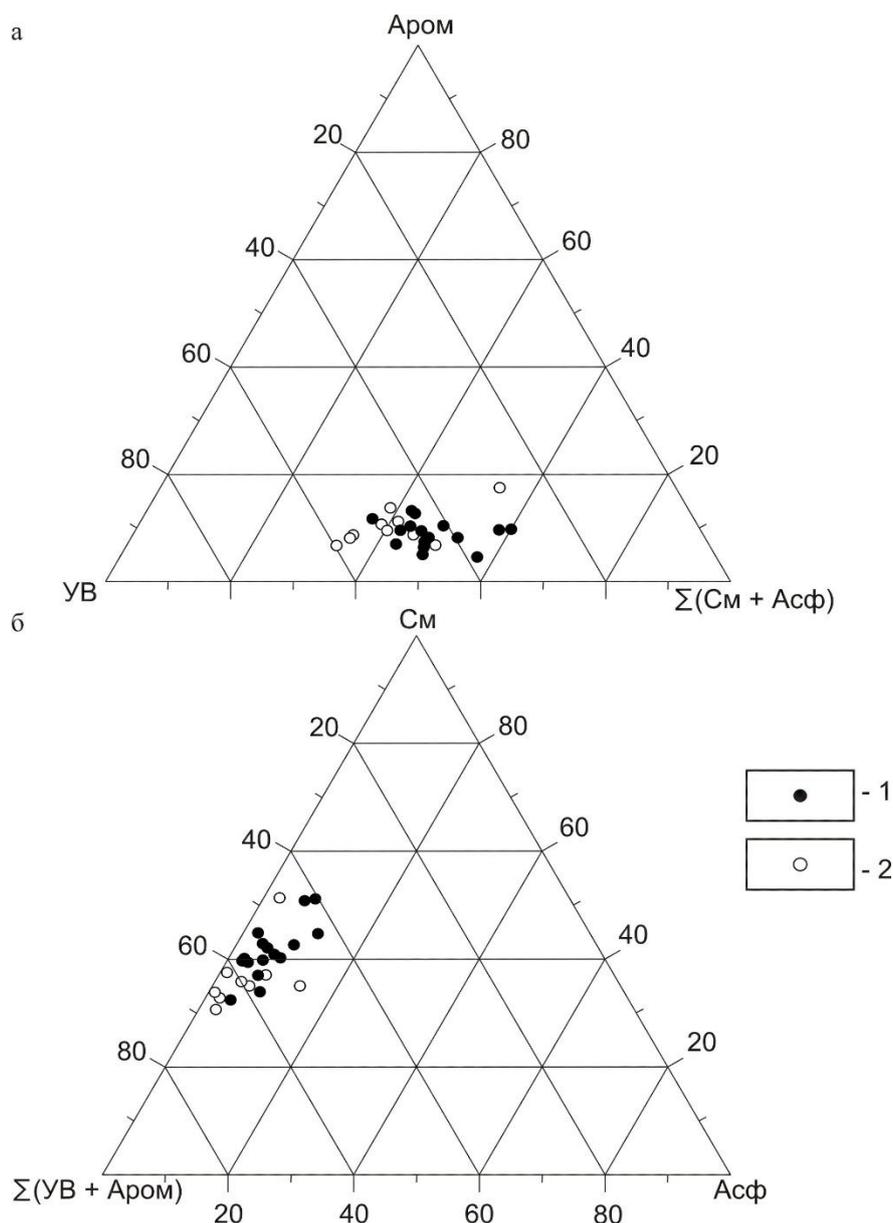


Рис. 4. Тригонограммы группового состава битумоидов огоньорхой свиты:

а – по содержанию УВ, Аром, $\Sigma(\text{См}+\text{Асф})$; **б** – по содержанию $\Sigma(\text{УВ}+\text{Аром})$, См, Асф

УВ – насыщенные углеводороды, Аром – ароматические соединения, См – смолы; Асф – асфальтеновые компоненты. Породы: 1 – группа I; 2 – группа II.

Содержание $b_{\text{хл}}$ в породах группы II лежит в интервале 0,004-0,04% (см. рис. 2б). Важно отметить, что наблюдается прямая зависимость $b_{\text{хл}}$ от $C_{\text{орг}}$, коэффициент корреляции равен 0,9. Значения β изменяются в пределах 2,9-7,7% (см. рис. 2в, табл. 1). В групповом составе битумоидов преобладают насыщенные УВ (см. рис. 4а). Их содержание лежит в интервале 44,0-59,8%, в одном образце опускается до 28,4%, среднее равно 48,8%. Ароматические соединения составляют 7,1-17,8% (среднее – 10,5%). Сумма метанонафthenовых и ароматических фракций составляет 46,2-66,9% (см. рис. 4б), среднее – 59,4%. Содержание смол изменяется от 30,7 до 37,9%, в одном образце повышается до 51,6% (среднее – 36,7%), асфальтеновых компонентов – 0,5-13,7%, среднее равно 4,2% (см. рис. 4а, б). Содержание УВ

на сумму метанофтеновых и ароматических фракций обычно варьирует от 77,2 до 89,3%, в одном образце понижается до 61,5%, среднее равно 81,7%. Отношение насыщенных УВ и ароматических соединений обычно больше 3, среднее значение равно 5,1.

Содержание и тип ОБ. Установлено, что 70% образцов изученной коллекции огоньорской свиты обогащены органическим углеродом выше кларковых значений. Известно, что прямая связь между содержанием битумоидов и $C_{орг}$ в породах характеризует автохтонное ОБ потенциально нефтепроизводящих толщ [Конторович, 1976; Тиссо, Велте, 1981; Справочник по геохимии..., 1998 и др.]. Такая связь обнаружена для пород двух групп огоньорской свиты. Высокие содержания УВ в битумоидах и значения водородного индекса по пиролизу больше 150-200 мг УВ/г $C_{орг}$ указывают, что ОБ свиты является аквагенным морским (II типа) [Тиссо, Велте, 1981; Peters, Walters, Moldowan, 2005].

Оценка катагенеза ОБ. Значения T_{max} от 444 до 460°C по результатам пиролиза указывают, что зрелось ОБ огоньорской свиты соответствует стадии мезокатагенеза [Тиссо, Велте, 1981; Peters, Walters, Moldowan, 2005]. Исследование группового состава битумоидов, позволяет точнее оценить катагенез ОБ. Суммарное содержание УВ и ароматических соединений в битумоидах в среднем больше 50% свидетельствует, что ОБ достигло стадии МК₂ [Конторович, 1976]. Аномально высокие (более 80%) содержания насыщенных УВ на сумму УВ и ароматических соединений, значения отношения метанофтеновой фракции к ароматической, как правило больше 3 (до 8,6), показывают, что ОБ погружалось на глубины, где катагенез мог быть на уровне МК₃¹.

Таким образом, породы, залегающие на поверхности, за свою геологическую историю попадали в главную зону нефтеобразования и, возможно, начало зоны генерации жирного глубинного газа. В среднем пониженные до 170-230 мгУВ/г $C_{орг}$ значения водородного индекса пород огоньорской свиты соответствуют ОБ, существенно преобразованному в катагенезе. Это дает основание предполагать, что начальные содержания $C_{орг}$, значения HI, генетический [Тиссо, Велте, 1981, с. 413] и генерационный [Peters, Walters, Moldowan, 2005, с. 73] потенциалы пород огоньорской свиты были в 3-4 раза выше.

Следы первичной миграции. Для пород группы II отмечены высокие значения индекса продуктивности и появление дополнительного пика на пирограммах между S_1 и S_2 . Известно [Тиссо, Велте, 1981; Peters, Walters, Moldowan, 2005], что это свидетельствует о присутствии в породах мигрировавших битумодов. Повышенное содержание УВ и пониженное смол в среднем на 10% в составе битумоидов группы II подтверждает перераспределение подвижных компонентов ОБ и указывает, что породы содержат смесь автохтонного и, вероятно, паравтохтонного битумоида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Российскими и зарубежными исследователями к 60-м гг. XX в. были разработаны геохимические критерии диагностики нефтепроизводящих/нефтематеринских пород [Конторович, 1976; Справочник по геохимии..., 1998; Тиссо, Велте, 1981; Peters, Walters, Moldowan, 2005 и др.]:

- 1) обогащенность автохтонным ОБ;
- 2) аквагенный тип ОБ;
- 3) уровень катагенеза ОБ, соответствующий главной зоне нефтеобразования;
- 4) следы первичной миграции;
- 5) корреляция атомно-молекулярного состава рассеянного ОБ и нафтидов.

Рассмотренные нами первые четыре признака показали, что породы огоньорской свиты на северо-восточной окраине Сибирской платформы являлись, по-видимому, нефтегазопроизводящими. Их высокий генерационный потенциал реализовывался на территории Чекуровской антиклинали.

Для повышения достоверности оценки катагенеза ОБ требуется проведение дополнительных исследований современными физико-химическими методами керогенов, битумоидов, индивидуальных соединений углеводородов метанонафтенной и ароматической фракций автохтонного ОБ огоньорской свиты. Планируется исследование атомно-молекулярного состава битумопроявлений из палеозойских отложений Туорасисского выступа для сравнительного анализа в системе нефтегазопроизводящая порода огоньорской свиты ↔ природные нафтиды для установления возможных генетических связей.

Стратиграфические исследования последних лет позволили выполнить корреляцию разрезов кембрия острова Беннетта (архипелаг Новосибирских островов) и северо-восточного обрамления Сибирской платформы [Danukolova et al., 2013; Данукалова, Кузьмичев, Коровников, 2014; Коровников, Новожилова, 2012]. Исследователями установлена синхронность смены обстановок осадконакопления, породы огоньорской свиты сопоставлены с черными сланцами дунабарской толщи. Это свидетельствует, что обогащенные ОБ породы среднего и верхнего кембрия широко распространены в арктических районах.

Новые результаты дополняют опубликованные материалы по геологии и геохимии органического вещества докембрия и фанерозоя северо-востока Сибирской платформы и доказывают перспективность поисков месторождений нефти и газа в районах нижнего течения р. Лены и на прилегающих территориях.

Литература

Бахтуров С.Ф., Евтушенко В.М., Переладов В.С. Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. – Новосибирск: Наука, 1988. – 160 с.

Виноградов В.А. Стратиграфия синийских и кембрийских отложений Северного Хараулаха // Сборник статей по палеонтологии и стратиграфии. Тр. НИИГА; Вып. 28. – Л., 1962. – С. 5-22.

Данукалова М.К., Кузьмичев А.Б., Коровников И.В. Кембрий острова Беннетта (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2014. – № 4. – С. 3-28.

Кембрий Сибири / Под ред. А.Ю. Розанова. – Новосибирск: Наука, 1992. – 135 с.

Коровников И.В., Новожилова Н.В. Новые данные по биостратиграфии нижнего и низов среднего кембрия Хараулахских гор // Геология и геофизика. – 2012. – № 8. – С. 1014-1026.

Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. – М.: Недра, 1976. – Тр. СНИИГГиМСа, вып. 229. – 250 с.

Лазаренко Н.П., Пегель Т.В., Сухов С.С., Абаимова Г.П., Гогин И.Я. Типовой разрез верхнего кембрия Сибирской платформы – кандидат в стратотипы ярусов Международной стратиграфической шкалы (р. Хос-Нелегэ, Западная Якутия, Россия // Разрезы кембрия Сибирской платформы – кандидаты в стратотипы подразделений Международной стратиграфической шкалы (стратиграфия и палеонтология): материалы к 13-й Международной полевой конференции рабочей группы по ярусному делению кембрия. (г. Якутск, 20 июля – 1 августа 2008 г.) – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2008. – С. 3-58.

Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири, часть I (верхний докембрий, нижний палеозой). – Новосибирск, 1983. – 216 с.

Справочник по геохимии нефти и газа. – СПб.: ОАО Издательство «Недра», 1998. – 576 с.

Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. – М.: Мир, 1981. – 502 с.

Шабанов Ю.Я., Коровников И.В., Переладов В.С., Фефелов А.Ф., Лазаренко Н.П., Гогин И.Я., Пегель Т.В., Сухов С.С., Абаимова Г.П., Егорова Л.И., Федоров А.Б., Раевская Е.Г., Ушатинская Г.Т. Кембрий Сибирской платформы. Книга 2: Северо-восток Сибирской платформы. – М.; Новосибирск: ПИН РАН, 2008. – 140 с.

Danukalova M.K., Kuzmichev A., Korovnikov I.V. Cambrian deposits on Bennett Island (the De Long Islands): a continuation of the Siberian platform // 3P Arctic 2013: The Polar Petroleum Potential Conference and exhibition (Stavanger, Norway, 15-18 October 2013): Abstracts. – Stavanger. – P. 173.

Peters K.E., Walter C.C., Moldowan J.M. The biomarker Guide, volume I: Biomarkers and isotopes in the environment and human history. – 2nd ed., Cambridge University press, 2005. – 471 p.

Parfenova T.M., Melenevskiy V.N., Korovnikov I.V.

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), parfenovatm@ipgg.sbras.ru

ESTIMATION OF POTENTIAL SOURCE ROCKS FROM THE OGOŃ'OR FORMATION OF THE MIDDLE AND UPPER CAMBRIAN (NORTHEASTERN SIBERIAN PLATFORM)

The first results of the geochemical study of rocks and organic matter of the Ogon'or Formation (Middle and Upper Cambrian) from outcrops on the left bank of the Lena River near the village Chekurovka, are presented. The Ogon'or Formation was divided into groups of rocks: enriched and depleted of organic matter. Traces of primary oil migration inside the Ogon'or Formation were determined by geochemical research. The prospect of searching for hydrocarbon resources, genetically associated with the generative potential of Ogon'or Formation rocks, in the Arctic regions in the north-east of the Siberian platform and surrounding areas are substantiated.

Keywords: *organic geochemistry, source rock, generative potential, the Middle and Upper Cambrian, Ogon'or Formation, the Siberian platform.*

References

Bakhturov S.F., Evtushenko V.M., Pereladov V.S. *Kuonamskaya bituminoznaya karbonatno-slantsevaya formatsiya* [Kuonamka bituminous carbonate-shale Formation]. Novosibirsk: Nauka, 1988, 160 p.

Danukalova M.K., Kuz'michev A.B., Korovnikov I.V. *Kembriy ostrova Bennetta (Novosibirskie ostrova)* [Cambrian Bennett Island (New Siberian Islands)]. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2014, no. 4, p. 3-28.

Handbook on geochemistry of oil and gas. St. Petersburg: OAO Izdatel'stvo «Nedra», 1998, 576 p.

Kembriy Sibiri [Cambrian of Siberia]. Ed. A.Yu. Rozanov. Novosibirsk: Nauka, 1992, 135 p.

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

Korovnikov I.V., Novozhilova N.V. *Novye dannye po biostratigrafii nizhnego i nizov srednego kembriya Kharaulakhskikh gor* [New data on the biostratigraphy of the lower and lower middle Cambrian Mountains Kharaulakh]. Geologiya i geofizika, 2012, no. 8, p. 1014-1026.

Lazarenko N.P., Pegel' T.V., Sukhov S.S., Abaimova G.P., Gogin I.Ya. *Tipovoy razrez verkhnego kembriya Sibirskoy platformy – kandidat v stratotipy yarusov Mezhdunarodnoy stratigraficheskoy shkaly (r. Khos-Nelege, Zapadnaya Yakutiya, Rossiya)* [A typical section of the Upper Cambrian of the Siberian Platform – propounded stratotype unit to the International stratigraphic scale (river Nelege Hawes, Western Yakutia, Russia)]. Cambrian geological cross sections of the Siberian Platform - propounded stratotype departments International stratigraphic scale (stratigraphy and paleontology). Materials to 13th International field conference working group on longline division of the Cambrian (Yakutsk, July 20 - August 1, 2008). Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2008, p. 3-58.

Peters K.E., Walter C.C., Moldowan J.M. *The biomarker Guide, volume I: Biomarkers and isotopes in the environment and human history*. 2nd ed., Cambridge University press, 2005, 471 p.

Shabanov Yu.Ya., Korovnikov I.V., Pereladov V.S., Fefelov A.F., Lazarenko N.P., Gogin I.Ya., Pegel' T.V., Sukhov S.S., Aaimova G.P., Egorova L.I., Fedorov A.B., Raevskaya E.G., Ushatinskaya G.T. *Kembriy Sibirskoy platformy. Kniga 2: Severo-vostok Sibirskoy platformy* [Cambrian of the Siberian Platform. Book 2: Northeast Siberian platform]. Moscow, Novosibirsk: PIN RAN, 2008, 140 p.

Tisso B., Vel'te D. *Obrazovanie i rasprostranenie nefti* [Formation and distribution of oil]. Moscow: Mir, 1981, 502 p.

Vinogradov V.A. *Stratigrafiya siniyskikh i kembriyskikh otlozheniy Severnogo Kharaulakha* [Stratigraphy of Sinian and Cambrian deposits of Northern Kharaulakh]. Sbornik statey po paleontologii i stratigrafii. Tr. NIIGA; vol. 28. Leningrad, 1962, p. 5-22.

© Парфенова Т.М., Меленевский В.Н., Коровников И.В., 2016