



УДК 553.98.44:550.8(571.5)

О ПЕРСПЕКТИВАХ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ В КУОНАМСКОЙ БИТУМИНОЗНОЙ ФОРМАЦИИ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

П. Н. Соболев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Кембрийские доманикоидные отложения куонамской свиты и ее возрастных и фациальных аналогов, распространенные на Сибирской платформе, по своей обогащенности сапропелевым ОВ стоят в одном ряду с такими известными толщами, как баженовская свита Западной Сибири или доманик Русской платформы. Сходство литологического состава и обогащенность битуминозным веществом позволяют рассматривать их в качестве возможного источника нетрадиционного углеводородного сырья. Приведена прогнозная оценка этих отложений для Западной Якутии, выделены участки, характеризующиеся определенным строением куонамской свиты, глубинами ее погружения, температурным режимом. Территория распространения куонамских отложений, перспективная на выявление сланцевой нефти, разделена на участки с оценкой прогнозных ресурсов нефти по категории D_2 . Даны предложения по направлениям ГРП, нацеленным на выявление промышленной нефтеносности куонамских отложений.

Ключевые слова: доманикоидные отложения, куонамская свита, нефтеносность, глубокие скважины, поисково-оценочные работы.

ON PROSPECTS FOR RECOVERING OF SHALE OIL IN THE KUONAMKA BITUMINOUS FORMATION IN EASTERN SIBERIA

P. N. Sobolev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The Cambrian Domanikoid deposits of the Kuonamskaya Formation and its age and facies analogs, which are widespread in the Siberian Platform, in terms of their enrichment in sapropelic OM, are on a par with such well-known strata as the Bazhenovskaya Formation in Western Siberia or the Domanik of the Russian Platform. The similarity of the lithological composition, enrichment in bituminous matter, makes it possible to consider them as a possible source of unconventional hydrocarbon raw materials. For the territory of Western Yakutia, the predictive assessment of these deposits is given, blocks characterized by a certain structure, depth of its submergence, and temperature regime of the Kuonamskaya Formation are identified. The territory of distribution of the Kuonamskaya deposits promising for the identification of «shale» oil is divided into blocks with the estimation of undiscovered oil resources by D_2 category. Proposals are given on the directions of geological exploration aimed at identifying the commercial oil content of the Kuonamskaya deposits.

Keywords: Domanikoid deposits, Kuonamskaya Formation, oil content, deep wells, prospecting and evaluation works.

DOI 10.20403/2078-0575-2020-4-14-19

На Сибирской платформе широко распространены доманикоидные отложения ниже-среднекембрийского возраста, известные под названием куонамской битуминозной формации, объединяющей отложения куонамской, иниканской и шумнинской свит. Эти отложения привлекают внимание обогащенностью органическим веществом, содержания которого максимальны во всем фанерозойском разрезе осадочного чехла. По литологическому составу, толщинам и обогащенности РОВ породы куонамской формации являются аналогами известной баженовской свиты Западной Сибири и доманика Русской платформы. Основные породообразующие компоненты в составе формации – глинистое вещество, кремнезем, карбонатный материал, органическое вещество. Толщины пород варьируют в пределах 18–120 м, в среднем 30–40 м. Наиболее обогащены ОВ разрезы, формировавшиеся в условиях максимальной некомпенсации осадконакопления, имеющие минимальные мощности и в среднем содержащие 4–5 % органического углерода на породу.

В табл. 1 приводятся пиролитические показатели пород куонамской формации для некоторых районов Анабарской антеклизы. Они вполне сопоставимы с известными породами баженовской свиты.

Согласно имеющимся данным площадь распространения этих отложений на Сибирской платформе, вероятно, не менее 900 тыс. км². Породы куонамского комплекса широко распространены в естественных обнажениях в Западной Якутии. В последние десятилетия по сейсмическим данным доказано их существование и на северо-западе платформы, что подтверждено единичными скважинами.

В Западной Якутии породы куонамской и иниканской свит в течение многих десятилетий привлекали внимание исследователей. Изучение их проводилось в целях разработки стратиграфической шкалы кембрия, палеогеографии кембрийской эпохи и изучения нефтематеринских свойств [1, 3, 4, 7–9, 11 и др.]. В 2015 г. состоялась Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная раз-



Таблица 1

Пиролитическая характеристика пород куонамской свиты, юг Анабарской антеклизы

Место отбора пробы	Глубина отбора, м	T _{max} , °C	S ₁	S ₂	PI = S ₁ /(S ₁ +S ₂)	ТОС, %	Нl, мг УВ/г C _{орг}
			мг УВ/г породы				
Скважина							
203	600,7	419	2,49	58,04	0,04	8,29	700
203	601,7–602,5	434	2,71	77,2	0,03	11,02	700
203	610,7	430	5,29	121,23	0,04	17,16	706
203	611	427	4,69	91,51	0,05	13,55	675
203	611,3	428	4,19	91,55	0,04	12,95	706
204	657,2	432	2,89	58,05	0,05	8,28	701
204	668,3	427	3,88	84,44	0,04	11,7	721
13	103,4	430	2,78	5,82	0,23	2,76	210
13	104,0	425	0,70	7,43	0,09	2,14	347
Река							
	Обнажение	424	3,65	102,5	0,03	16,33	627
Арга-Сала	«	433	0,33	6,33	0,05	1,84	344
	«	432	0,35	6,62	0,05	0,99	668
	«	425	2,1	138,14	0,01	21,97	628
Малая Куонамка	«	430	3,01	76,89	0,04	15,57	493
	«	425	3,57	88,33	0,04	14,79	597

личным проблемам, связанным с черносланцевыми отложениями, где был представлен ряд докладов, посвященных отложениям куонамского типа Сибирской платформы [5, 6 и др.]. Однако до сих пор практически не получены данные о них по разрезам глубоких скважин. При наибольших объемах глубокого бурения в Западной Якутии в 1970–1980-е гг. породы куонамского комплекса, как правило, проходились без отбора кернового материала. Таким образом, к настоящему времени сложилась парадоксальная ситуация, когда при повышенном внимании к этим отложениям мы почти не имеем аналитических данных, характеризующих их показатели на глубинах с удовлетворительными условиями сохранности скоплений УВ. В связи с этим прогнозные построения выполняются путем экстраполяции геохимических параметров на глубины, исключая влияние факторов гипергенеза. Такой подход, естественно, снижает качество прогноза.

Можно констатировать, что породы куонамского комплекса в западной части Сибирской платформы имеют минимальную изученность. Вместе с тем, судя по региональным построениям предшествующих лет, очевидно, что на западе эти отложения претерпели интенсивный катагенез. В Норильском и Игарском районах РОВ пород шумнинской свиты (аналогов куонамского комплекса) преобразовано до градаций МК₄–АК, что фиксируется в обнажениях. Далее, в направлении Курейской синеклизы, несомненно, палеоглубины погружения были больше, что предопределяет также интенсивный катагенез. Это подтверждается изучением керогена пород куонамской свиты в Чириндинской скв. 1. На западе Южно-Тунгусской НГО, где

имеется поле развития аналогов куонамской свиты и палеоглубины были, вероятно, меньше, уровень катагенеза также отвечает градации АК, но уже из-за контактового влияния распространенных здесь интрузий долеритов.

Таким образом, можно предположить, что на территории развития аналогов куонамской свиты в западной части Сибирской платформы РОВ полностью реализовало свой исходный потенциал. Это практически исключает перспективы выявления здесь скоплений сланцевой нефти. Можно лишь надеяться, что в ходе реализации потенциала аналогами куонамской свиты на западе платформы генерированные УВ могли формировать скопления УВ в перекрывающих отложениях либо в синхронных органогенно-обломочных образованиях, латерально замещающих доманикоиды.

Перспективы выявления сланцевой нефти имеются на востоке платформы, в северной части Сюгджерской седловины и, прежде всего, на территории смежных склонов Вилюйской синеклизы с Анабарской и Алданской антеклизмами в Западной Якутии.

Пока трудно делать какие-либо прогнозы по северу Сюгджерской седловины, поскольку также нет конкретных геохимических данных. Имеются только сейсмические материалы, которые позволяют с большой долей вероятности прогнозировать присутствие пород куонамского комплекса в разрезах. Пока геохимические материалы имеются только для Алданской и Анабарской антеклиз, смежных склонов Вилюйской синеклизы. Эти районы можно рассматривать в качестве первоочередных для выявления нефтеносности куонамского комплекса.



В рамках работ по крупному объекту, касающемуся оценки перспектив добычи сланцевой нефти в РФ, сотрудниками ВНИГНИ и СНИИГГиМС был проведен комплекс исследований отложений куонамского типа в Западной Якутии и подготовлен ряд материалов, необходимых для прогнозных оценок.

Материалы включали структурную карту по кровле пород куонамского комплекса Западной Якутии, карту толщин куонамского комплекса с выделением доли сапропелевых разностей с содержаниями $C_{орг}$ свыше 5 %, а также карты концентраций $C_{орг}$ и $B_{хл}$, катагенеза РОВ, современных температур в кровле куонамского комплекса и карту толщин глинисто-карбонатных отложений среднего – верхнего кембрия, перекрывающих куонамский комплекс.

Было проведено районирование территории по условиям сохранности возможных скоплений сланцевой нефти в породах куонамского комплекса. Объемно-генетическим методом выполнена количественная оценка масштабов генерации и эмиграции жидких УВ и результирующая количественная оценка остаточных нефтей, которая стала основой для прогнозной оценки начальных геологических ресурсов сланцевой нефти. При этих построениях из состава перспективных территорий были исключены районы, где породы куонамского комплекса находятся в приповерхностных условиях, неблагоприятных для формирования и сохранности скоплений подвижной нефти (значительные части Анабарской и Алданской антеклиз). Также в качестве бесперспективных земель приняты зоны интенсивного

катагенеза РОВ (центральная часть Вилюйской синеклизы и территория динамокатагенеза в районе надвиговых дислокаций на крайнем востоке Алданской антеклизы).

По условиям строения, прогнозным геохимическим характеристикам, глубинным и температурным условиям, плотностям ресурсов сланцевой нефти перспективные земли Западной Якутии были разделены на ряд оценочных участков (см. рисунок, табл. 2).

По прогнозным параметрам как наиболее перспективный оценивается участок на смежном склоне Вилюйской синеклизы и Анабарской антеклизы – Среднетюнгский. Суммарная оценка ресурсов сланцевой нефти для всей перспективной территории по расчетам составила около 6000 млн т.

Видимо, одна из первых оценок количества нефти, генетически связанной с РОВ куонамской свиты для территории Вилюйской синеклизы, приведена в диссертационной работе В. М. Евтушенко (1969 г.) – 7 млрд т. А. М. Жарков оценил ресурсы категории D_2 сланцевой нефти пород куонамского комплекса в 700 млн т [2]. Несколько позднее, по данным специалистов СНИИГГиМС, эти ресурсы оценивались в 3000 млн т [10]. Таким образом, различие в полученных оценках существенное, что связано с очень слабой изученностью рассматриваемых отложений.

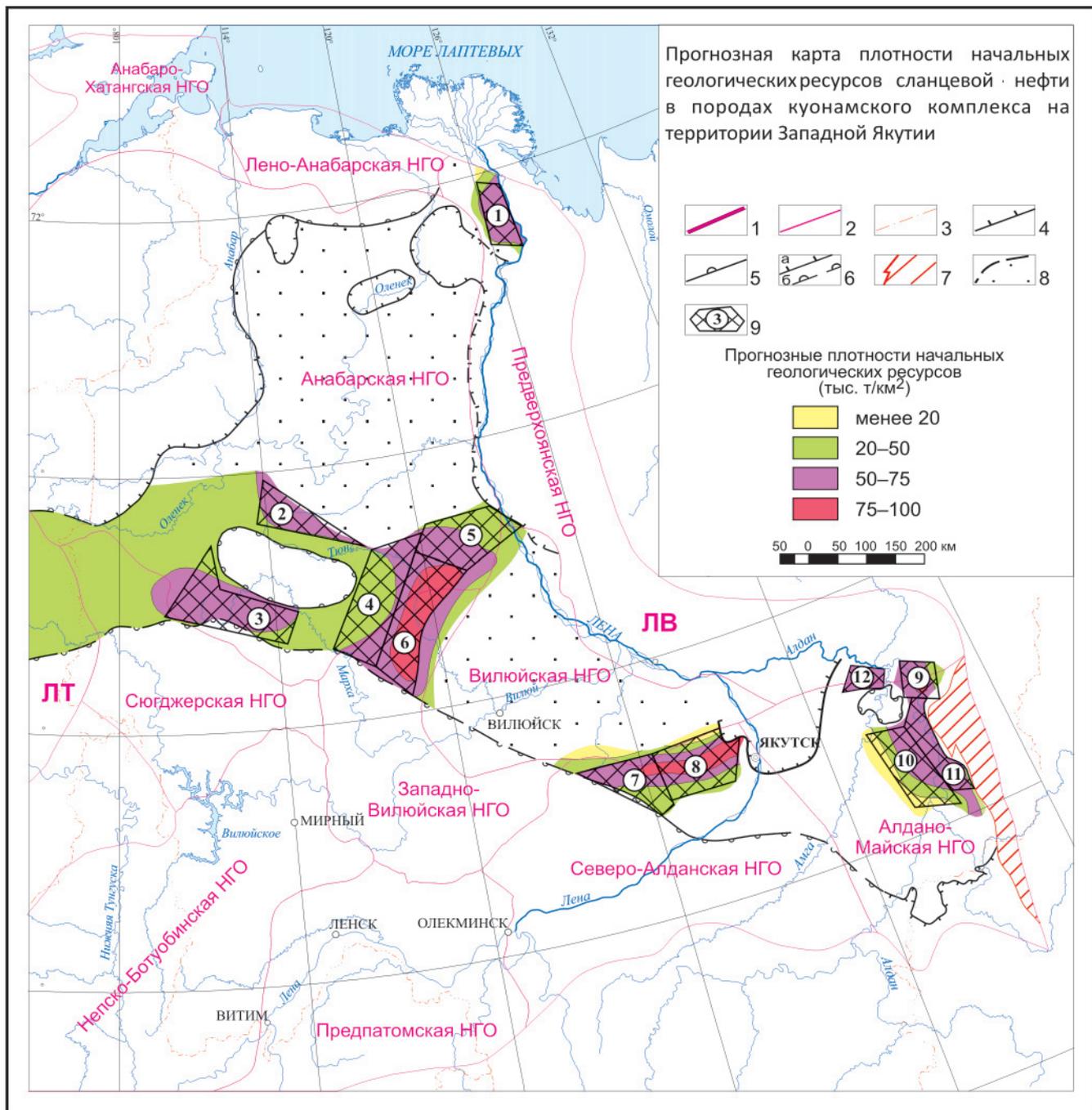
Наши исследования – это первые шаги в изучении и прогнозе сланцевой нефти в указанных отложениях. Судя по современному состоянию изученности пород куонамского комплекса и полученным

Таблица 2

Характеристика оценочных участков в поле развития черносланцевых отложений куонамского типа на территории Западной Якутии

Участок	Площадь, км ²	Толщина, м			Прогнозные пластовые температуры, °С	Начальные геологические ресурсы	
		куонамского комплекса	сланцев, обогащенных $C_{орг}$ (> 5 % на породе)	перекрывающих отложений E_2		Прогнозные плотности, тыс. т/км ²	Суммарный объем, млн т
1. Нижнеленский*	5029	40–45	10–15	100–150	20–25	20–75	298
2. Верхнемунский	7346	25–30	12–15	200–300	0–5	20–75	400
3. Айхальский	15606	100–120	5–10	300–500	5–10	20–75	847
4. Мархино-Тюнгский	16432	25–56	10–18	350–500	5–35	20–75	757
5. Северо-Линденский	11846	40–50	12–20	200–300	5–40	20–75	574
6. Среднетюнгский	15699	50–60	12–20	400–800	30–80	50–100	1834
7. Верхнесинский	8537	60–125	2–10	200–600	10–40	20–100	434
8. Центральнo-Якутский	13103	60–80	15–25	50–300	20–40	20–100	763
9. Хандыгский	3889	50–150	5–10	1000–1500	60–80	20–100	189
10. Алдано-Амгинский	10531	30–40	5–10	300–800	10–20	10–75	420
11. Алданский	6372	30–40	8–12	800–1200	20–25	20–75	394
12. Нижнеамгинский	2500	30–40	5–10	450–500	20–30	30–75	125
Всего							116890

* В качестве черносланцевых отложений приняты породы огоньерской свиты средне-позднекембрийского возраста, возможной экранирующей толщей – пермские отложения мощностью 100–150 м.



Границы: 1 – НГП (ЛТ – Лено-Тунгусская, ЛВ – Лено-Виллюйская), 2 – НГО, 3 – административные; распространения пород куонамской свиты и ее возрастных и фациальных аналогов: 4 – эрозионные, 5 – фациальные, 6 – достоверные (а), предполагаемые (б); 7 – зоны шарьяжных дислокаций (Нелькано-Кыллахского надвига); 8 – территории с неблагоприятными условиями сохранности УВ (зоны влияния гипергенеза или интенсивного катагенеза); 9 – контуры оценочных участков и их номера; оценочные участки: 1 – Нижнеленский, 2 – Верхнемунский, 3 – Айхальский, 4 – Мархино-Тюнгский, 5 – Северо-Линденский, 6 – Среднетюнгский, 7 – Верхнесинский, 8 – Центрально-Якутский, 9 – Хандыгский, 10 – Алдано-Амгинский, 11 – Алданский, 12 – Нижнеамгинский

нами результатам, очевидно, что для разработки каких-либо рекомендаций по лицензированию необходимы дополнительные поисково-оценочные работы, которые могли бы повысить инвестиционную привлекательность рассматриваемого объекта.

В настоящее время маловероятно выполнение в регионе каких-либо объемов глубокого бурения, направленного на изучение пород куонамского комплекса. Это касается как недропользователей, имеющих лицензионные участки в Якутии, так и возможно-

стей параметрического бурения за счет федерального бюджета. В то же время необходимость изучения пород куонамского комплекса по керну очевидна. В связи с этим наиболее реально изучение геохимических, петрофизических и емкостных параметров пород куонамского комплекса по керну колонковых скважин на выбранном тестовом полигоне. Положение такого полигона экономически оптимально на территории Центрально-Якутского оценочного участка вблизи административного центра Республики Саха (Якутия).



С позиций геологических условий и вероятного потенциала пород куонамского комплекса также интересен вариант бурения двух колонковых скважин на северо-западном борту Вилюйской синеклизы в пределах Мархино-Тюнгского участка.

Бурение колонковых скважин (глубиной 1000–1500 м) на площади двух оценочных участков (Центрально-Якутском и Мархино-Тюнгском) даст возможность оценить битуминологические и пиролитические параметры черносланцевых отложений, не затронутых влиянием гипергенеза. Это, в свою очередь, позволит обосновать рекомендации на проведение параметрического бурения на Мархинско-Тюнгском участке. Параметрическая скважина рекомендуется как для выявления нефтегазоносности куонамской свиты, так и для оценки перспектив зоны выклинивания вендских и рифейских отложений. При ее бурении необходимо предусмотреть сплошной отбор керна из разреза куонамской свиты и с ее контактов с оленекской и эмяксинской. На этом уровне обязательно проведение испытания в открытом стволе.

В случае получения благоприятных результатов (выявление нефтепроявлений, получение притоков УВ) на территории Центрально-Якутского и Мархино-Тюнгского участков необходима детальная сейсморазведка МОГТ 2D (с опорой на новые скважины) с целью выделения аномалий на временных разрезах, связанных либо с зонами трещиноватости, либо с нефтенасыщенными пластами листоватых коллекторов куонамской свиты. Это даст возможность определить места заложения поисковых скважин.

Очевидно, что состояние изученности пород куонамского комплекса по керну сейчас таково, что необходимо продолжение тематических работ, включающих комплексную обработку данных ГИС, сейсморазведки и аналитических исследований керна. Кроме того, следует выполнить исследования, направленные на раздельную оценку перспектив нефте- и газоносности.

Пока совершенно ясно, что в ближайшем будущем нельзя рассчитывать на инвестиционную привлекательность каких-либо территорий, где имеются перспективы нефтеносности куонамского комплекса отложений. Это касается Западной Якутии и в большей степени районов Красноярского края. Возможным вариантом привлечения недропользователей может быть выбор районов, где имеется сочетание куонамской свиты и других перспективных объектов.

Одним из таких районов можно считать территорию Алдано-Майской впадины. Здесь, на наш взгляд, высоки перспективы верхнерифейских отложений. При этом на значительной части площади породы иниканской свиты находятся на глубинах, необходимых для сохранности вероятных скоплений УВ (свыше 1000 м). В случае выявления залежей УВ в верхнерифейских отложениях возможно про-

ведение попутных работ по изучению куонамского комплекса.

Также перспективным районом для будущего лицензирования можно считать зону сочленения Вилюйской синеклизы и юго-востока Анабарской антеклизы. Попутное изучение нефтегазоносности куонамской свиты здесь возможно в случае выявления нефтегазоносности венд-рифейских отложений.

Следует сказать и о другой проблеме, связанной с возможностью лицензирования территорий для проведения поисковых и разведочных работ в черносланцевых отложениях куонамского типа. В настоящее время при разработке сланцевой нефти, связанной с баженовской свитой, главное внимание уделяется развитию новых технологий увеличения нефтеотдачи, и прежде всего проводке горизонтальных скважин с применением гидроразрыва и многозонного гидроразрыва. Также как перспективные рассматриваются методы термического воздействия, непосредственно на пласт. Вполне очевидно, что строительство горизонтальных скважин – высокорискованный и технологически очень сложный процесс. Пока возможности разработки и применения этих технологий имеют только очень крупные компании («Роснефть», «Сургутнефтегаз», «Лукойл», «Газпромнефть»), которые, естественно, основное внимание уделяют баженовской свите, доманиковым отложениям Русской платформы. А на территории распространения пород куонамского комплекса крупные недропользователи еще не пришли. Мелкие компании, имеющие лицензии на разработку месторождений Вилюйской НГО, не имеют необходимых технических и финансовых возможностей.

По указанным причинам лицензирование территорий для разработки «сланцевой» нефти пород куонамского комплекса – вопрос не ближайшего будущего. В настоящее время мы можем вести речь только об основных перспективных районах. Реальные шаги в этом направлении можно будет сделать после проведения специализированных поисково-оценочных работ, от результатов которых будет зависеть возможность заинтересовать инвесторов, а также привлечь внимание как администрации Республики Саха (Якутия), так и Минприроды РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бахтуров С. Ф., Евтушенко В. М., Переладов В. С.** Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. – Новосибирск: Наука, 1988. – 162 с.
2. **Жарков А. М.** Оценка потенциала сланцевых углеводородов России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2011. – № 3. – С. 16–21.
3. **Каширцев В. А.** Природные битумы и битуминозные породы северо-востока Сибирской платформы (геология, геохимия, генезис): автореф. дис. ... д. г.-м. н. – Новосибирск, 1994. – 32 с.



4. **Кембрий** Сибирской платформы / В. Е. Савицкий, А. Э. Которович, В. М. Евтушенко и др. – М.: Недра, 1972. – 199 с.

5. **Кембрийский** горючесланцевый бассейн Сибирской платформы / В. А. Каширцев, А. Ф. Сафронов, И. В. Коровников и др. // Черные сланцы: геология, геохимия, значение для нефтегазового комплекса, перспективы использования как альтернативного углеводородного сырья. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Якутск, 2015. – С. 29–33.

6. **О роли** кембрийской черносланцевой формации при формировании углеводородного потенциала осадочного чехла на востоке Сибирской платформы / В. С. Ситников, К. А. Павлова, Н. А. Алексеев и др. // Черные сланцы: геология, геохимия, значение для нефтегазового комплекса, перспективы использования как альтернативного углеводородного сырья. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Якутск, 2015. – С. 77–81.

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

8. **Парфенова Т. М.** Органическая геохимия углеродистых пород куонамского комплекса отложений нижнего и среднего кембрия (Восток Сибирской платформы): автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Новосибирск, 2008. – 17 с.

9. **Писарчик Я. К., Минаева М. А., Русецкая Г. А.** Палеогеография Сибирской платформы в кембрии. – Л.: Недра. 1975. – 196 с.

10. **Старосельцев В. С., Ефимов А. С., Соболев П. Н.** Углеводородное сырье битуминозных пород Сибирской платформы // Геология нефти и газа. – 2013. – № 5. – С. 73–80.

11. **Сухов С. С., Переладов В. С.** Депрессионный комплекс нижнего и среднего кембрия Сибирской платформы // Геология рифовых систем кембрия Западной Якутии. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1979. – С. 50–60.

REFERENCES

1. Bakhturov S.F., Yevtushenko V.M., Pereladov V.S. [Kuonamskaya bituminous carbonate-shale formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 162 p. (In Russ.).

2. Zharkov A.M. [Assessment of Russian shale hydrocarbons Potential]. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2011, no. 3, pp. 16–21. (In Russ.).

3. Kashirtsev V.A. *Prirodnye bitумы i bituminoznye porody severo-vostoka Sibirskoy platformy (geologiya,*

geokhimiya, genesis. Avtoref. dis. d. g.-m. n.) [Natural bitumens and bituminous rocks in the north-eastern Siberian Platform (geology, geochemistry, genesis). Author's abstract of DSc thesis]. Novosibirsk, 1994. 32 p. (In Russ.).

4. Savitskiy V.E., Kontorovich A.E., Yevtushenko V.M., et. al. *Kembriy Sibirskoy platformy* [Cambrian of the Siberian Platform]. Moscow, Nedra Publ., 1972. 199 p. (In Russ.).

5. Kashirtsev V.A., Safronov A.F., Korovnikov I.V., et al. [Cambrian oil shale basin of the Siberian Platform]. Yakutsk, 2015, pp. 29–33. (In Russ.).

6. Sitnikov V.S., Pavlova K.A., Alekseev N., et al. [On the role of the Cambrian black-shale formation in generation of the sedimentary cover hydrocarbon potential in the east of the Siberian Platform]. *Chernye slantsy: geologiya, geokhimiya, znachenie dlya neftegazovogo kompleksa, perspektivy ispolzovaniya kak al'ternativnogo uglevodorodnogo syrya. Mater. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Black shales: geology, geochemistry, significance for oil and gas complex, prospects for use as an alternative hydrocarbon raw material. Materials of All-Russian Research and Training Conference]. Yakutsk, 2015, pp. 77–81. (In Russ.).

7. Parfenova T.M., Bakhturov S.F., Shabanov Yu.Ya. [Organic geochemistry of oil-producing rocks of the Cambrian Kuonamskaya Formation (east of the Siberian Platform)]. *Geologiya i geofizika*, 2004, no. 7, pp. 911–923. (In Russ.).

8. Parfenova T.M. *Organicheskaya geokhimiya uglevodistykh porod kuonamskogo kompleksa otlozheniy nizhnego i srednego kembriya (Vostok Sibirskoy platformy)*. Avtoref. diss. k. g.-m. n. [Organic geochemistry of carbonaceous rocks of the Kuonamskaya sedimentary complex of the Lower and Middle Cambrian (east of the Siberian Platform). Author's abstract of PhD thesis]. Novosibirsk, 2008. 17 p. (In Russ.).

9. Pisarchik Ya.K., Minaeva M.A., Rusetskaya G.A. *Paleogeografiya Sibirskoy platformy* [Paleogeography of the Siberian Platform]. Leningrad, Nedra Publ., 1975. 196 p. (In Russ.).

10. Staroseltsev V.S., Yefimov A.S., Sobolev P.N. Hydrocarbons of bituminous rocks of the Siberian Platform. *Geologiya nefiti i gaza – Oil and gas geology*, 2013, no. 5, pp. 73–80. (In Russ.).

11. Sukhov S.S., Pereladov V.S. [Depression complex of the Lower and Middle Cambrian of the Siberian Platform]. *Geologiya rifovykh system kembriya Zapadnoy Yakutii* [Geology of the Cambrian reef systems of Western Yakutia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1979, pp. 50–60. (In Russ.).

© П. Н. Соболев, 2020