

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.1-18>

EDN BHRCCW

УДК 553.98(470.13)

Формирование и эпигенез палеозойских пород Южно-Салюкинской площади, их потенциал к генерации углеводородов

Рязанова Т.А., Девятка Н.П., Марков В.В., Павлуткин И.Г.

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Deposition, epigenesis, and hydrocarbon generation potential of Paleozoic sediments in South-Salyukinskaya area

T.A. Ryazanova, N.P. Devytko, V.V. Markov, I.G. Pavlutkin

¹LLC «Tyumen Petroleum Research Center», Tyumen, Russia

E-mail: taryazanova@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. Авторами проведён комплексный анализ условий осадконакопления, преобразования палеозойских пород и генерационного потенциала рассеянного органического вещества (РОВ) Южно-Салюкинской площади. Изучена представительная коллекция образцов пород в возрастном диапазоне ордовик, силур, девон. Применены современные методы лабораторных исследований: пиролитический, петрографический и электронно-микроскопический. Оценено распространение в породах рассеянного ОВ, его катагенетическая преобразованность и способность к генерированию углеводородов.

Ключевые слова: условия осадконакопления; палеозойские породы; рассеянное органическое вещество; генерационный потенциал

Для цитирования: Рязанова Т.А., Девятка Н.П., Марков В.В., Павлуткин И.Г. Формирование и эпигенез палеозойских пород Южно-Салюкинской площади, их потенциал к генерации углеводородов//Нефтяная провинция.-2022.-№2(30).-С.1-18. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.1-18>. - EDN BHRCCW

Abstract. Comprehensive analysis of sedimentation environment of the South-Salyukinskaya area, epigenesis of the Paleozoic rocks, and hydrocarbon generation potential of the dispersed organic matter has been performed. A representative collection of rock samples dated to the Ordovician, the Silurian, and the Devonian was studied. Analyses using present-day technologies including pyrolytic, petrographic, and electron-microscopic methods, were carried out. Extent of dispersed organic matter in rocks, its catagenetic

maturity, and hydrocarbon generation potential were evaluated.

Key words: *sedimentation environment; Paleozoic rocks; dispersed organic matter; generation potential*

For citation: T.A. Ryazanova, N.P. Devytka, V.V. Markov, I.G. Pavlutkin Formirovanie i jepigenez paleozojskih porod Juzhno-Saljukinskoj ploshhadi, ih potencial k generacii uglevodorodov [Deposition, epigenesis, and hydrocarbon generation potential of Paleozoic sediments in South-Salyukinskaya area]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(30), 2022. pp. 1-18. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.1-18>. EDN BHRCCW (in Russian)

Для выполненных исследований *основной целью* является объективная характеристика палеозойских толщ в качестве нефтематеринских.

Достижение поставленной цели возможно при решении *следующих задач*: литологического описания образцов кернa, петрографической характеристики стандартных шлифов и привлечения электронной микроскопии для детализации внутренней структуры препаратов породы и формирования аутигенных минералов. Рассеянное органическое вещество пород охарактеризовано пиролитическими параметрами.

Актуальность работы – проведена детализация строения и насыщенности битуминозным веществом нефтематеринских пород-коллекторов.

Методы исследования и фактический материал.

Пиролитический метод позволяет изучать рассеянное в породах органическое вещество (РОВ) в массовых коллекциях образцов достаточно оперативно, поэтому выбран в качестве основного в комплексе исследований. Изучено пиролитическим методом на анализаторе Rock Eval 6 Standard 98 образцов кернa из скважины А Южно-Салюкинской площади (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция) [3].

Коллекция образцов представлена доломитами и известняками девонского (5), силурийского (32) и ордовикского (61) возраста. Для исследования образцов выбрана методика «Reservoir», характеризующая фракционный состав углеводородов нефтенасыщенных пород [4].

Классическим петрографическим методом с представлением фотографий шлифов изучена коллекция палеозойских пород (40%).

Традиционно методом *растровой электронной микроскопии (РЭМ)* изучаются особенности строения пустотного пространства пород с целью получения характеристики их коллекторских свойств. Исследуется процесс формирования аутигенных минералов, выполняется микрозондовый анализ. Однако, возможности метода этими исследованиями не исчерпываются. Метод РЭМ позволяет изучать рассеянное в породах органическое вещество (РОВ). Наблюдения образцов породы методом растровой электронной микроскопии, выполненные при высоких увеличениях от 1500х до 2800х, позволяют определить тип РОВ: фрагменты углистого детрита или битуминозное вещество.

Методом растровой электронной микроскопии изучено 39 образцов палеозойских пород (40% коллекции). Коллекция составлена из 20 образцов пород ордовикского возраста; 16 образцов силурийского и по одному образцу девонского, каменноугольного (карбон) и пермского возраста.

Выше приведённый комплекс исследований выполнен в Центре исследований кернa ООО «Тюменского нефтяного научного центра».

Комплекс *геохимических исследований* выполнен в 5 пробах (5% коллекции) с целью выявления генетических связей между рассеянным органическим веществом разновозрастных пород. Комплекс исследований включает определение группового состава углеводородов (УВ) с количественным выделением фракций насыщенных, ароматических УВ, смол и асфальтенов; изотопный состав углерода (ИСУ) и хроматомасс-спектрометрический анализ (ХМС) [1].

Пиролитическая характеристика карбонатных пород.

В девонских фаменского яруса (D_3fm_2) доломитах рассеянное органическое вещество (РОВ) представлено преимущественно тяжелыми компонентами нефтяных углеводородов (УВ). РОВ известняков франского

яруса (D_3f_3) и доломитов лудловского яруса (S_2gi) в большей степени представлено высокомолекулярными УВ «С40+» асфальтеновой части битуминозного вещества (Рис. 1).

В силурийских (филиппьельско-седьельского горизонта S_1fl) доломитах РОВ частично представлено компонентами нефтяных УВ, частично битуминозным веществом. РОВ доломитов джагалского горизонта (S_1dz) в большей степени представлено высокомолекулярными УВ (асфальтены) (Рис. 2).

РОВ ордовикских (салюкинского горизонта O_3sl) доломитов представлено смесью УВ нефтяного ряда и высокомолекулярных структур. В доломитах усть-зыбского горизонта (O_3uz) РОВ в большей степени представлено высокомолекулярными УВ «С40+» (Рис. 3). В доломите усть-зыбского горизонта (O_3uz) с глубины 4653,63 м установлено высокое содержание Сорг 3,03%; в нем же содержание смолисто-асфальтеновых соединений равно 34, 16 мг.

Для уточнения природы высокомолекулярных УВ (асфальтеновая часть нефти или кероген?) сформирована коллекция из 20 образцов, наиболее обогащенных тяжелыми УВ-компонентами для повторного исследования после экстракции. Образцы выбраны из пород фаменского, франского ярусов и филиппьельско-седьельского, джагалского, салюкинского и усть-зыбского горизонтов.

В образце известняка франского яруса (D_3f_3) отмечается максимальное для изученного разреза содержание Сорг 4,86%; после проведенной экстракции в нем же содержание смолисто-асфальтеновых соединений равно 55, 56 мг.

В битуминозном веществе образца доломита (O_3uz) с глубины 4669,31 м кислородный индекс равен 125, что в 3-5 раз превышает значения по всей коллекции.

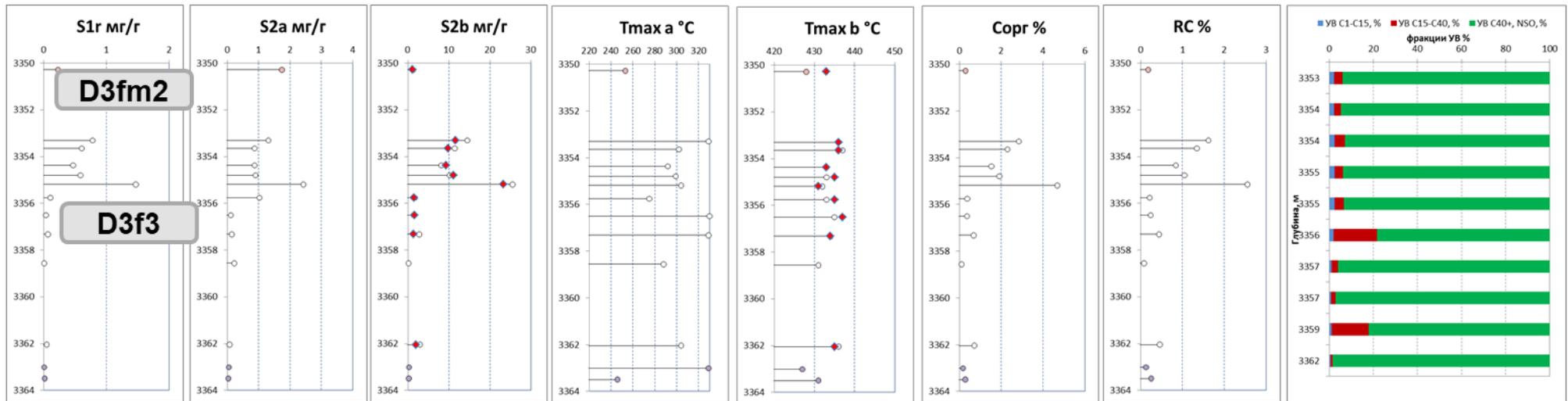


Рис. 1. Распределение углеводородов фаменского яруса (D_{3fm2}) франского яруса (D_{3f3}) по разрезу скв. А Южно-Салюкинской площади и фракционный состав углеводородов, определённые с применением пиролитического метода «Reservoir»
 Условные обозначения: голубой цвет - «лёгкая нефть» (C1-C15); красный – «тяжёлая нефть»(C15-C40);
 зелёный – фракция смол и асфальтенов (C40+).

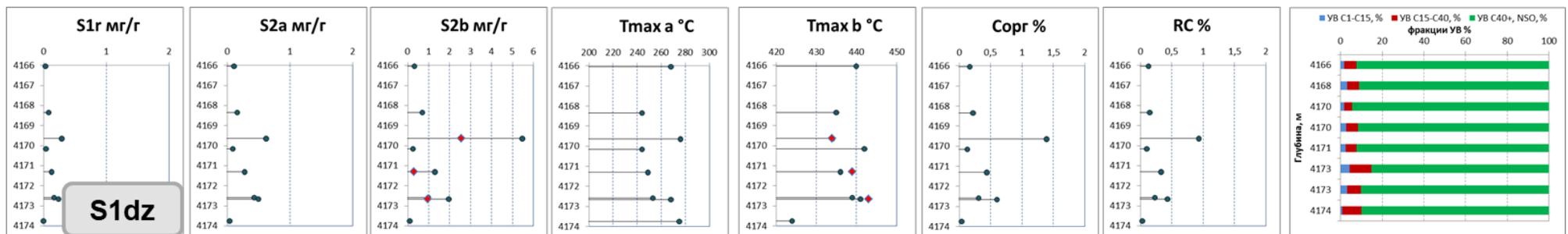


Рис. 2. Распределение углеводородов джагалского горизонта (S_{1dz}) по разрезу скв. А Южно-Салюкинской площади и фракционный состав углеводородов, определённые с применением пиролитического метода «Reservoir».
 Условные обозначения: голубой цвет - «лёгкая нефть» (C1-C15); красный – «тяжёлая нефть»(C15-C40);
 зелёный – фракция смол и асфальтенов (C40+).

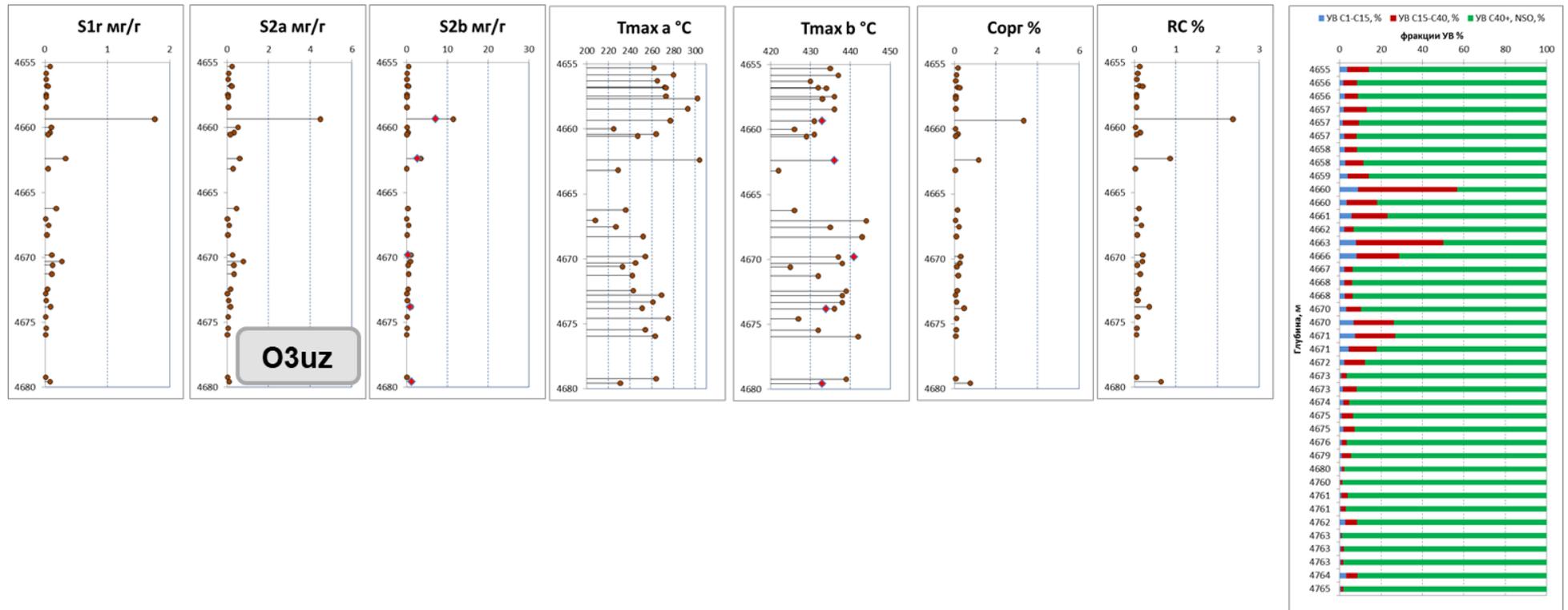


Рис. 3. Распределение углеводородов усть-зыбского горизонта (O_{3uz}) по разрезу скв. А Южно-Салюкинской площади и фракционный состав углеводородов, определённые с применением пиролитического метода «Reservoir».

Условные обозначения: голубой цвет - «лёгкая нефть» (C1-C15); красный – «тяжёлая нефть»(C15-C40); зелёный – фракция смол и асфальтенов (C40+).

Результат исследования после проведения экстракции показал наличие в вышеуказанных отложениях нерастворимого ОВ, по пиролитическим данным соответствующего керогену II типа (франский ярус) и смешанного (II-III) типа (Рис. 4).

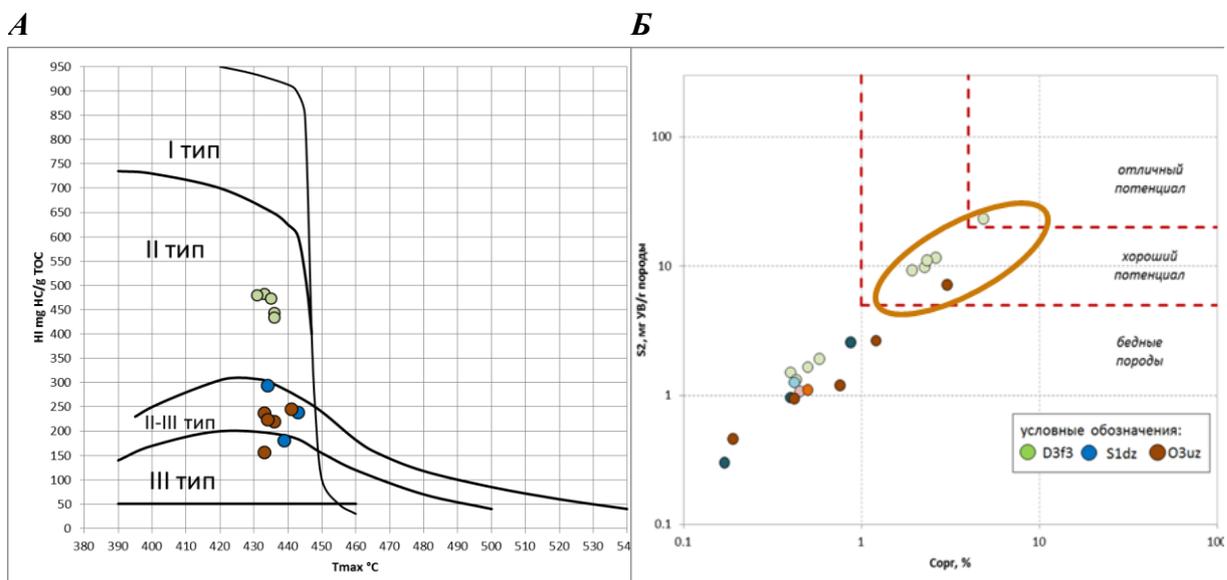


Рис. 4. А. Пиролитическая характеристика типов рассеянного ОВ и его катагенетической преобразованности (метод Bulk-Rock после экстрагирования). Б. Генерационный потенциал рассеянного ОВ после проведения экстракции

Катагенетическая преобразованность РОВ соответствует стадии мезокатагенеза МК₁ (ранняя зона нефтеобразования).

Из всей коллекции наиболее обогащенными нефтяными УВ являются образцы из девонских пород фаменского яруса. Обогащение нефтяными УВ отмечается также в девонских породах франского яруса. РОВ образцов из интервала 3353-3355м обладает хорошим генерационным потенциалом, соответствующим ранней стадии генерации УВ.

По результатам пиролитических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Обогащённость пород рассеянным органическим веществом (Сорг или ТОС) по разрезу скважины изменяется в пределах от 0,4 до 0,7% (редко значения равны 1; 2,0; 2,6%).

2. Значения водородного индекса (НІ) в образцах изменяются в диапазоне 155-472 мг УВ/г Сорг, и соответствуют керогену смешанного (II-III) типа. Максимальные значения НІ зафиксированы в 3 образцах черного глинистого, пиритизированного и обогащенного ОВ известняка со структурой «мадстоун» из прослоя 3354,01-3354,82 м (D_{3fr}).
 3. РОВ пород изученной коллекции катагенетически преобразовано (значения T_{max} варьируют от 434 до 446 °С) до градации мезокатагенеза МК₁¹ -МК₁².
 4. Наилучшими свойствами к генерации УВ обладает РОВ из черных глинистых известняков пласта D_{3fr} в интервале глубин 3353,3-3355,19 м. РОВ в большей степени представлено высокомолекулярными УВ «С40+» из асфальтеновой части битуминозного вещества.
 5. В микрокристаллических доломитах с прожилками битуминозного вещества из интервала глубин 4659-4679 м усть-зыбского горизонта (O_{3uz}) ордовика также отмечаются повышенные значения генерационного потенциала. ОВ преимущественно представлено высокомолекулярными углеводородами (УВ «С40+»).
 6. Литологическим методом изучена коллекция образцов, представленная преобладанием доломитов в диапазоне глубин 3352,9-4675 м (толщина 1323 м). Описание литотипов пород свидетельствует о прошедших в породах процессах вторичного минералообразования, таких как перекристаллизация, сульфатизация и окремнение. Условия формирования палеозойских отложений отражены на рис. 5. Результаты *петрографических исследований* представлены в виде снимков шлифов в проходящем свете (Рис. 6).
- Фотографии шлифов выполнены Е.С. Алексеевой, Е.В. Мартынюк, К.Н. Чертиной.

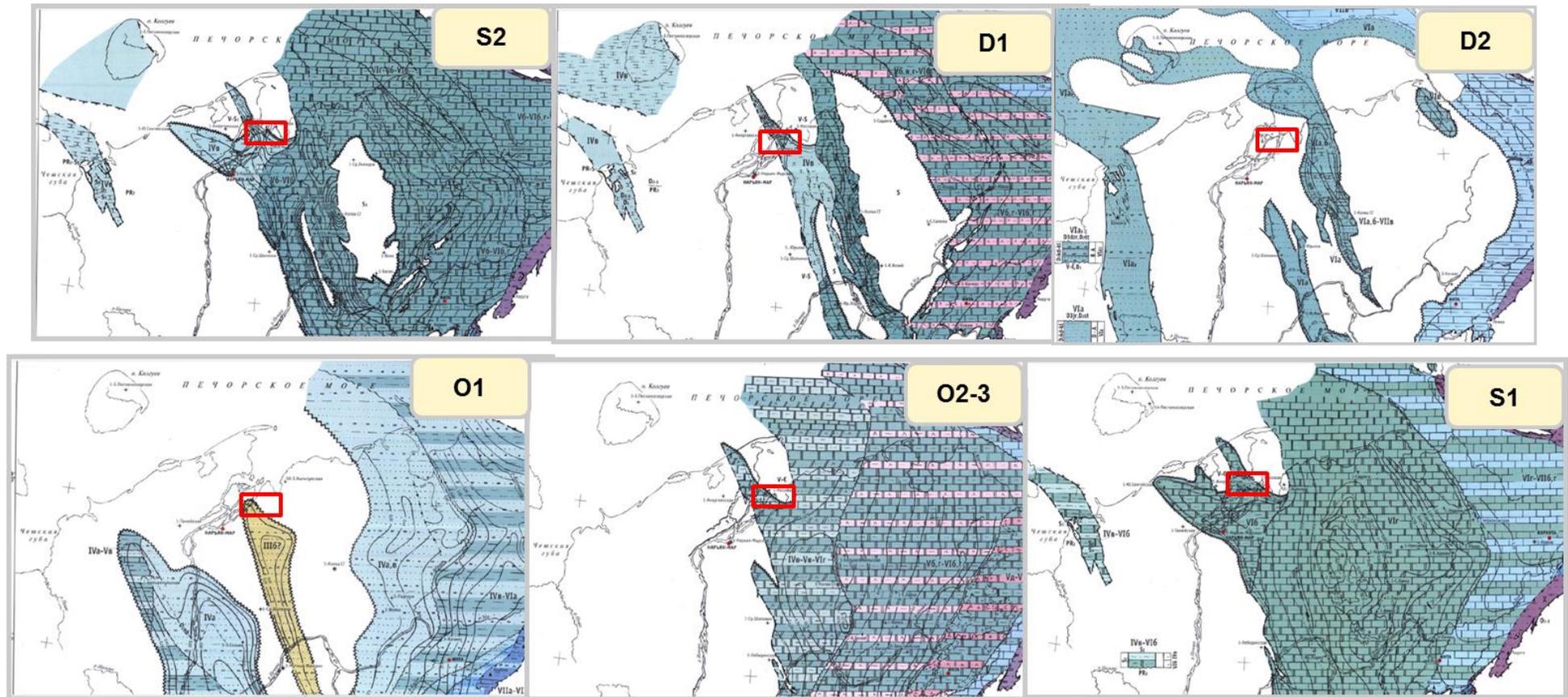
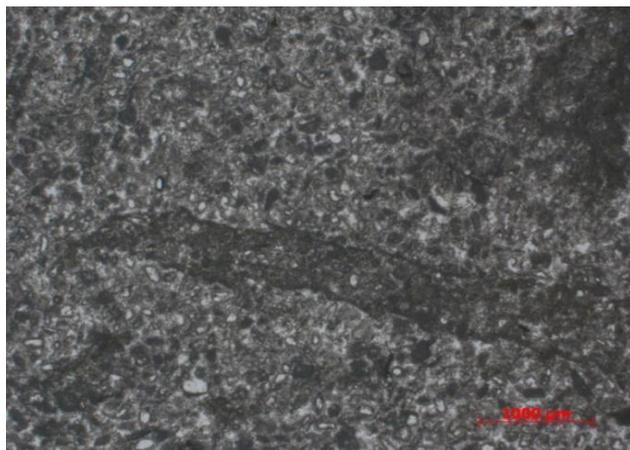


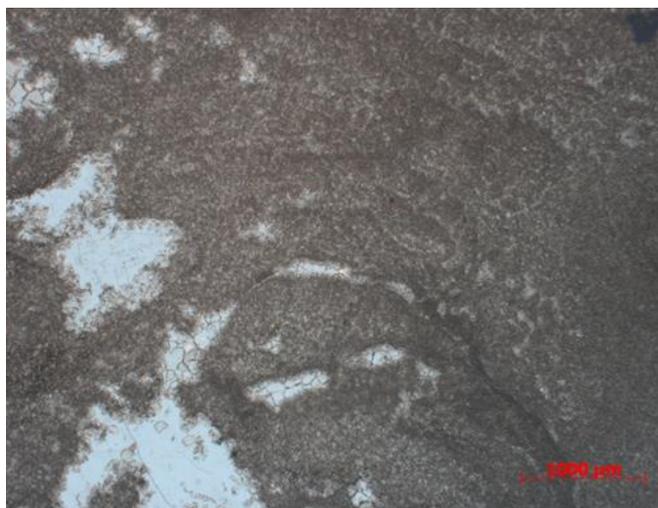
Рис. 5. Условия накопления рассеянного органического вещества в палеозойских отложениях (формирование карбонатной платформы). Составлено по материалам ТННЦ



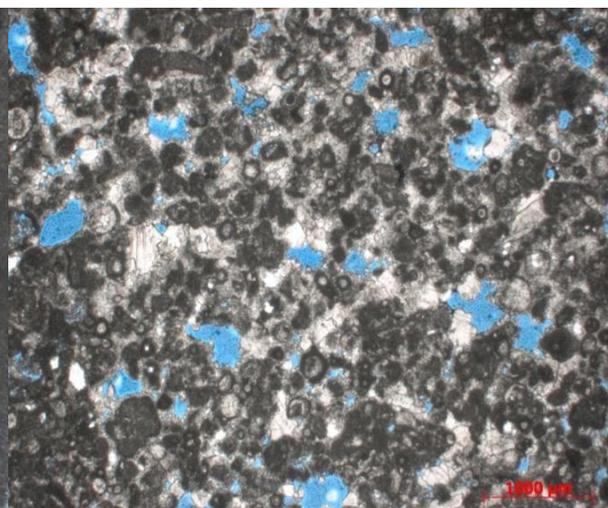
А. Образец пласт S₁fl, гл. 3831,75 м. Доломит микрит-микросталлический с сохранившейся первичной фитокластово-кортоидно-пелоидной структурой, с литокластами, интенсивно сульфатизированный, плотный, неясно слоистый (пакстоун). Ув.25х



Б. Образец пласт S₁fl, гл. 3831,75 м ув. 100х.



В. Пласт O₃uz, гл. 4664,23 м. Доломит тонко-микросталлический, с сохранившейся первичной микробально-водорослевой структурой, сульфатизированный, плотный, массивно-органогенный (байндстоун). Ув. 25.



Г. Пласт D₃fm₂, гл. 2782,38 м. Известняк сферопелоидный с литокластами и биокластами мелкозернистый, с микро-мелко-тонкокристаллическим блоковым спаритовым цементом, пористо-кавернозный с микротрещинами. Грейнстоун сферопелоидный с литокластами и биокластами. Ув. 25.

**Рис. 6. Фотографии шлифов палеозойских пород скв. А
Южно-Салюкинской площади**

Практически во всех изученных образцах пород при микроописании в шлифах установлено реликтовое строение (комковато-сгустковое водорослевых матов и строматолитов). На фотографиях шлифов представлены доломиты вторичные. По всему изученному разрезу отмечаются в различной степени преобразованные микрофитоциты.

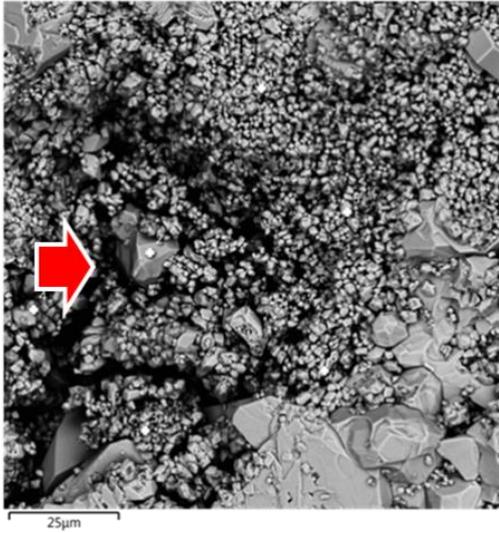
Во всех изученных стратиграфических подразделениях палеозойских пород отмечаются стилолитовые швы (Рис. 6). В межкристаллическом пространстве встречаются примазки и пленки темно-бурого органического вещества. Иногда рассеянное тонкодисперсное органическое вещество (<1 %) пигментирует глинистый материал, выполняет прожилки уплотнения (обр. Б).

Отмечаются в шлифах открытые трещины с присутствием на стенках пирита и плёнок битуминозного вещества. Также прослеживается микростилолитизация с присутствием битуминозного вещества практически по всему изученному разрезу. Таким образом, доказывается процесс перемещения битуминозного вещества по путям миграции «старым» (стилолиты) и «новым» (трещины).

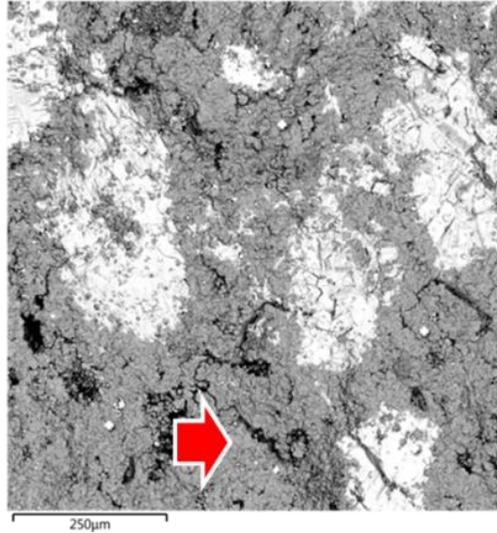
3. Методом *растровой электронной микроскопии* (РЭМ) изучено распределение рассеянного органического вещества в палеозойских породах. Наиболее характерные примеры снимков РЭМ представлены на рис. 7.

Результаты исследований по растровой электронной микроскопии:

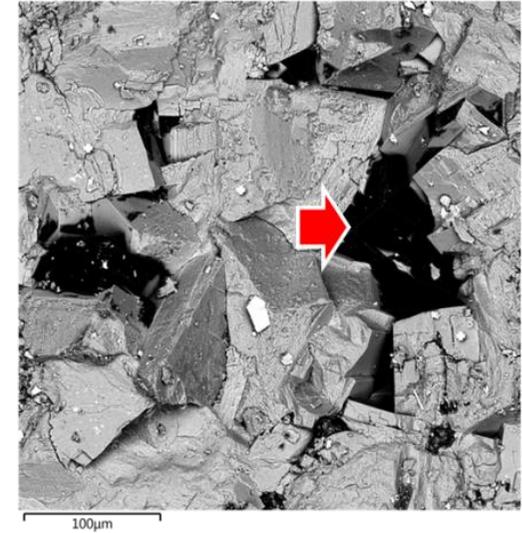
1. На снимках растровой электронной микроскопии (РЭМ) при высоких увеличениях от 1500х до 2800х отмечаются линзы и плёнки битуминозного вещества.
2. Битуминозное вещество выполняет пустотное пространство породы, представленное порами и кавернами размером от 4 до 12 мкм; до 9 мкм в пласте D₃fr; пласте S₂gi; пласте S₁dz; пласте Clsl. В относительно крупных порах размерностью 25-50 мкм битуминозное вещество только частично заполняет пространство.
3. Битуминозное вещество в виде сгустков и плёнок отмечается на снимках РЭМ также в пластах D₃fm₂ и Pla+s. В образце с глубины 2496,83 м отдельные поры заполнены битуминозным веществом с приуроченным к нему скоплениями микрокристаллов пирита.



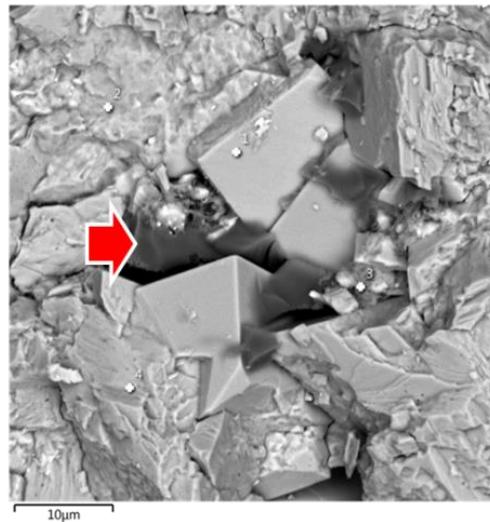
А. гл. 2222,54 м; Ув.1000х плёнки битуминозного вещества. Пласт P1a+s



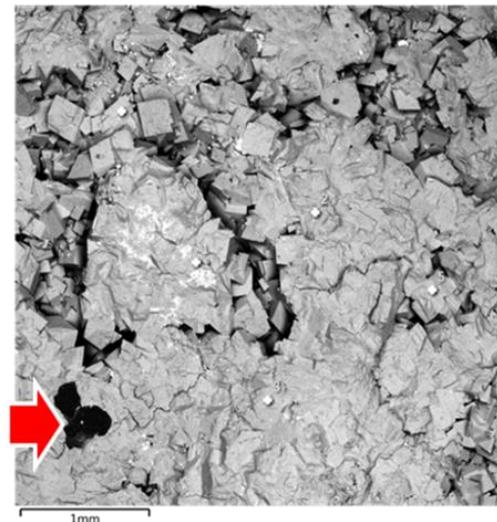
Б. гл. 2496,83 м; Ув.140х пустоты выполнены битуминозным веществом, пирит. Пласт C1s1



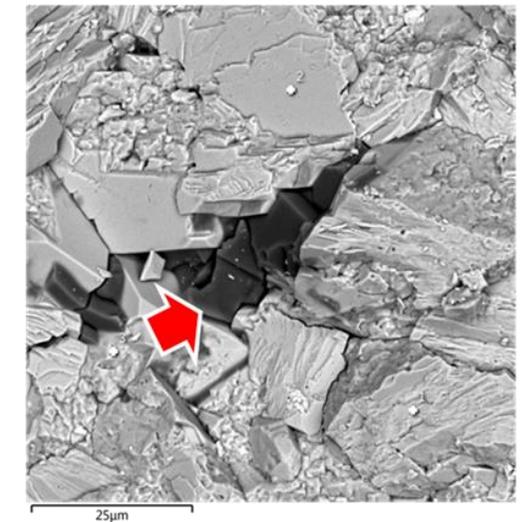
В. гл. 3625,96 м; Ув.310х поры выполнены битуминозным веществом. Отмечается перекристаллизация доломита с увеличением размера кристаллов. Пласт S₂gi



Г. гл. 4173,37 м; Ув.2300х поры заполнены битуминозным веществом. Отмечается перекристаллизация доломита с образованием крупных идиоморфных кристаллов. Пласт S₁dz



Д. гл. 2807,53 м; Ув.300х сгустки битуминозного вещества. Пласт D₃fm₂



Е. гл. 4277,84 м; Ув.500х межкристаллические поры заполнены битуминозным веществом. Перекристаллизация доломита с увеличением размера. Пласт O₃sl

Рис. 7. Распределение битуминозного вещества в палеозойских породах скв. А Южно-Салюкинской площади

На трёх приведённых на рис. 7 снимках образцов В, Г, Е отмечается перекристаллизация доломита с увеличением размера кристаллов. Формируются идиоморфные крупные кристаллы доломита в непосредственном контакте с битуминозным веществом. Отмечается взаимодействие минералов каркаса породы с рассеянным в ней битуминозным веществом.

Выполнен комплекс геохимических исследований для 5 проб: определен групповой состав экстрактов пород (битумоидов) с количественным выделением фракций насыщенных, ароматических УВ, смол и асфальтенов, результаты отражены в табл. 1.

Таблица 1

Групповой состав битумоидов скв. А Южно-Салюкинской площади

№ п/п	глубины, м	возраст	Выход экстракта, мг/г породы	SAT, % wt	ARO, % wt	POL, % wt	ASP, % wt
1	3352,94	Dm	4,22	25	27	42	7
2	4166,71	S	2,89	12	15	30	42
3	4653,63	O	6,25	37	27	31	4
4	4656,66	O	1,01	35	26	33	7
5	4675,16	O	0,60	25	32	36	7

SAT - насыщенные углеводороды (УВ); ARO - ароматические УВ; POL - смолы; ASP - асфальтены

В образцах пород ордовикского возраста в групповом составе углеводородов преобладают смолы, составляя от 31 до 36%. Насыщенные УВ содержатся в количествах от 25 до 37%. Ароматическая фракция составляет от 26 до 32%. Фракция асфальтенов содержится в количестве от 4 до 7%.

Групповой состав УВ пробы из силурийской породы сильно отличается как от ордовикских проб, так и от пробы из девонской породы. Асфальтены имеют максимальное значение и составляют 42%. Смолы содержатся в количестве 30%, содержание насыщенных УВ (12%) и ароматических (15%) довольно близки.

Образец девонского возраста содержит максимальное количество

смола (42%), содержания насыщенных УВ (25%) и ароматических (27%) почти равны. Фракция асфальтенов составляет 7%.

В образцах ордовикского возраста в интервале 4655,63-4675,15 м (толщина 19,52 м) отмечается тенденция к увеличению выхода количества экстракта снизу вверх и содержания фракции насыщенных УВ на 12% (вероятно, миграция внутри толщи).

Такая же закономерность проявляется и между породами силура и девона (в интервале 813,77 м) отмечается увеличение более чем в 2 раза содержания экстракта и фракции насыщенных УВ (вероятно, миграция между толщами).

Таким образом, весьма вероятно существование миграции вверх по разрезу: в нижней части ордовикских отложений отмечается уменьшение фракции насыщенных УВ и обогащение высоко молекулярными (асфальтеновыми компонентами).

Генетическая принадлежность РОВ, способного к генерации углеводородов, а также процессы его катагенетической преобразованности, определяются по изотопному составу углерода (ИСУ) [2]. Изотопный анализ был выполнен для 5 экстрактов из пород, а также их фракций. С целью исключения влияния техногенных УВ на результаты ИСУ предварительно проведена хлороформенная экстракция образцов пород. Результаты определения ИСУ пород после декарбонатизации отражены в табл. 2. Здесь же приведены значения некоторых молекулярных параметров, характеризующих фацально-генетические особенности ОВ палеозойских пород (П/Ф) и степень его катагенетической преобразованности (отношение 4МДВТ/1МДВТ, предложено Самойленко В.В., 2011г.).

Значения параметров П/Ф (отношение пристана к фитану), K_i (изопреноидный коэффициент) и 4МДВТ/1МДВТ (отношение 4 дибензотиофена к 1 дибензотиофену,) фракций экстрактов применяются для определения фацальных условий накопления РОВ, его генетических особенностей, установления катагенетической преобразованности.

Таблица 2

Комплекс генетических параметров для фракций насыщенных и ароматических УВ из палеозойских пород скв. А Южно-Салюкинской площади

№ п/п	глубина, м	возраст	П/Ф	Ki	4MDBT/1MDBT	ИСУ, пород, % ⁰	трещины штук/1м
1	3352,94	Dm	1,09	1,07	1,80	-29,9	20
2	4166,71	S	0,67	0,17	1,87	-29,3	10-20
3	4655,63	O	0,70	0,55	8,90	-29,8	не опр.
4	4656,66	O	0,72	0,56	10,57	-29,3	не опр.
5	4675,16	O	0,83	0,28	7,72	-29,7	не опр.

Некоторые отличия отмечаются для пород девонского и силурийского возраста по изопреноидному коэффициенту, что связано с различиями в составе рассеянного органического вещества пород.

Значения отношения П/Ф (пристан к фитану) во всей коллекции соответствуют морской обстановке осадконакопления. Большая часть изученных молекулярных параметров свидетельствует о генетическом родстве органического вещества палеозойских пород.

Кроме того, в табл. 2 приведено количество трещин в породах палеозойского возраста. В процессе петрофизических исследований установлены несколько горизонтальных интервалов открытой трещиноватости в девонских породах D₃fm₂ и 3095-3100 (20шт/1м); в силурийских породах S₂gj 3225-3260 м (10-20 шт/1м); S₁sd 3510-3520 м (20-40 шт/1 м).

Несмотря на то, что на сейсмопрофилях в скв. А Южно-Салюкинской разлом не фиксируется, наличие открытых (не минерализованных) трещин, свидетельствует о существовании зоны трещиноватости (разуплотнения), вероятнее всего тектонического происхождения. В таком случае объяснимо наличие идентичного по изотопному составу битуминозного вещества во всех изученных интервалах разреза скважины.

Выполненные комплексные исследования керна скважины А Южно-Салюкинской площади позволяют сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенной геохимической корреляции изотопный состав экстрактов из пород (битумоидов), их фракций и керогена пород ордовика, силура и доманика весьма сходен.
2. Этот феномен можно объяснить тем, что:
 - рассеянное органическое вещество имеет единый генезис (зоо- и фитопланктон);
 - флюиды доманика распределились по всем пластам.
3. По комплексу молекулярных параметров отмечаются существенные различия. Пробы пород силурийского и девонского возраста имеют РОВ преобразованное до стадии мезокатагенеза МК₁ (ранняя зона нефтеобразования). Пробы пород ордовикского возраста содержат РОВ преобразованное до стадии мезокатагенеза МК₂ (главная зона нефтеобразования).

Для сравнения приводим данные [5] по изученности комплексом геохимических методов пермских пород в Косью-Роговской впадине, сопредельной Хорейверской впадине (м-е Салюкинское). Пермские породы гряды Чернышева (м-е Салюкинское) содержат рассеянное органическое вещество, преобразованное до уровня протокатагенеза ПК₃ -начального мезокатагенеза МК₁¹ и относятся к низкопродуктивной зоне (НП<100 мг УВ/гСорг).

Результаты проведенных комплексных оригинальных исследований объективно характеризуют рассеянное органическое вещество изученного разреза, его катагенетическую преобразованность и способность к генерации углеводородов. Битуминозное вещество зафиксировано в изученных образцах пород на всех уровнях: макроскопическом, микроскопическом и электронном. Можно считать доказанными существование первичной миграции УВ во всех изученных интервалах разреза скважины, а также возможности для перетоков УВ между слоями.

Материалы авторов статьи дополняют представления о формировании нефтематеринских пород в изучаемом районе.

Авторы статьи выражают благодарность специалистам лаборатории геохимии и пластовых нефтей «АО ТомскНИПИнефть» В.В. Самойленко, Р.С., Кашапову, М.А. Векличу, С.А. Фадеевой за плодотворное сотрудничество.

Список литературы

1. Виноградова Т.Л., Чахмахчев В.А., Агафонова З.Г. и др. Углеводородные и гетероатомные соединения – показатели термической зрелости органического вещества пород и нафтидов // Геология нефти и газа. – 2001. – № 6. – С. 49-55.
2. Галимов Э.М. Природа биологического фракционирования изотопов. – М.: Наука, 1981. – 247 с.
3. Геологическое строение и нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (по результатам исследования Тимано-Печорской глубокой и Колвинской параметрической скважин. /Ехлаков Ю.А., Горбачев В.И., Карасёва Т.В., Богацкий В.И. и др.- Пермь: КамНИИКИГС, 2000 г.- 330 с.
4. Гончаров И.В., Харин В.С. Использование пиролиза в инертной атмосфере при исследовании органического вещества пород. // Проблемы нефти и газа Тюмени. – 1982. – в. 56. – С. 8-10.
5. Котик О.С. Типы органического вещества и генерационный потенциал пермских угленосных отложений Косью-Роговской впадины. /Автореферат дисс. к.г.-м.н. г. Сыктывкар, 2017. С.17 (22 с).

References

1. Vinogradova T.L., Chakhmakhchev V.A., Agafonova Z.G., et al. *Uglevodorodnye i geteroatomnye soedineniya – pokazateli termicheskoi zrelosti organicheskogo veshchestva porod i naftidov* [Hydrocarbon and heteroatomic compounds as indicators of thermal maturity of organic matter and naftides]. *Geologiya Nefti i Gaza* [Oil and Gas Geology]. 2001, No. 6. pp. 49-55. (in Russian)
2. Galimov E.M. *Priroda biologicheskogo fraktsionirovaniya izotopov* [Nature of biological isotopic fractionation]. Moscow: Nauka Publ. 1981. 247 p. (in Russian)
3. Ekhlakov Yu.A., Gorbachev V.I., Karasyova T.V., Bogatsky V.I., et al. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost glubokozalegayushchikh otlozheniy Timano-Pechorskoi neftegazonosnoi provintsii (po rezultatam issledovaniya Timano-Pechorskoi glubokoi i Kolvinskoiparametricheskoi skvazhin)* [Geology and hydrocarbon potential of deep formations of Timan-Pechora petroleum province by results of Timan-Pechora and Kolvinskaya deep parametric wells' surveys]. Perm: KamNIKIGS. 2020. 330 p. (in Russian)
4. Goncharov I.V., Kharin V.S. *Ispolzovanie piroliza v inertnoi atmosfere pri issledovanii organicheskogo veshchestva porod* [Use of pyrolysis in inert atmosphere to study rock organic matter]. *Problemy Nefti i Gaza Tyumeni* [Tyumen Oil and Gas Problems]. 1982, No. 56. pp. 8-10. (in Russian)
5. Kotik O.S. *Tipy organicheskogo veshchestva i generatsionnyi potentsial permskikh uglunosnykh otlozheniy Kosyu-Rogovskoi vpadiny* [Types of organic matter and generation potential of the Permian Carboniferous formations of Kosyu-Rogovskaya deep]. Author's PhD thesis (Geol. and Mineral.). Syktyvkar: 2017. p. 17 (22 p). (in Russian)

Сведения об авторах

Рязанова Татьяна Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук, эксперт по геохимии, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625002, Тюмень, ул. Максима Горького, 42
E-mail: taryazanova@tnnc.rosneft.ru

Девятка Надежда Петровна, начальник отдела, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625002, Тюмень, ул. Максима Горького, 42
E-mail: NPDevytka@tnnc.rosneft.ru

Марков Виталий Владимирович, главный специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625002, Тюмень, ул. Максима Горького, 42
E-mail: vvmarkov@tnnc.rosneft.ru

Павлуткин Илья Геннадьевич, ведущий специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»
Россия, 625002, Тюмень, ул. Максима Горького, 42
E-mail: igpavlutkin@tnnc.rosneft.ru

Authors

T.A. Ryazanova, Ph.D., Geochemistry expert, Tyumen Petroleum Research Center
42, Maxim Gorky st, Tyumen, 625002, Russian Federation
E-mail: taryazanova@tnnc.rosneft.ru

N.P. Devytka, Head of Department, Tyumen Petroleum Research Center
42, Maxim Gorky st, Tyumen, 625002, Russian Federation
E-mail: NPDevytka@tnnc.rosneft.ru

V.V. Markov, Chief Specialist, Tyumen Petroleum Research Center
42, Maxim Gorky st, Tyumen, 625002, Russian Federation
E-mail: vvmarkov@tnnc.rosneft.ru

I.G. Pavlutkin, Leading specialist, Tyumen Petroleum Research Center
42, Maxim Gorky st, Tyumen, 625002, Russian Federation
E-mail: igpavlutkin@tnnc.rosneft.ru

Статья поступила в редакцию 21.02.2022

Принята к публикации 18.06.2022

Опубликована 30.06.2022