

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ АЛДАНО-МАЙСКОЙ ВПАДИНЫ

П.Н. Соболев, О.В. Шиганова, С.В. Дыхан, А.Р. Ахмедова

*Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,  
630091, Новосибирск, Красный просп., 67, Россия*

Выполнено изучение разреза венд-рифейских отложений параметрической скважины Усть-Майская-366 — первой глубокой скважины, пробуренной в центральной части Алдано-Майской впадины, на юго-востоке Сибирской платформы. На основании исследований ядра скважины и привлечения материалов геолого-съёмочных работ выделены новые, вероятные нефтематеринские породы в составе верхнего и среднего рифея. Приводится геохимическая характеристика органического вещества этих отложений, а также сведения о составе многочисленных миграционных нефтидов, установленных в разрезе скважины Усть-Майская-366. С учетом новых геолого-геохимических материалов дан прогноз нефтегазоносности Алдано-Майской впадины.

*Вендские и рифейские отложения, пластовые газы, миграционные нефтиды, нефтематеринские породы, генерация УВ, Алдано-Майская впадина.*

## NEW DATA ON THE PETROLEUM POTENTIAL OF THE ALDAN–MAYA DEPRESSION

P.N. Sobolev, O.V. Shiganova, S.V. Dykhan, and A.R. Akhmedova

The Vendian–Riphean section of the Ust'-Mayskaya-366 parametric well was studied. The well is the first deep well drilled in the central part of the Aldan–Maya depression, in the southeast of the Siberian Platform. New probable oil source rocks within the Upper and Middle Riphean deposits have been identified based on core analysis supported by geological-survey data. We make a geochemical description of organic matter from these deposits and report the composition of abundant migrated bitumens discovered in the Ust'-Mayskaya-366 well section. The petroleum content in the Aldan–Maya depression has been predicted with regard to the new geological and geochemical data.

*Vendian and Riphean deposits, formation gases, migrated bitumens, oil source rocks, hydrocarbon generation, Aldan–Maya depression*

## ВВЕДЕНИЕ

В 70—80-х годах прошлого столетия было дано научное обоснование значительных перспектив нефте- и газоносности докембрийских и кембрийских отложений Сибирской платформы [Конторович и др., 1982]. По существу, уже в 1980-е годы оно нашло практическое подтверждение в ходе геолого-разведочных работ в регионе. В этот период планирование ГРП на нефть и газ на территории Сибирской платформы осуществлялось бывшим Министерством геологии СССР и СО АН СССР в рамках подпрограммы «Нефть и газ Сибирской платформы», которая была составной частью крупной государственной программы «Сибирь». Основными координаторами подпрограммы были академики А.А. Трофимук, В.С. Сурков и Н.В. Черский, доктора геол.-мин. наук А.Э. Конторович и М.М. Мандельбаум.

В эти годы, несмотря на слабую изученность, перспективы нефтегазоносности осадочного чехла Алдано-Майской впадины — краевой структуры Сибирской платформы — также оценивались положительно [Илюхин, 1970; Ломтев, 1974; Потапов и др., 1976; Соболев, 1987; и др.]. Многочисленные проявления вязких и твердых битумов были выявлены на южном борту впадины, в бассейне р. Мая. Наиболее значительные проявления связаны с песчаниками нельканской (верхняя часть нерюенской) свиты лахандинской серии верхнего рифея и кандыкской свиты уйской серии верхнего рифея. В обоих случаях установлены линзы закированных песчаников.

В качестве нефтематеринской толщи высоко оценивалась верхняя подсвита малгинской свиты среднерифейского возраста [Галушко и др., 1975].

Район вышеотмеченных битумопроявлений на южном склоне Алдано-Майской впадины можно рассматривать в качестве палеозоны разгрузки УВ, мигрировавших из зон погружения рифейских отложений в ее центральной части. В свою очередь, центральная часть впадины вышеотмеченными авто-

рами оценивалась наиболее перспективной. Были также выделены прогнозные горизонты — коллекторы [Потапов и др., 1976].

Возможность для изучения разреза венд-рифейских отложений центральной части впадины появилась только в последние годы, когда была пробурена параметрическая скважина Усть-Майская-366. Постановка бурения скважины была обоснована по результатам сейсмических работ, проведенных ОАО «Якутскгеофизика» в 2005—2013 гг. Эти материалы позволили уточнить геологическое строение впадины, выявить на ее западном склоне мощные осадочные толщи рифейского возраста [Берилко и др., 2012а, б; Шишкин и др., 2010; Нафиков, 2013]. Скважиной вскрыт разрез кембрийских (790 м), вендских (289 м) отложений и мощная толща верхнерифейских (1966 м) отложений.

Особенностью разреза венд-рифейских отложений Усть-Майской скважины можно считать присутствие большого спектра нафтидопроявлений: от повышенных газопоказаний в процессе бурения, особенно на уровне лахандинской серии рифея, до проявлений в керне жидких нафтидов в интервале глубин 1700—3020 м [Шиганова и др., 2015].

На материалах детального изучения состава нафтидов и газов, рассеянного органического вещества (РОВ) пород скважины Усть-Майская-366 и обнажений на сопредельных территориях показано размещение рифейских нефтематеринских пород (НМП), дана оценка их реализованного потенциала, а также проведен анализ процессов нефтегазообразования и перспектив нефтегазосности Алдано-Майской впадины в связи с особенностями геологического развития региона.

### ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРЕЗА СКВАЖИНЫ УСТЬ-МАЙСКАЯ-366

Параметрическая скважина Усть-Майская-366 закончена бурением на глубине 3715 м и вскрыла осадочные отложения верхнего рифея (нерюенская, иниканская, кандыкская, усть-кирбинская свиты), венда (сарданинская свита), нижнего—среднего кембрия (пестроцветная, иниканская, чайская, усть-майская свиты, танхайско-усть-мильский комплекс пород), а также юры. Основной объем разреза занимают отложения рифея, вскрытая мощность которых составила 1966 м. Толща кембрийских отложений по своему строению соответствует разрезам Юдомо-Оленекского фациального региона [Савицкий и др., 1972]. Вендские отложения в объеме сарданинской свиты стратиграфически отвечают только верхней части юдомской серии (рис. 1).

Важными результатами бурения скважины можно считать отбор керна пород куонамского комплекса нижнего—среднего кембрия (иниканской свиты), присутствие многочисленных нафтидопроявлений на уровне сарданинской свиты венда и кандыкской свиты верхнего рифея, а также выявление в разрезе верхней части лахандинской серии вероятных нефтематеринских пород. Результаты изучения пород иниканской свиты Усть-Майской скважины приводились ранее [Соболев и др., 2015].

Проявления нафтидов, свидетельствующие о реальности процессов генерации и миграции УВ, установлены в следующих частях разреза.

В нижней части сарданинской свиты венда, в интервале глубин 1650—1740 м, сложенном доломитами с тонкими пропластками алевролитов и мергелей, фиксируются системы трещин, иногда соединяющие каверны. В трещинах присутствуют примазки жидкого битума. По своему составу эти нафтиды диагностируются как мальты и нефти. При этом с глубиной отмечается повышение в их составе доли УВ компонентов, особенно метаноафтеновых (табл. 1). В интервале глубин 1700—2200 м в колонне было испытано несколько объектов. В результате получены притоки воды с растворенным газом, в составе которого заметно преобладает азот (см. рис. 1). Преимущественно азотный состав пластового газа характерен для пород с гипергенно измененными нафтидами, что отражается и в соотношении высокомолекулярных гомологов метана в составе породных газов:  $C_3 < C_4 < C_5$ . С другой стороны, возможно, что на состав газов повлияло отсутствие хороших флюидопоров. Это могло вызвать рассеивание УВ компонентов, особенно метана, и остаточное обогащение газов азотом.

В разрезе кандыкской свиты верхнего рифея, сложенной песчаниками с прослоями алевролитов, встречаются прослойки с нефтенасыщением. Жидкие нафтиды, пропитывающие отдельные пласты песчаников, по групповому составу можно классифицировать как нефти (см. табл. 1). Здесь установлены пластовые газы преимущественно метанового состава с его объемным содержанием от 73.0 до 84.8 %. Содержание высокомолекулярных гомологов метана меняется от 1.8 до 5.2 об. %, увеличиваясь в интервалах с породами, насыщенными нефтью. Наличие мощного (250 м) регионального флюидопора (усть-кирбинская свита) позволяет прогнозировать сохранность залежей УВ в этой части разреза верхнего рифея, при наличии условий для их скопления, на удалении от тектонически напряженной зоны Нелькано-Кыллахской системы надвигов.

В геохимическом отношении как источник нафтидов интерес представляет верхняя часть нерюенской свиты лахандинской серии, в интервале глубин 3460—3485 м. Она сложена черными аргиллитами с многочисленными включениями пирита. По каротажным данным в этом интервале отмечается повы-

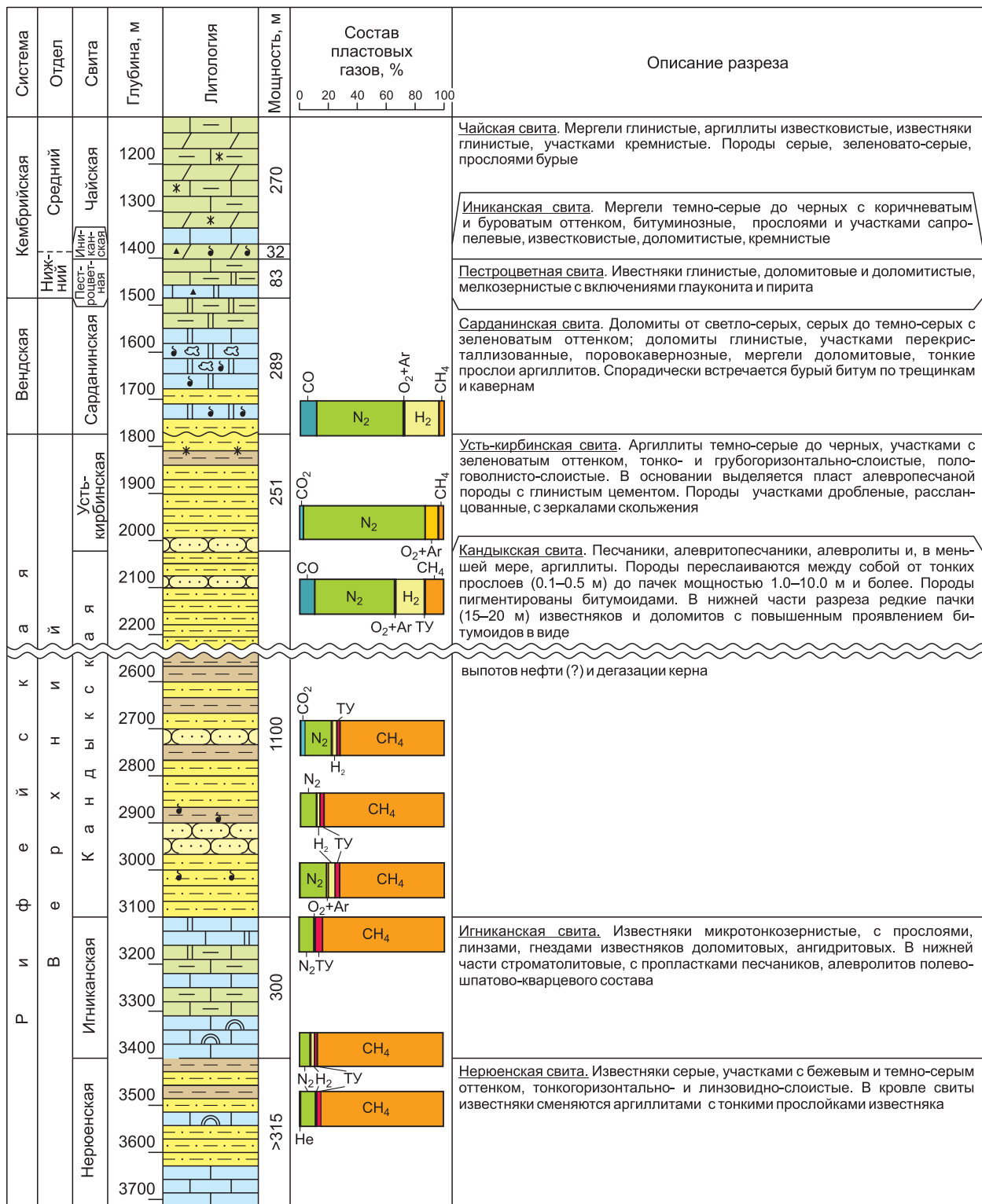


Рис. 1. Разрез вендских и рифейских отложений скв. Усть-Майская-366.

1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — аргиллиты; 4 — мергели; 5 — доломиты, глинистые доломиты; 6 — известняки; 7 — известняки строматолитовые; 8 — известняки доломитовые; 9 — доломиты известняковистые; 10 — битумопроявления; 11 — кремнистость; 12 — красноцветность; 13 — каверны.

Таблица 1. Групповой состав миграционных нафтидов в скв. Усть-Майская-366

№ п/п	№ образца	Глубина отбора (по ГИС), м	Возраст, свита	B <sub>хл</sub> , %	Порода	Групповой состав B <sub>хл</sub> , %					Тип нафтида
						УВ		Смолы		Ас-фальтены	
						Me-Nn	Nn-Ar	бен-зольные	спирто-бензольные		
1	2944-14	1663.4	V, сардинская	0.129	Доломит, трещины с нафтидом	49.36	17.42	6.72	25.5	1.0	Нефть
2	2946-14	1668.9	»	0.343	То же	38.27	11.65	49.5		0.58	Мальта
3	5299-14	1709.58	»	0.072	Доломит глинистый битуминозный	49.37		33.93		16.7	»
4	5309-14	1722	»	0.86	Доломит битуминозный	70.27	11.37	6.1	10.24	2.02	Нефть
5	5312-14	1724.15	»	0.194	То же	62.6	13.22	7.43	16.00	0.75	»
6	6421-14	2870.37	R <sub>3</sub> , кандыкская	0.427	Песчаник с глинисто-битумным цементом	82.95	8.65	2.33	5.41	0.66	»
7	6422-14	2885.9	»	0.263	Алевролит с глинисто-битумным цементом	82.14	7.61	3.27	6.45	0.53	»
8	6423-14	2890.43	»	0.364	Песчаник с глинисто-битумным цементом	83.18	7.77	3.22	5.45	0.38	»
9	6424-14	3009.52	»	0.782	Доломит, трещины с нафтидом	82.11	7.85	3.41	5.75	0.88	»
10	6426-14	3015.54	»	0.267	Алевролит с глинисто-битумным цементом	81.45	9.16	3.03	5.81	0.55	»
11	3369-3372-15	3474.8-3479.81	R <sub>3</sub> , нерюенская	0.016—0.018	Аргиллит известковистый, послойно пигментированный битумом	40.87	12.32	7.97	30.14	8.7	Синбитумоид

шение радиоактивности, увеличение интервального времени прохождения акустических импульсов и также заметное повышение газопоказаний (рис. 2). Содержания органического углерода в аргиллитах этой пачки составляют 0.30—1.66 %, выходы хлороформенного битумоида 0.009—0.022 % (табл. 2). Это максимальные известные концентрации для пород лахандинской серии в регионе.

Судя по пиролитическим данным, РОВ этих пород достигало уровня катагенетического преобразования МК<sub>2-3</sub> (см. табл. 2, аббревиатуры по Н.Б. Вассоевичу). Значения параметра T<sub>max</sub> в образцах составляют 444—450 °С. Значения водородного индекса низкие (13—18 мг УВ/г C<sub>орг</sub>). Можно констатировать, что эти отложения претерпели термодинамические условия главной зоны нефтеобразования и более жесткие, что находит подтверждение в метановом составе пластовых (86—90 об. %) и породных (84—99 %) газов и значениях коэффициента сухости 27—37. Следует отметить, что выше, непосредственно под карбонатами игниканской свиты, по сходным каротажным данным присутствует еще одна глинистая пачка толщиной до 40 м (см. рис. 2). К сожалению, эти отложения керном не охарактеризованы.

Рассматривая нефтематеринские породы региона, необходимо добавить следующее. В северной части Алдано-Майской впадины имеется еще одна интересная толща, которая до настоящего времени не попадала в поле зрения геохимиков. Это мускельская свита, подстилающая известняки малгинской

Таблица 2. Пиролитическая характеристика аргиллитов нерюенской и мускельской свит рифея

Место отбора	Глубина отбора (по ГИС), м	Возраст	УВ, мг/г породы		PI	T <sub>max</sub> , °С	HI, мг УВ/г C <sub>орг</sub>	C <sub>орг</sub> , %	B <sub>хл</sub> , %
			S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>					
УМ-366	3469.86	R <sub>3</sub> nr	0.09	0.13	0.42	444	13	1.00	0.012
»	3470.6	»	0.06	0.28	0.18	450	18	1.59	0.014
»	3473.9	»	0.06	0.15	0.29	447	15	0.95	0.017
»	3475.1	»	0.12	0.27	0.31	448	16	1.66	0.022
»	3480.7	»	0.05	0.10	0.33	447	17	0.57	0.009
р. Ханда	—	R <sub>2</sub> ms	0.01	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0.55	—
»	—	»	0.00	»	»	»	»	0.8	—

Примечание. Н.о. — не определены, R<sub>3</sub>nr — нерюенская свита, R<sub>2</sub>ms — мускельская свита.

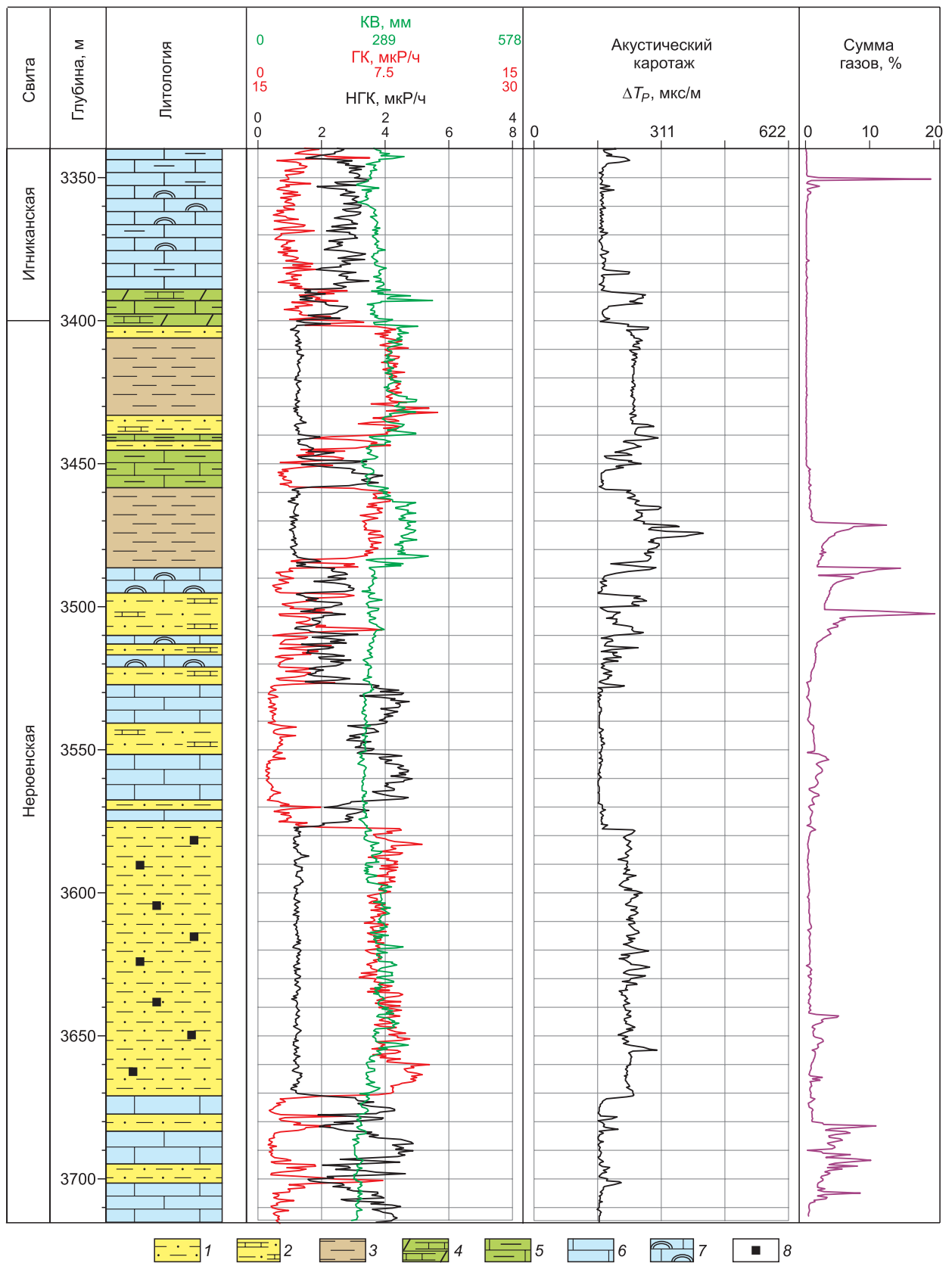
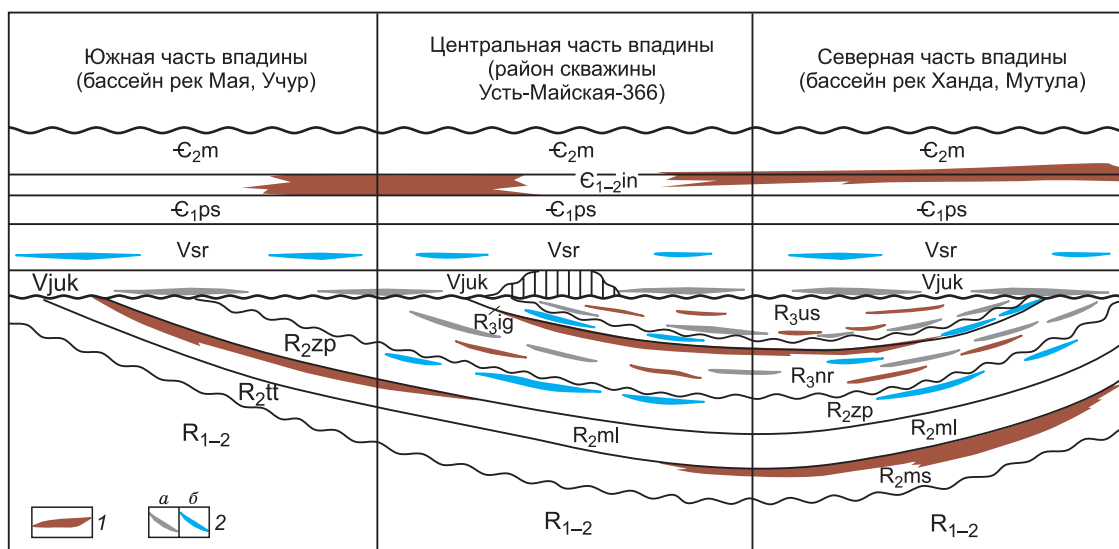


Рис. 2. Фрагмент геолого-геофизического разреза параметрической скв. Усть-Майская-366.

1 — алевриты; 2 — алевриты доломитисто-известковые; 3 — аргиллиты; 4 — мергели кальцитовые; 5 — доломиты известковые; 6 — известняки; 7 — известняки строматолитовые; 8 — пирит.



**Рис. 3. Схема распространения нефтегазоматеринских и коллекторских горизонтов в осадочном чехле Алдано-Майской впадины.**

1 — нефтегазоматеринские горизонты; 2 — коллекторские горизонты: а — гранулярные, б — трещинно-кавернозные. Стратиграфические подразделения: R<sub>1-2</sub> — нижнесреднерифейские отложения айманской и учурской серий и их возрастные аналоги; R<sub>2tt</sub> — тоттинская свита среднего рифея; R<sub>2ms</sub> — мускельская свита среднего рифея; R<sub>2ml</sub> — малгинская свита среднего рифея; R<sub>2zp</sub> — ципандинская свита среднего рифея; R<sub>3nr</sub> — нерюенская свита верхнего рифея; R<sub>3ig</sub> — игниканская свита верхнего рифея; R<sub>3us</sub> — усть-кирбинская серия верхнего рифея; Vsr — сарданинская свита венда; Vjuk — юкандинская свита венда; E<sub>1ps</sub> — пестроцветная свита нижнего кембрия; E<sub>1-2in</sub> — иниканская свита нижнего—среднего кембрия; E<sub>2m</sub> — среднекембрийские отложения майского яруса.

свиты. Мускельская свита является стратиграфическим аналогом тоттинской свиты в южной части впадины. По данным геологической съемки, верхняя подсвита мускельской свиты сложена темно-серыми и черными аргиллитами, алевролитами, достигающими толщины в 200 м [Государственная..., 1990]. В изученном разрезе этой свиты бассейна р. Ханда содержания РОВ повышенные. Концентрации органического углерода составляют в аргиллитах мускельской свиты десятые доли процента (до 0.80 %). Вместе с тем уровень катагенеза РОВ очень высокий, поскольку данный разрез находится в зоне влияния Кыллахского надвига (см. табл. 2). На пирограммах этих образцов не фиксируется пик S<sub>2</sub>, что свидетельствует о полном истощении их потенциала.

Необходимо коснуться и нефтематеринских свойств малгинской свиты. Во многих публикациях отмечается высокий потенциал верхней подсвиты этой свиты. Однако, на наш взгляд, роль этих отложений как основной нефтематеринской толщи в регионе явно преувеличена. Геологические и геохимические данные показывают, что прослои доманикоидных пород в этой свите встречаются только в узкой зоне, на южном краю впадины. К северу от разрезов на р. Мая (скала Малгина, скала Селия и др.) прослои битуминозных пород в составе малгинской свиты исчезают и замещаются глинистыми известняками с очень низкими концентрациями РОВ. Так происходит уже в разрезе скв. Лахандинская-1. На севере прогиба, в бассейне р. Ханда, содержания органического углерода в известняках малгинской свиты составляют только сотые доли процента.

Таким образом, новые геолого-геохимические материалы позволяют вести речь о вероятных нефтематеринских породах верхнерифейского возраста (аргиллиты нерюенской свиты) в центральной части Алдано-Майской впадины. В составе среднерифейских отложений вероятные НМП — это породы верхней подсвиты малгинской свиты на юге и отложения верхней подсвиты мускельской свиты на севере впадины. Прогнозная схема, иллюстрирующая положения НМП в разрезе Алдано-Майской впадины, приводится на рис. 3.

### СОСТАВ МИГРАЦИОННЫХ НАФТИДОВ

Рассмотрим особенности состава миграционных нафтидов, выявленных в разрезе скв. Усть-Майская-366, а также состав битумоида из сборной пробы аргиллитов верхней части нерюенской свиты — вероятного синбитумоида нефтематеринской толщи.



Таблица 3.

## Значения геохимических коэффициентов

Коэффициент	№ образца										
	2944-14	2946-14	5299-14	5309-14	5312-14	6421-14	6422-14	6423-14	6424-14	6426-14	3369-3372-15
П/Ф	0.91	0.88	0.75	0.71	1.09	1.11	0.96	1.03	1.04	1.00	1.26
П/ <i>n</i> -C <sub>17</sub>	0.33	0.61	0.40	0.38	0.37	0.28	0.26	0.35	0.36	0.25	0.21
Ф/ <i>n</i> -C <sub>18</sub>	0.40	0.79	0.53	0.41	0.48	0.29	0.29	0.37	0.37	0.28	0.20
$\frac{i-C_{19} + i-C_{20}}{n-C_{17} + n-C_{18}}$	0.36	0.69	0.46	0.40	0.42	0.28	0.27	0.36	0.37	0.26	0.20
$\frac{n-C_{17}}{n-C_{27}}$	2.12	2.10	1.84	0.48	0.38	5.47	4.48	4.16	4.79	4.79	8.09
<i>n</i> -Ме/ <i>i</i> -Ме/12- и 13м-Ме	86:9:5	79:15:6	81:12:7	87:5:8	89:4:6	75:14:11	76:12:12	74:15:11	74:14:12	76:13:11	77:10:13

Примечание. П — пристан, Ф — фитан, 12- и 13м-Ме-монометилалканы.

Аналитические исследования миграционных нафтидов проводились в лаборатории АО «СНИИГТиМС». Выполнялось экстрагирование хлороформенных битумоидов из недробленного керна (щебня). Далее проводилось изучение группового состава полученных экстрактов с определением содержаний углеводородов метанонафтенной и нафтеноароматической фракций, смол и асфальтенов. Последующее изучение метанонафтенной фракции методом газожидкостной хроматографии проводилось на хроматографе НР 5890 с пламенно-ионизационным детектором в режиме линейного программирования от 80 до 320 °С со скоростью 3 °С/мин.

Миграционные битумы сарданинской свиты венда по групповому составу соответствуют нефтям и мальтам. Содержание масляной фракции варьирует в диапазонах 67—82 и 49—50 % соответственно. Содержание насыщенной фракции 40—70 %, ароматической 11—17 %, смол 16—34 %, асфальтенов — 0.6—17.0 % (см. табл. 1).

Нафтиды из верхнего рифея представляют собой нефти с близким групповым составом. Содержание масляной фракции составляет 90—92 %. Содержание насыщенных УВ варьирует незначительно — 82—83 %, ароматических 8—9 %. Концентрации смол и асфальтенов составляют соответственно 8—10 и 0.4—0.9 %.

Методом ГЖХ в насыщенных фракциях нафтидов были идентифицированы алканы нормального и разветвленного строения, включая монометилалканы с заместителем в середине цепи (так называемые 12-, 13-монометилалканы). Во всех образцах *n*-алканы значительно преобладают над алканами разветвленного строения. Соотношения *n*-алканы:изопреноиды:12-, 13-монометилалканы равны в среднем 86:7:7 для сарданинской свиты, 75:14:11 для кандыкской и 77:10:13 для битумоида из сборной пробы аргиллитов нерюенской свиты (табл. 3). Примеры полученных хроматограмм для двух образцов миграционных нафтидов (из сарданинской и кандыкской свит) и битумоида нерюенской свиты приведены на рис. 4.

Во всех образцах распределение *n*-алканов носит унимодальный характер (рис. 5), однако для образцов рифея максимум приходится на *n*-C<sub>15</sub>—*n*-C<sub>17</sub>, а для образцов венда на *n*-C<sub>19</sub>, *n*-C<sub>23</sub>, *n*-C<sub>29</sub>. Соотношение  $\frac{n-C_{17}}{n-C_{27}}$  для нафтидов венда имеет более низкие значения (0.38—1.84), чем нафтидов рифея (4.16—8.09) (см. табл. 3). Описанный тип распределения *n*-алканов характерен для нафтидов, формировавшихся из аквагенного типа исходного ОВ, предшественником которого были бактерии и водоросли. Смещение максимума распределения *n*-алканов в высокомолекулярную область в образцах венда, возможно, связано с потерей легких фракций в процессе миграции или биодеградаци УВ. Однако изопреноидный коэффициент ( $K_i = \frac{i-C_{19} + i-C_{20}}{n-C_{17} + n-C_{18}}$ ) имеет низкие значения (0.2—0.7), что свидетельствует об отсутствии процессов биодеградаци, поэтому наиболее вероятное влияние на распределение *n*-алканов оказал именно миграционный фактор.

Также необходимо подчеркнуть, что характер концентрационного распределения *n*-алканов вероятного синбитумоида из нерюенской свиты сходен с таковым для миграционных нафтидов в породах кандыкской свиты верхнего рифея.

Среди изопреноидов в подавляющем большинстве образцов незначительно преобладает пристан (это более всего характерно для рифейских нафтидов). В целом отношение пристан/фитан изменяется в интервале 0.71—1.26, что типично для ОВ, формировавшегося в восстановительных условиях. По соотношению биомаркерных параметров пристан/*n*-C<sub>17</sub> и фитан/*n*-C<sub>18</sub> хорошо видно, что в разрезе в направлении сверху вниз наблюдается увеличение катагенетической зрелости, наибольшие значения характерны для образца нерюенской свиты (рис. 6).

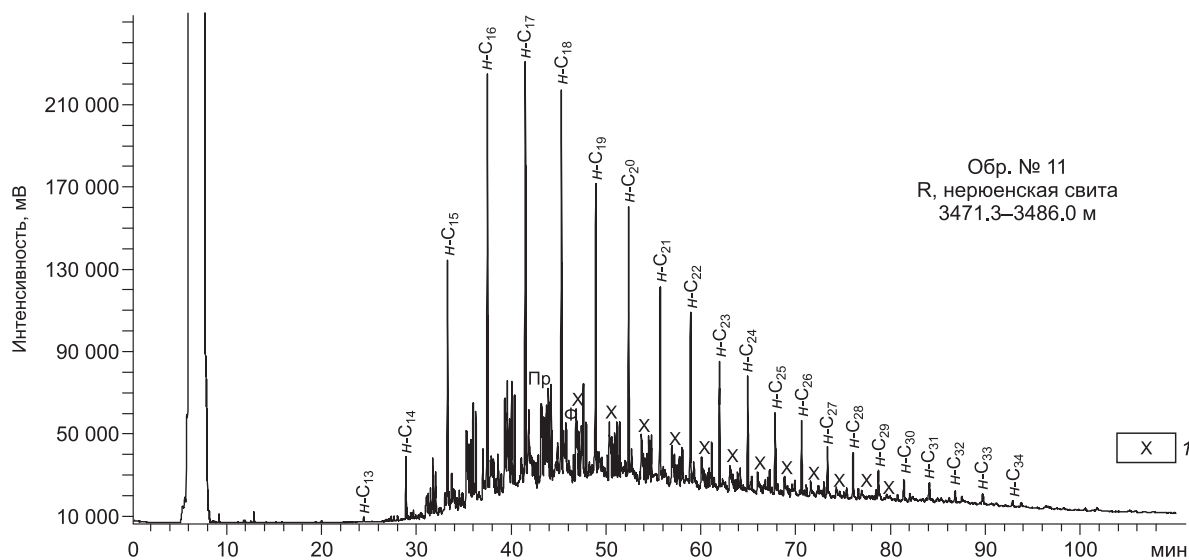
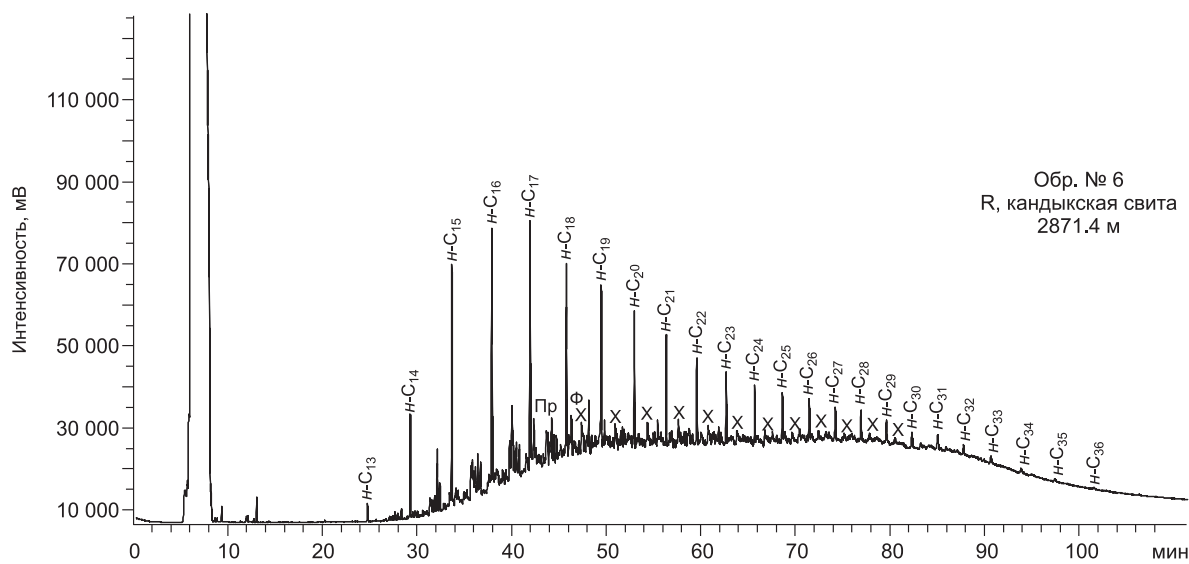
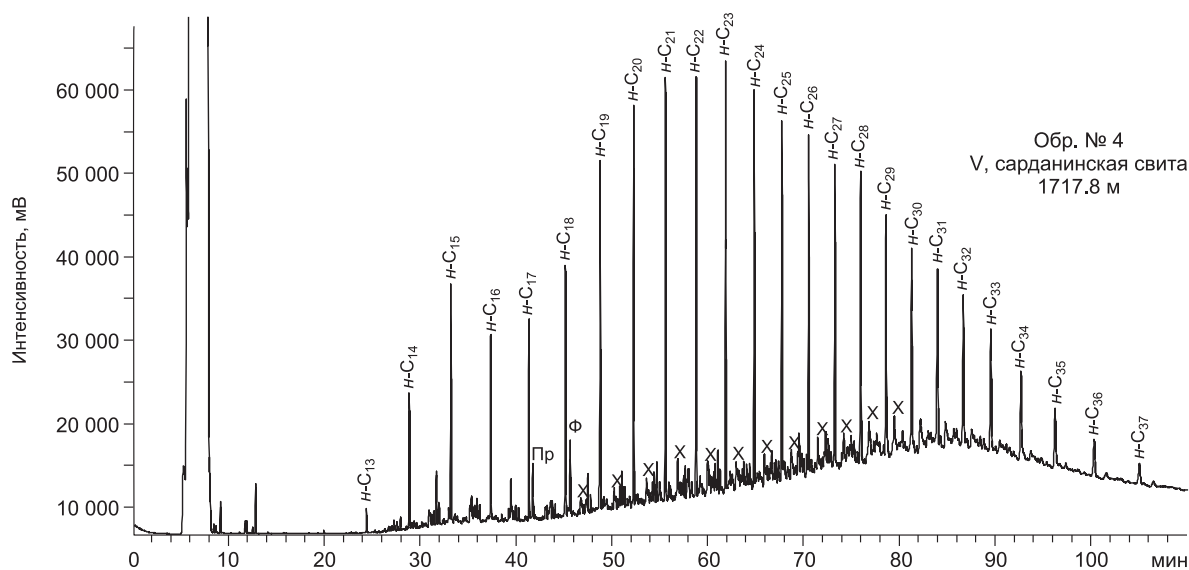
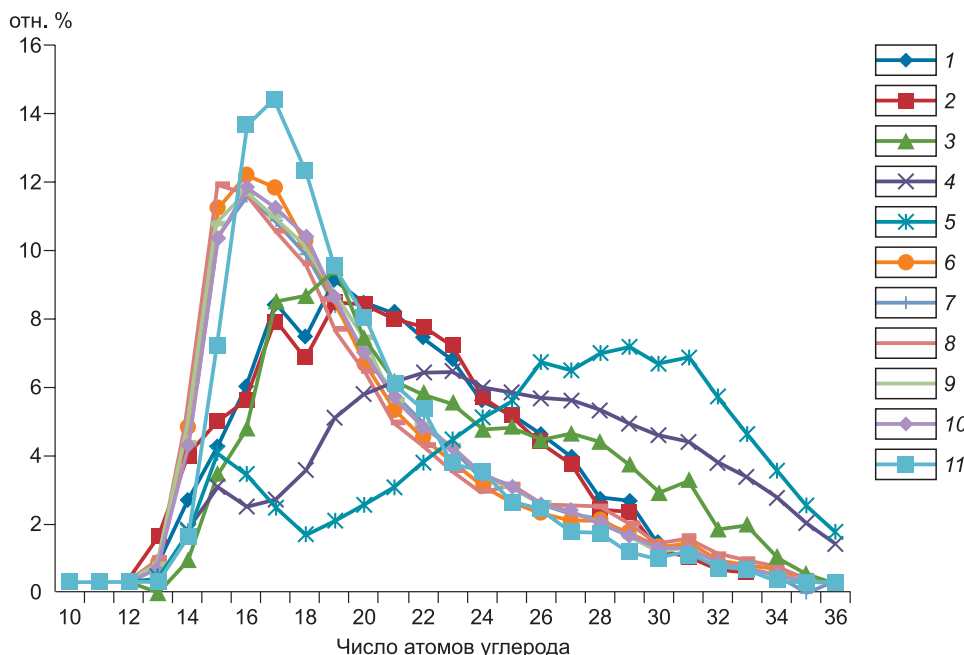


Рис 4. Примеры хроматограмм метанонафтеновой фракции нафтидов в сардининской и кандыкской свитах, битумоида из нерюенской свиты.

1 — 12-, 13-монометилалканы.





**Рис. 5. Распределение *n*-алканов в исследованных нефтидах и битумоиде.**

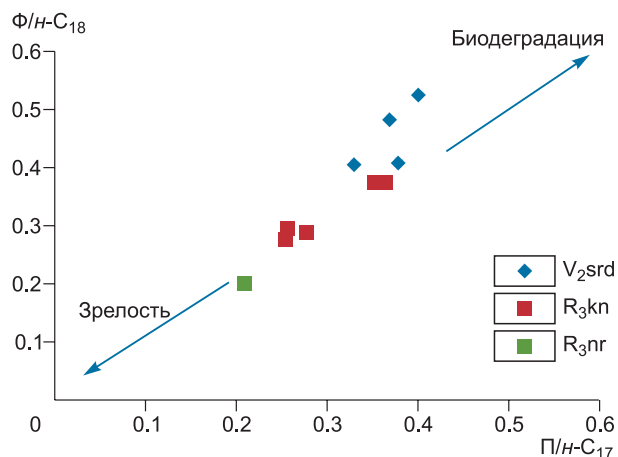
Номера соответствуют номерам образцов в табл. 1.

Согласно полученным данным по изучению ациклических УВ-биомаркеров, можно сделать выводы, что нефти из пород кандыкской свиты и нефтиды из пород сарданинской свиты образуют две различные группы. Эти группы заметно различаются по характеру распределения концентраций *n*-алканов, по количественному соотношению УВ гомологических рядов *n*-алканов, изопреноидов и 12-, 13-монометилалканов. При этом состав ациклических УВ вероятного синбитумоида из аргиллитов нерюенской свиты близок к таковому из образцов рифейских нефтидов.

Исходя из имеющейся геолого-геохимической информации, можно сделать два предположения относительно генезиса миграционных нефтидов.

Возможно, что источником обеих групп были нефтематеринские породы верхней части нерюенской свиты. Различие состава ациклических УВ в этом случае связано с худшей изоляцией пород сарданинской свиты и рассеиванием легких компонентов. Об этом свидетельствуют данные по групповому составу, характер распределения *n*-алканов, пониженное значение отношения  $n\text{-}C_{17}/n\text{-}C_{27}$  и вышеотмеченные особенности состава пластовых газов.

С другой стороны, возможен вариант с различными источниками нефтидов двух групп. В пользу этого свидетельствует то, что они пространственно разделены толщей мощностью около 900 м. В ее составе присутствуют пакки глинистых пород, особенно в усть-кирбинской свите, подстилающей сарданинскую свиту. Источником нефтидов из кандыкской свиты, вполне вероятно, являются вышеотмеченные аргиллиты верхней части нерюенской свиты. Это подтверждается значительным сходством в распределении *n*-алканов, а также соотношением УВ различных гомологических рядов кандыкских нефтидов и синбитумоида аргиллитов нерюенской свиты. По сравнению с нефтидами сарданинской свиты в рифейских нефтидах отмечаются относительно повышенные значения отношения пристан/фитан. Это может быть связано с высоким уровнем катагенеза РОВ нерюенской свиты, подтверждаемым пиролитическими данными.



**Рис. 6. Корреляция исследованных нефтидов и битумоида по биомаркерным параметрам  $P/n\text{-}C_{17}$  и  $\Phi/n\text{-}C_{18}$ .**

Во втором случае неясным остается вопрос об источнике нафтидов сарданинской свиты. Возможно, нефтематеринские породы присутствуют среди аргиллитов подстилающей усть-кирбинской свиты, в составе которых встречаются разности с концентрацией органического углерода в 0.20—0.47 %. Однако для доказательства этого требуется дополнительное изучение этих отложений.

### ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ АЛДАНО-МАЙСКОЙ ВПАДИНЫ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В целях уточнения перспектив нефтегазоносности территории Алдано-Майской впадины и с учетом новых геолого-геохимических материалов объемно-генетическим методом была проведена количественная оценка масштабов нефтегазообразования для рифейских генерационных комплексов. Оценка проведена по методике, изложенной в работе [Конторович, 1976]. Оценивался среднерифейский генерационный комплекс, имеющий диахронное строение. В его состав включены: верхняя подсвита малгинской свиты на юге впадины и верхняя подсвита мускельской свиты на севере впадины. В состав верхнерифейского комплекса включены глинистые отложения лахандинской и уйской серий с концентрациями органического углерода не менее 0.20 % на породу.

Согласно расчетам, суммарные цифры по верхнерифейскому комплексу для эмиграции битумоидов и генерации УВ газов составили соответственно 19.61 млрд т и 10.98 трлн м<sup>3</sup>.

Для среднерифейских отложений в составе верхних подсвит малгинской и мускельской свит общие цифры составили соответственно 11.8 млрд т и 7.2 трлн м<sup>3</sup>.

Необходимо также рассмотреть возможные коллекторские толщи в разрезе впадины. Еще в 70-е годы прошлого столетия ряд авторов выделял в составе рифейских отложений возможные коллекторские и экранирующие горизонты [Илюхин, 1970; Ломтев, 1974; Потапов и др., 1976]. Согласно этим авторам, горизонты гранулярных коллекторов выделялись в составе учурской свиты нижнего рифея, трещинно-кавернозные коллекторы выделялись в карбонатах ципандинской и нерюенской свит. Выше по разрезу прогнозировались гранулярные коллекторы в песчаниках верхов нерюенской свиты, в кандыкской свите и в базальных песчаниках венда. Следует отметить, что эти выводы были основаны на изучении рифейских отложений в естественных обнажениях в южной части Алдано-Майской впадины.

Материалы глубокого бурения (параметрические скважины Мокуйская-1 и Усть-Майская-366) позволяют провести уточнение по вопросу коллекторских горизонтов.

Прежде всего, ведя речь о нижнерифейских отложениях, можно констатировать следующее. Песчаники учурской серии были вскрыты и изучены в скв. Мокуйская-1. Здесь они представлены сильно уплотненными, кварцитовидными разностями с очень низкими емкостными свойствами, что подтвердилось и результатами испытания этой скважины. Скважина Мокуйская-1 пробурена на западном склоне впадины. Вероятно, что в ее центральной части эти отложения при более значительном погружении явно не будут иметь емкостных свойств. Учитывая эти данные, мы считаем, что в отложениях учурской серии вряд ли можно рассчитывать на выявление гранулярных коллекторов. В свою очередь, материалы бурения скв. Усть-Майская-366 подтверждают возможность присутствия коллекторов в верхнерифейских отложениях центральной части впадины. В частности, судя по каротажным данным, присутствие карбонатных коллекторов возможно на уровне игниканской свиты, перекрывающей нерюенскую. Вышеотмеченные проявления нафтидов в разрезе кандыкской свиты также позволяют надеяться на присутствие здесь гранулярных коллекторов. Можно предполагать, что при фациальной изменчивости терригенных пород кандыкской свиты вполне возможно появление в ее составе пластов песчаников с хорошими емкостными свойствами. Это не исключено и к западу от скв. Усть-Майская-366, где можно ожидать сокращение толщины кандыкской свиты и увеличение в ее составе роли песчаников. Можно констатировать, что данные по скв. Усть-Майская-366 подтверждают возможность присутствия пород — потенциальных коллекторов, которые выделялись в составе кандыкской свиты и ранее [Потапов и др., 1976].

Исходя из приведенных данных, в качестве наиболее перспективной части рифейского разреза можно рассматривать верхнерифейские отложения лахандинской и уйской серий. В пользу этого также свидетельствует распределение в рифейском разрезе нефтематеринских пород. По вышеприведенной количественной оценке масштабов нефтегазообразования, интенсивности этих процессов в целом были выше в верхнерифейских отложениях по сравнению с верхней частью малгинской и мускельской свит среднего рифея. Особенно это касается центральной части впадины. Исключением является ее крайняя южная часть.

Для прогнозной оценки территории Алдано-Майской впадины необходимо также отметить основные особенности процессов нефтегазообразования, которые можно прогнозировать исходя из геолого-геофизических данных, характера и истории развития региона.

Согласно палеотектоническим реконструкциям, геологическим данным о составе и толщинах рифейских отложений, вероятно, что на территории центральной части впадины палеоочаг нефтегазообразования существовал уже в конце рифейского времени. История процессов нефтегазообразования, очевидно, охватывает очень длительный период от рифейской до, по крайней мере, меловой эпохи. Углубленный анализ этих длительных и сложных процессов нефтидогенеза требует самостоятельной и специальной работы. Поэтому в рамках настоящей статьи можно рассмотреть только заключительные моменты, представляющие наибольший интерес с точки зрения формирования современной картины распределения возможных скоплений УВ.

Наиболее важным моментом в истории Алдано-Майской впадины можно считать формирование складчато-надвиговых дислокаций Кыллахской зоны. Судя по геологическим данным, процессы шарьяжеобразования начались не раньше среднеюрской эпохи (блоки рифей-кембрийских пород надвинуты на среднеюрские отложения сугджинской свиты). Вероятно, главные поверхности срыва (детачменты) находились в глинистых толщах, составляющих тоттинскую свиту и глинисто-карбонатную малгинскую свиту керпыльской серии среднего рифея. По данным В.А. Ян-Жин-Шина [1983], дизъюнктивные нарушения Кыллахской зоны в настоящее время представлены пологими надвигами, переходящими в крутые во фронтальных частях. Эти представления подтверждаются сейсмическими данными.

Процессы шарьяжеобразования, очевидно, сыграли важную роль в нефтидогенезе и формировании современной картины распределения скоплений УВ.

Можно предполагать, что активные тектонические перемещения аллохтонных масс средневерхнерифейских и венд-кембрийских отложений в западном направлении стимулировали также перетоки в этом направлении и УВ.

В свою очередь, происходило увеличение уровня катагенетического преобразования РОВ верхнерифейских и венд-кембрийских отложений за счет влияния динамокатагенеза. Катагенез РОВ даже в кембрийских отложениях зоны шарьяжных дислокаций достиг градаций МК<sub>4</sub>—АК (по шкале Н.Б. Васюевича). Все это приводило к усилению генерации газообразных УВ и миграции их в западном направлении, активному их воздействию на скопления УВ предшествующих эпох.

Это воздействие могло приводить к разнообразным изменениям нефтидов. В зоне шарьяжных дислокаций перспективы сохранности нефтяных залежей резко уменьшились. В ходе проработки мигрирующими газообразными УВ возможные скопления жидких УВ разрушались за счет процессов деасфальтизации нефтей и за счет растворения и выноса более легких подвижных компонентов. Можно также подчеркнуть, что неблагоприятным фактором было отсутствие хороших флюидоупоров. Это наиболее негативно сказывалось на востоке впадины в связи с интенсивными дислокациями. Вследствие этого, по нашему мнению, на востоке впадины возможно присутствие только твердых нефтидов термально-метаморфического ряда и фазовой дифференциации (кериты, антракосолиты, асфальтиты).

Более благоприятная ситуация оставалась на западном, приплатформенном склоне. В ходе длительной геологической истории, начиная с рифейской эпохи и по меловое время, эта территория оставалась областью миграции УВ, генерированных рифейскими отложениями центральной части прогиба. По мнению некоторых исследователей, процессы такой миграции УВ происходят и в настоящее время [Ситников, Жерновский, 2011]. Вероятно, подобная миграция была наиболее интенсивной в меловую эпоху за счет динамического воздействия фронта надвигов. Этот вывод важен для оценки перспектив нефтегазоносности Алдано-Майской впадины.

Исходя из всего вышеизложенного, основными параметрами, используемыми для оценок, нами были приняты:

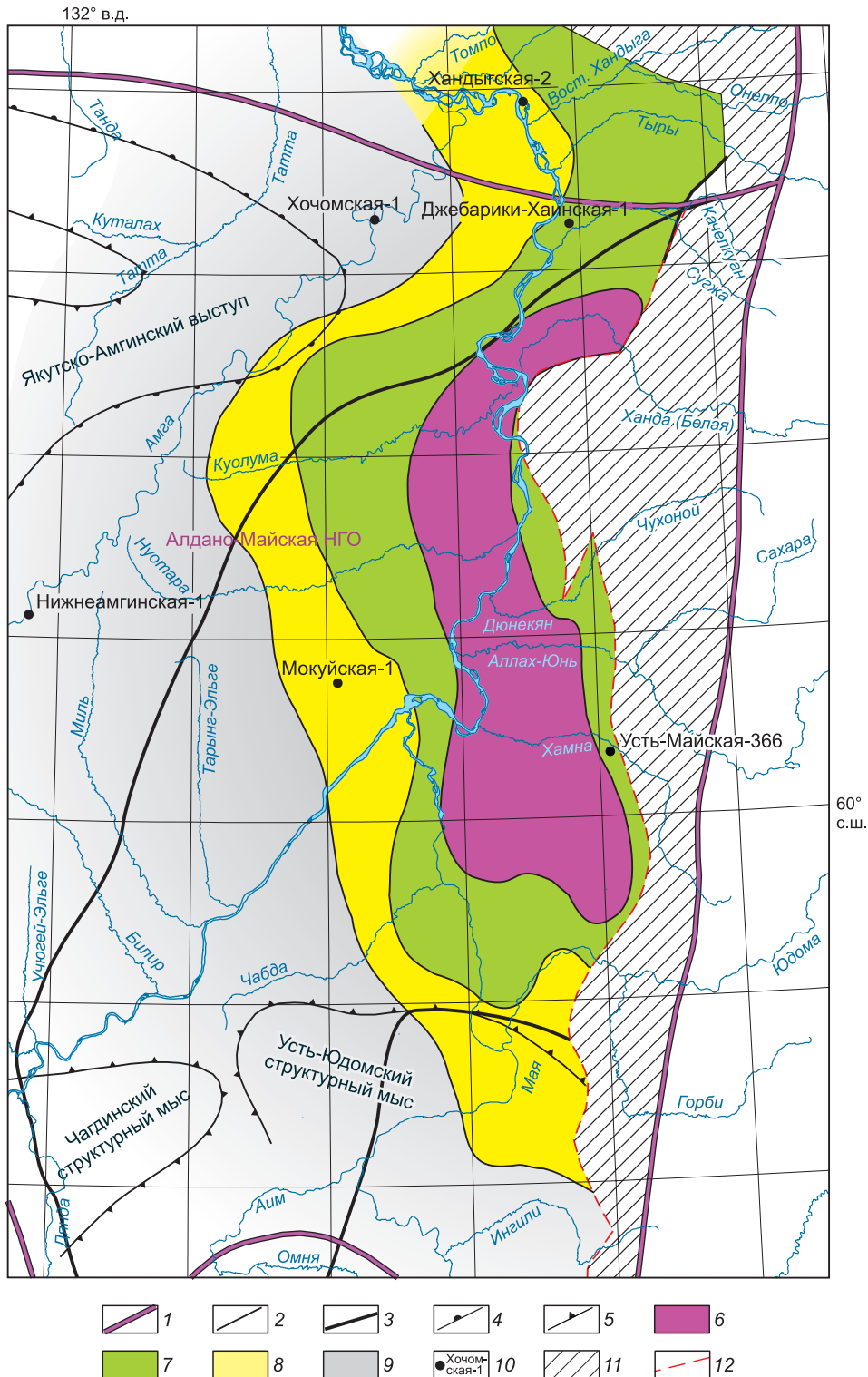
— контур распространения верхнерифейских отложений, содержащих в своем составе пачки гранулярных, а также трещинно-кавернозных коллекторов и имеющих наиболее высокую количественную оценку процессов нефтегазообразования в составе рифея;

— контур распространения среднерифейских отложений, в составе которых возможно присутствие регионально распространенного коллекторского горизонта — ципандинской свиты;

— территория развития интенсивных дислокаций зоны Нелькано-Кыллахских надвигов оценивается нами в качестве бесперспективной для сохранности промышленных скоплений УВ.

Прогнозная карта перспектив нефтегазоносности территории Алдано-Майской впадины, построенная по геолого-геохимическим критериям, представлена на рис. 7. Наиболее перспективные земли (категория — высокоперспективные) прогнозируются на территории западного склона впадины и прослеживаются в виде полосы шириной 20—60 км и протяженностью 450—480 км на некотором удалении от субмеридиональной зоны Нелькано-Кыллахских надвигов.

Повышенные перспективы этих земель связаны с близостью к основным очагам нефтегазообразования в верхнерифейских отложениях и в верхней части мускельской свиты среднего рифея. Западная граница земель этой категории соответствует границе выклинивания верхнерифейских отложений. Для этой территории прогнозируется наиболее широкий стратиграфический диапазон возможной нефтега-



**Рис. 7. Схематическая карта прогноза нефтегазоносности Алдано-Майской впадины и прилегающих территорий Алдано-Майской НГО по геолого-геохимическим данным.**

Границы: 1 — Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции; 2 — нефтегазоносных областей; 3 — Алдано-Майской впадины; 4 — тектонических структур I порядка; 5 — тектонических структур II порядка. Категории земель различной перспективности: 6 — высокоперспективные; 7 — перспективные; 8 — малоперспективные; 9 — бесперспективные; 10 — скважины глубокого бурения (название площади и номер скважины); 11 — зоны развития Нелькано-Кыллахской системы надвигов; 12 — дизъюнктивные нарушения.



зональности. В составе перспективных отложений кроме верхнерифейских пород принимают участие также среднерифейские (ципандинская свита), вендские (базальные пачки сарданинской свиты и, возможно, юкандинской). Коллекторские горизонты могут быть связаны с песчаными телами в составе нерюенской свиты лахандинской серии и кандыкской свиты уйской серии. Карбонатные коллекторские горизонты прогнозируются в составе ципандинской, нерюенской и игниканской свит и, возможно, в вендских отложениях сарданинской свиты. Характер строения осадочного разреза позволяет здесь прогнозировать литологические залежи в зонах выклинивания песчаных тел и структурные залежи. Наиболее перспективные территории на присутствие структурных залежей могут быть связаны с участками антиклинальных поднятий перед фронтом надвигов. Примером подобной структуры является Мутулинское поднятие на севере прогиба, в нижнем течении р. Ханда (Белая). Это поднятие в настоящее время выделяется в качестве наиболее перспективного локального объекта [Мигурский, Соболев, 2015].

Территории следующей, более низкой категории, но являющиеся перспективными, в виде полосы шириной 20—65 км окружают с запада высокоперспективные земли (см. рис. 7). Снижение их перспективности объясняется выпадением из разреза верхнерифейских отложений. Возможные скопления УВ могут быть связаны с карбонатами ципандинской свиты, которые могли испытать длительное воздействие гипергенных факторов, вплоть до наступления вендской трансгрессии. Здесь сохраняются возможности присутствия в ципандинской свите трещинно-кавернозных коллекторов, связанных с палеокарстом. Сохраняются также возможности для промышленной нефтегазональности базальных горизонтов венда.

Территории малоперспективные, в свою очередь, примыкают с запада к землям категории перспективных. Здесь сокращается стратиграфический диапазон перспективных отложений. В частности, к таковым уже нельзя отнести породы рифея. Возможность сохранения скоплений тяжелых вязких нефтей остается для вендских отложений, в случае присутствия в нижней части сарданинской свиты пластов песчаников. В то же время разрез вендских отложений здесь более сокращен относительно остальной части прогиба. По сути, территория малоперспективных земель и районов к западу от нее будет площадью распространения нефтебитумопроявлений, которые в настоящее время выявлены в многочисленных пунктах на междуречье Амги и Алдана.

Касааясь палеоочага нефтегазообразования на юге впадины, который был связан с обогащенными РОВ породами верхней части малгинской свиты, приходится констатировать следующее. Здесь доманикоидные породы в ходе геологической истории достигали уровня катагенеза, благоприятного для реализации их исходного потенциала (градации катагенеза МК<sub>2</sub>—МК<sub>3</sub>). Однако площадь этого палеоочага и прилегающих территорий подверглась глубокому эрозионному срезу. В настоящее время можно только отметить, что остатки скоплений УВ, генерированных РОВ малгинской свиты, сохранились в виде поверхностных и приповерхностных проявлений битумов различной консистенции, фиксируемых в песчаниках нерюенской и кандыкской свит, в доломитах ципандинской свиты и в известняках самой малгинской свиты. Согласно нашим прогнозным построениям, территория палеоочага, связанная с малгинской свитой, относится к землям малоперспективным и бесперспективным.

## ЛИТЕРАТУРА

**Берилко Г.А., Страхов А.Н., Шишкин Б.Б., Соболев П.Н.** Прогноз потенциально перспективных зон рифея по сейсмическим данным в Предсеттедабанском прогибе // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012а, № 1 (19), с. 79—85.

**Берилко Г.А., Шишкин Б.Б., Страхов А.Н.** О перспективах нефтегазональности среднекембрийских отложений в бассейне р. Амга (восточная часть Алданской антеклизы) // Геология и минеральные ресурсы Сибири, 2012б, № 3 (11), с. 38—43.

**Галушко Я.А., Потапов С.В., Неволин Б.С., Гудзенко В.Т.** Древнейшая формация доманиковского типа на востоке Сибирской платформы // Геология и нефтегазональность Восточной Сибири и Дальнего Востока. М., Наука, 1975, с. 63—73.

**Государственная** геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Майская, лист Р-53-XXIII. Объяснительная записка / Ред. В.А. Ян-Жин-Шин. М., 1990, 70 с.

**Илюхин Л.Н.** Литология и коллекторские свойства верхнепротерозойских отложений юго-восточной части Сибирской платформы: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. М., МГУ, 1970, 21 с.

**Конторович А.Э.** Геохимические методы прогноза нефтегазональности. М., Недра, 1976, 199 с.

**Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А.** Главные зоны нефтенакпления в Лено-Тунгусской провинции // Развитие учения академика И.М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. Новосибирск, Наука, 1982, с. 22—42.

**Ломтев В.А.** Геологическое строение и перспективы нефтегазональности Алдано-Майского нефтегазонального бассейна: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. М., МГУ, 1974, 19 с.

**Мигурский А.В., Соболев П.Н.** Мутулинское поднятие — главный объект нефтегазопроисхождения работ во фронтальной части Кыллахской зоны Верхоянского пояса складчато-надвиговых дислокаций // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2015, № 2 (22), с. 26—33.

**Нафиков И.Ф.** Особенности геологического строения и нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2013, т. 8, № 3, с. 85—86.

**Потапов С.В., Ставцев А.Л., Неволин Б.С., Гудзенко В.Т.** Стратиграфия осадочного чехла восточных склонов Алданского щита в связи с нефтегазоносностью // Советская геология, № 3, 1976, с. 23—33.

**Савицкий В.Е., Евтушенко В.М., Егорова Л.И., Конторович А.Э., Шабанов Ю.Я.** Кембрий Сибирской платформы. М., Недра, 1972, 199 с.

**Ситников В.С., Жерновский В.П.** О вероятном наличии потенциальных зон нефтегазонакопления на востоке Алданской антеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2011, № 3 (7), с. 11—18.

**Соболев П.Н.** Геохимия доманикитной малгинской свиты Юдомо-Майской впадины // Геология угленосных и горючесланцевых формаций Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1987, с. 69—87.

**Соболев П.Н., Прокудин С.Г., Попова М.В.** Доманикоидные отложения иниканской свиты нижнего—среднего кембрия в скважине Усть-Майская-366 (юго-восток Сибирской платформы) // Черные сланцы. Геология, геохимия, значение для нефтегазового комплекса, перспективы использования как альтернативного углеводородного сырья (Материалы Всероссийской научн.-практ. конференции). Якутск, 2015, с. 81—84.

**Старосельцев В.С., Рудницкая Д.И., Сальников А.С.** Перспективы нефтегазоносности кембрийских отложений в северо-восточной части Предсетедабанского прогиба // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012, № 3 (11), с. 44—50.

**Шиганова О.В., Грибова И.С., Горбачев Д.А., Кузьмин Д.А., Старосельцев В.С., Девятов В.П., Сухов С.С., Якшин М.С., Сердюк З.Я., Федулеева Ю.В., Шишкин Б.Б.** Основные результаты изучения кембрийских, вендских и рифейских пород в параметрической скважине Усть-Майская-366 (1-й этап) // Материалы 2-й науч.-практ. конференции. Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Т. 2. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2015, с. 163—165.

**Шишкин Б.Б., Берилко Г.А., Соболев П.Н., Старосельцев В.С., Страхов А.Н.** Строение и перспективы нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010, № 4, с. 26—40.

**Ян-Жин-Шин В.А.** Тектоника Сетте-Дабанского горст-антиклинория. Якутск, Якут. кн. изд-во, 1983, 155 с.

*Поступила в редакцию  
28 июля 2016 г.*