



Актуализация перспектив нефтегазоносности пермских отложений зоны сочленения Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы

М. М. Тахватулин

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики
и минерального сырья (АО СНИИГГиМС), Новосибирск, Россия
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
m.takhvatulin@g.nsu.ru

За последние двадцать лет в пределах зоны сочленения Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы были проведены геолого-разведочные работы в значительных объемах, в том числе сейсморазведочные работы. Интерес к этой территории проявляют и компании-недропользователи, которые приобретают лицензии на поиск и разведку месторождений углеводородов. Данная зона расположена в центральной части Республики Саха (Якутия). Объектом исследования являются терригенные отложения пермской системы. С ними связаны основные перспективы нефтегазоносности данной территории. В пределах Вилюйской синеклизы имеются залежи углеводородов в пермских отложениях, которые обеспечивают газом центральные районы Якутии. В связи с этим необходимо актуализировать с учетом новых данных перспективы нефтегазоносности пермских отложений данного района. За основу исследования были взяты материалы сейсморазведочных работ и скважин глубокого бурения. Также проведен анализ опубликованных ранее литературных данных, посвященных геологическому строению пород перми данной территории. При интерпретации сейсмических и скважинных данных получены структурные поверхности, характеризующие отложения, а также триасовые и юрские отложения. С помощью карт толщин определены области распространения пород. Помимо этого были выделены и протрассированы разрывные нарушения. С использованием структурных карт, карт толщин, разрывных нарушений и скважинных данных были выделены нефтегазоперспективные зоны и объекты. Перспективные зоны связаны с сокращением толщин пермских отложений и выделяются вблизи линии выклинивания. К перспективным объектам относятся положительные структуры, вероятно ограниченные разрывными нарушениями.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Вилюйская синеклиза, Алданская антеклиза, пермские отложения, тарагайская толща, сейсмическая интерпретация, перспективы нефтегазоносности

Update of oil and gas potential of Permian deposits in the junction zone of Vilyui syncline and the Aldan antecline

M. M. Takhvatulin

Siberian scientific research institute of geology, geophysics and mineral raw material, Novosibirsk, Russia
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Over the past two decades, significant geological exploration work, including seismic exploration, has been carried out within the junction zone of the Vilyui syncline and the Aldan antecline. In addition, oil and gas companies are also interested in this territory, acquiring licenses for the search and exploration for hydrocarbon deposits. The object of the study is the terrigenous deposits of the Permian system. The main oil and gas potential of this territory is associated with these Permian deposits. Within the Vilyui syncline, there are gas fields in the Permian deposits, which provide gas to the central regions of Yakutia. Thus, it is necessary to update the oil and gas potential of the area. The study was based on seismic exploration data, deep well data, including well logging curves, core descriptions, and Permian sediment test results. Previously published literature on the geological structure of Permian rocks was also analyzed. Our seismic interpretation and analysis of well data resulted in structural surfaces. The structural surfaces characterize Permian, Triassic and Jurassic sediments. The thickness maps have been used to determine the distribution areas of Permian deposits, Triassic and Jurassic fluid-sealing rocks. Using structural maps, thickness maps, faults and well data, the most oil and gas promising zones and objects of Permian deposits were identified. The promising zones are associated with a reduction in the thickness of Permian deposits, and identified near the wedge line. The fault-limited positive structures are promising objects.

Keywords: Siberian platform, Vilyui syncline, Aldan antecline, Permian deposits, taragay formation, seismic surveys, oil and gas potential

Введение

Географически район исследования расположен в центральной части Республики Саха (Якутия), в междуречье Вилюя и Лены (рис. 1).

Наиболее исследованной с точки зрения нефтегазоносности является юго-западная часть Якутии, где в пределах Непско-Ботубинской антеклизы открыто несколько крупных месторождений в отложениях вендского и венд-кембрийского нефтегазоносных комплексов.

Восточнее промышленные месторождения газа и газоконденсата находятся в контуре Вилюйской нефтегазоносной области. Она относится к надпорядковой отрицательной структуре — Вилюйской синеклизе, располагающейся на восточной окраине Сибирской платформы. Подавляющее большинство месторождений входят в состав крупной положительной структуры — Хапчагайского мегавала, который расположен в центральной части синеклизы, севернее исследуемой территории.

Для цитирования: Тахватулин М. М. Актуализация перспектив нефтегазоносности пермских отложений зоны сочленения Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы // Вестник геонаук. 2025. 3(363). С. 11–24. DOI: 10.19110/geov.2025.3.2

For citation: Takhvatulin M. M. Update of oil and gas potential of Permian deposits in the junction zone of Vilyui syncline and the Aldan antecline. Vestnik of Geosciences, 2025, 3(363), pp. 11–24, DOI: 10.19110/geov.2025.3.2

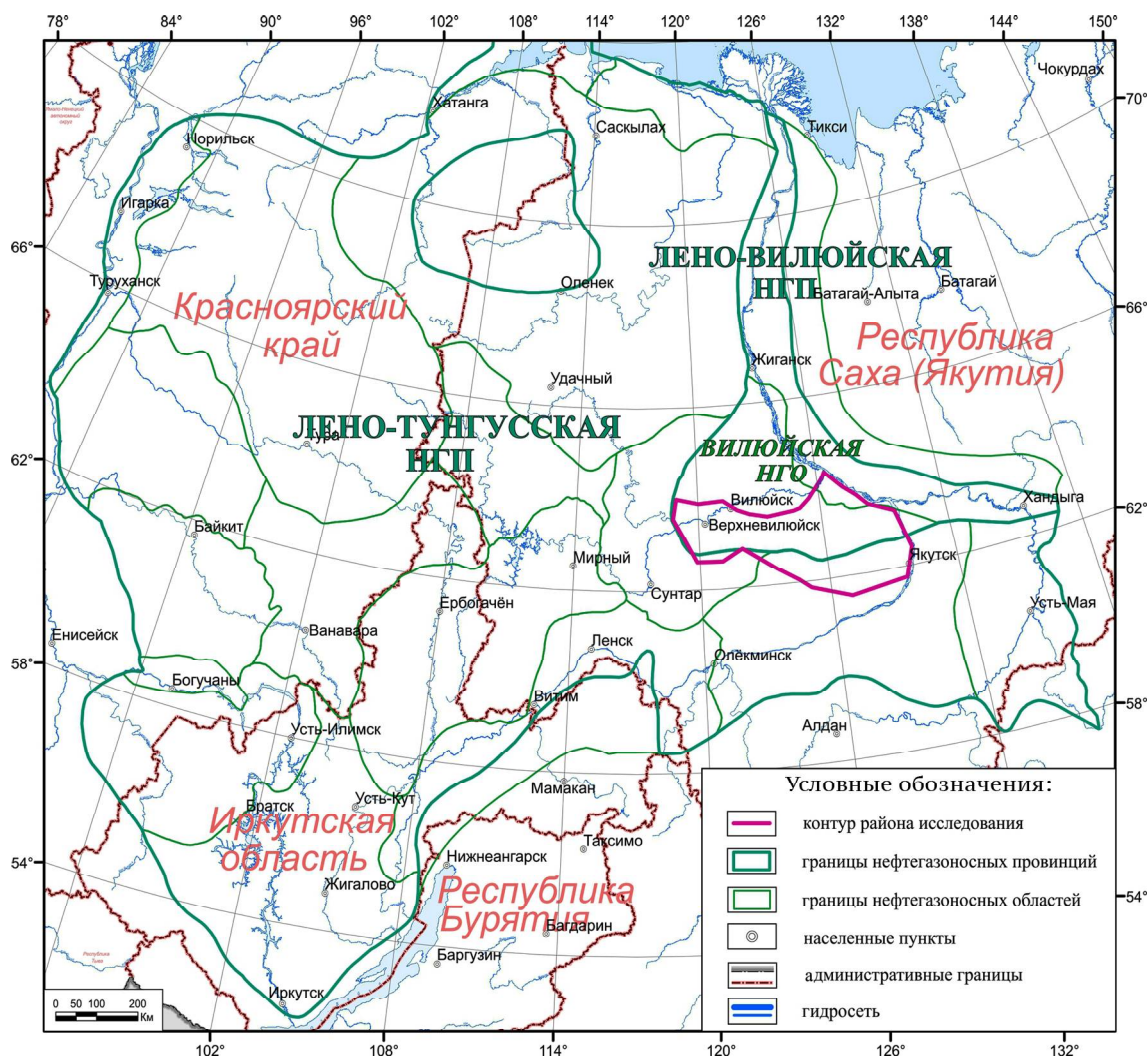


Рис. 1. Обзорная карта и расположение района исследования

Fig. 1. Overview map and location of the study area

Район исследования охватывает южный борт Вилуйской синеклизы и северный склон Алданской антеклизы. В отличие от юго-западной части Сибирской платформы комплексы Вилуйской нефтегазоносной области значительно моложе и относятся к отложениям перми, триаса и нижней юры (Конторович и др., 1994).

Объектом данного исследования выступают пермские отложения. На Хапчагайском мегавале, в песчаных пластах тарагайской толщи верхней перми открыто несколько залежей газа и газоконденсата. В 60–80-е годы основной площадью геолого-разведочных работ являлись центральные районы Вилуйской синеклизы, а бортовые части были исследованы в меньшей степени. Но уже тогда существовало представление о том, что определенные перспективы нефтегазоносности пермских отложений на южном борту синеклизы могут быть связаны с зонами их выклинивания (Дорман и др., 1976). Предполагалось наличие неструктурных, литологически и стратиграфически ограниченных типов ловушек. Достоверно закартировать область выклинивания и провести оценку перспектив не позволяло низкое качество и недостаточность материалов сейсморазведки в бортовых частях.

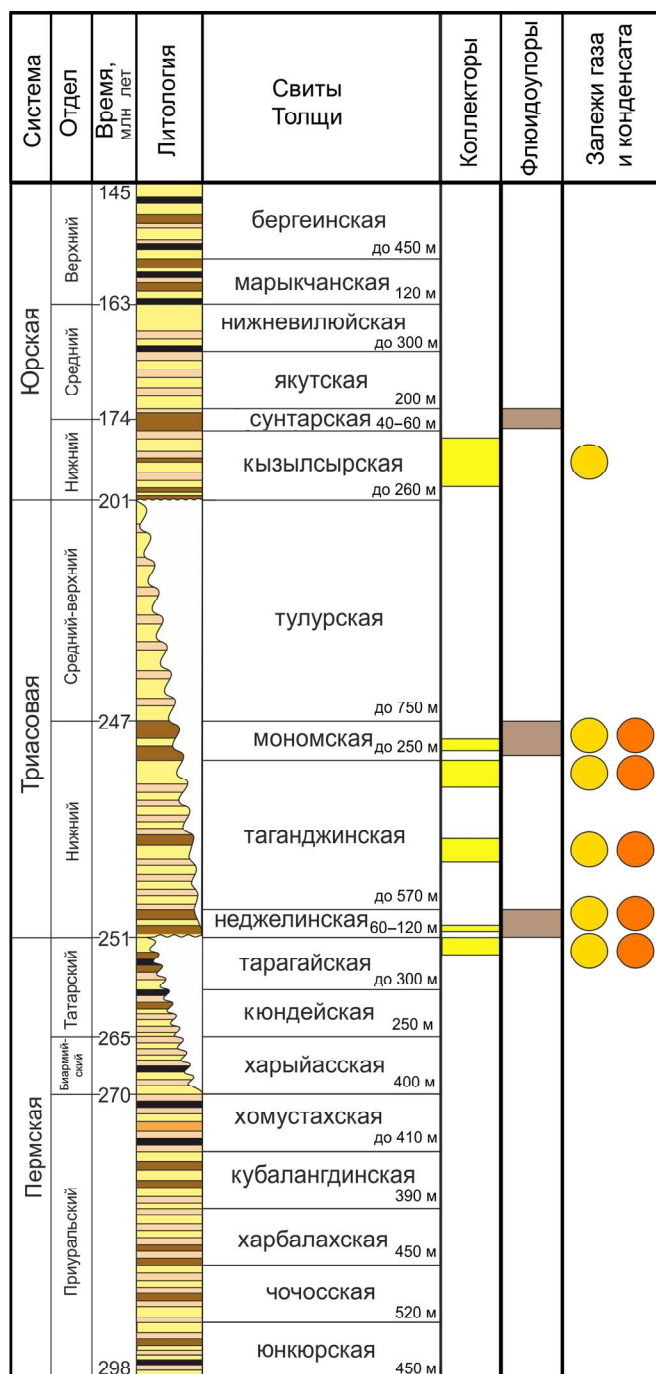
За последние два десятилетия проведены значительные геолого-геофизические исследования южной части Вилуйской синеклизы, основную роль в кото-

рых занимает сейсморазведка 2D. Полученные сейсмические материалы большей кратности дают возможность значительно детализировать геологическое строение бортовых зон и за счёт этого актуализировать перспективы нефтегазоносности пермских отложений. На фоне повышающегося интереса нефтегазовых компаний к ранее не до конца освоенным территориям, в том числе и к Вилуйской нефтегазоносной области, определение наиболее перспективных для лицензирования зон и направлений дальнейших, более детальных исследований является важной задачей региональной нефтегазовой геологии.

Геологическое строение пермских отложений Вилуйской синеклизы

Стратиграфия, обстановки осадконакопления и нефтегазоносность отложений верхней перми

Стратиграфия пермских отложений Вилуйской синеклизы долгое время оставалась слабоизученной. Пробуренная в 70-е годы прошлого века глубокая скважина «Средневилуйская-27» вскрыла отложения мела, юры, триаса и наиболее полный разрез перми. По результатам изучения керны и данных геофизических исследований скважины (ГИС) разрез перми был расчленен на стратиграфические толщи (Граусман, Мейен,



Условные обозначения:



Рис. 2. Литостратиграфическая схема пермских, триасовых и нижнеюрских отложений южной части Вилуйской синеклизы

Fig. 2. Lithostratigraphic scheme of the Permian, Triassic and Jurassic deposits of the Vilyui syncline southern part

Согласно реконструкциям, накопление большей части тарагайской толщи связано с водными потоками разных масштабов. Потоки могли формировать дельтовую систему, в пределах которой накапливались мелководно-морские песчаники (Будников, Девятков, 2007).

Тарагайская толща совместно с неджелинской свитой нижнего триаса формирует единый верхнепермско-триасовый нефтегазоносный комплекс. Песчаные пласты тарагайской толщи выступают коллектором для углеводородов, в то время как неджелинская свита, состоящая преимущественно из аргиллитов и их переслаивания с алевролитами, является флюидоупором. В разрезе неджелинской свиты встречаются линзы песчаников, к которым приурочены залежи газа и газоконденсата на антиклинальных поднятиях Хапчагайского мегавала. Несмотря на это, её экранирующие свойства весьма высоки, в том числе за счёт содержания вулканокластического материала. Толщина неджелинской свиты достигает 80–100 м (Конторович и др., 1981; Федорович, Космачева, 2023).

Неджелинская свита распространена не на всей исследуемой территории, поэтому важным фактором прогноза является наличие выше по разрезу других флюидоупоров, которые могли бы экранировать проницаемые пласты перми.

Над неджелинской свитой располагается таганджинская свита. Она состоит из переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов, при этом в ее разрезе присутствуют пачки аргиллитов и алевроаргиллитов толщиной до 30 м, которые выступают локальными флюидоупорами для нижезалегающих песчаных пластов. Подобная картина наблюдается на Толонском и Бадаранском месторождениях (Соколов и др., 1986). Еще выше по разрезу располагается мономская свита нижнего триаса, имеющая схожее с неджелинской свитой строение и сложенная аргиллитами с большой примесью вулканокластиков. При этом в ней также встречаются линзы песчаников, к которым приурочены залежи газа и конденсата (рис. 2).

Толщины триасовых отложений сокращаются вплоть до полного выклинивания в направлении бортов Вилуйской синеклизы (Казаков, 1989; Казаков и др., 2002).

1987). Большая часть скважин, расположенных в пределах района исследования, вскрывает только верхнюю часть разреза пермских отложений, представленных тарагайской толщей. Она сложена переслаиванием пластов песчаников, угля, алевролитов и аргиллитов (в порядке убывания толщин), общая толщина достигает 350 м. По результатам современных исследований тарагайская толща относится к татарскому ярусу пермской системы (Кутыгин, 2018). В южном направлении тарагайская толща замещается тогойдохской (Граусман, Мейен, 1987), которая состоит из крупнозернистых песчаников с прослоями алевролитов, аргиллитов и углей. Ее толщина достигает 200 м.

В пределах Вилуйской синеклизы отложения основания тарагайской и подстилающей её кюндейской толщ накапливались в условиях низменных равнин, которые временами заливались морем (Кутыгин, 2018).

Наиболее распространенным региональным флюидопором в пределах восточной окраины Сибирской платформы является сунтарская свита нижней юры. Она сложена аргиллитами толщиной до 60 м, образованными в конце раннеюрской трансгрессии моря. За счет однородного глинистого состава она обладает чрезвычайно надежными экранирующими свойствами (Князев, 1991). В южной части исследуемой территории, по данным бурения, на пермские отложения в зоне отсутствия пород триаса ложится с несогласием кызылсырская свита нижней юры. В её подошве выделяется одна или две пачки аргиллитов толщиной от 8 до 20 метров, что при определенных условиях позволяет рассматривать ее в качестве локального флюидопора для отложений тарагайской толщи перми.

Основной нефтегазопроизводящей толщей на территории Вилуйской синеклизы являются пермские отложения, находящиеся в разрезе ниже тарагайской толщи (Фролов и др., 2019; Федорович, Космачева, 2023). Пласты, содержащие органическое вещество смешанного и континентального типов, в результате катагенетических преобразований в основном продуцируют газ и газоконденсат. При этом нефтяные углеводороды образуются в небольших объемах и, вероятно, рассеиваются в проницаемых песчаниках пермских отложений. Также толщами, которые могут генерировать преимущественно жидкие углеводороды, служат куонамская свита раннего-среднего кембрия и ее стратиграфический аналог в восточной части — иниканская свита (Стратиграфия..., 2016; Масленников и др., 2021). Однако прямых доказательств наличия в породах перми нефти, источником которой является органическое вещество кембрийских отложений, на данный момент нет.

В зоне сочленения Вилуйской синеклизы и Алданской антеклизы областями, где нефтегазоматеринские породы перми могли достигнуть необходимых степеней катагенетической преобразованности, являются Южно-Хапчагайский прогиб и Лунгхинско-Келинский мегапрогиб. Именно из этих погруженных частей могла происходить миграция углеводородов (Федорович, Космачева, 2023).

Тектоника

В тектоническом плане район исследования охватывает юго-западный и южный борта Вилуйской синеклизы, а также северный склон Алданской антеклизы. Большая часть территории представляет собой моноклиналь с падением слоев в северном, восточном и северо-восточном направлениях. Моноклиналь осложняется несколькими положительными незамкнутыми структурными мысами. На севере, в западной и восточной частях расположены две крупные отрицательные структуры. На западе это Южно-Хапчагайский прогиб, располагающийся вблизи Хапчагайского мегавала, на востоке — Лунгхинско-Келинский мегапрогиб, охватывающий более обширную территорию (рис. 3) (Конторович и др., 1981; Тектоническая..., 2018).

Западнее территории исследования расположено так называемая триада Западно-Вилуйских структур: Ыгыаттинская впадина, Сунтарский свод и Кемпендяйская впадина. Как установлено исследованиями прошлых лет, они сформировались в результате

позднедевонского рифтогенеза (Соколов и др., 1986; Гайдук, 1988). Процессы рифтогенеза повлекли за собой образование сети разрывных нарушений северо-восточного простирания и формирование сингенетичных интрузивных комплексов позднедевонского возраста. Предполагается, что «триада» Западно-Вилуйских структур, а также сопутствующие магматические комплексы и разрывные нарушения продолжают под пермско-мезозойским чехлом в западной части Вилуйской синеклизы, постепенно затухая.

Фактический материал и методы исследования

Основой для исследования послужили материалы 101 скважины глубокого бурения, в том числе данные радиоактивного и электрического каротажа, результаты испытаний, описание керна и материалы сейсморазведочных работ 2D в объеме 8300 погонных километров (рис. 4).

На первом этапе с использованием данных ГИС и стратиграфических разбивок, вскрытых скважинами разрезов (Граусман, Мейен, 1987; Граусман, 1994¹), выполнялась межскважинная корреляция. При этом особое внимание уделялось определению и прослеживанию кровли и подошвы пермских отложений, что осложнялось наличием разномасштабной денудации перекрывающих триасовых отложений. Дополнительным критерием для корреляции пермских отложений служило наличие угольных пластов, которые на разрезе характеризуются резким падением показаний радиоактивного и нейтронного каротажа. Подошва пермских пород вскрыта единичными скважинами, в которых она, как правило, залегает на низкорadioактивных палеозойских отложениях, чаще всего карбонатных кембрийских.

На втором этапе с использованием данных акустического каротажа и вертикального сейсмопрофилирования была проведена увязка стратиграфических границ в скважинах с основными отражающими горизонтами (ОГ) на сейсмических разрезах. Ниже приведена их индексация и стратиграфический уровень ОГ:

- U — кровля юрских отложений;
- U₂ — кровля сунтарской свиты нижнего отдела юрской системы;
- UT — кровля триасовых отложений;
- TP — кровля пермских отложений;
- P_{bot} — подошва пермских отложений. В южной части исследуемой территории ОГ приурочен к поверхности несогласия кембрийских и пермских отложений, в западной части — к границе пермских и девонских (или каменноугольных) отложений;
- F — поверхность акустического фундамента.

Отражающие горизонты были прослежены на всей территории исследования. Наибольший интерес с точки зрения строения пермского комплекса представляют поверхности P_{bot} и TP. С горизонтом TP (с поправкой на исходное качество данных) проблем при корре-

¹ Граусман В. В. Стратиграфия верхнего докембрия и фанерозоя перспективных на нефть и газ территорий Западной Якутии: Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1994. 38 с.

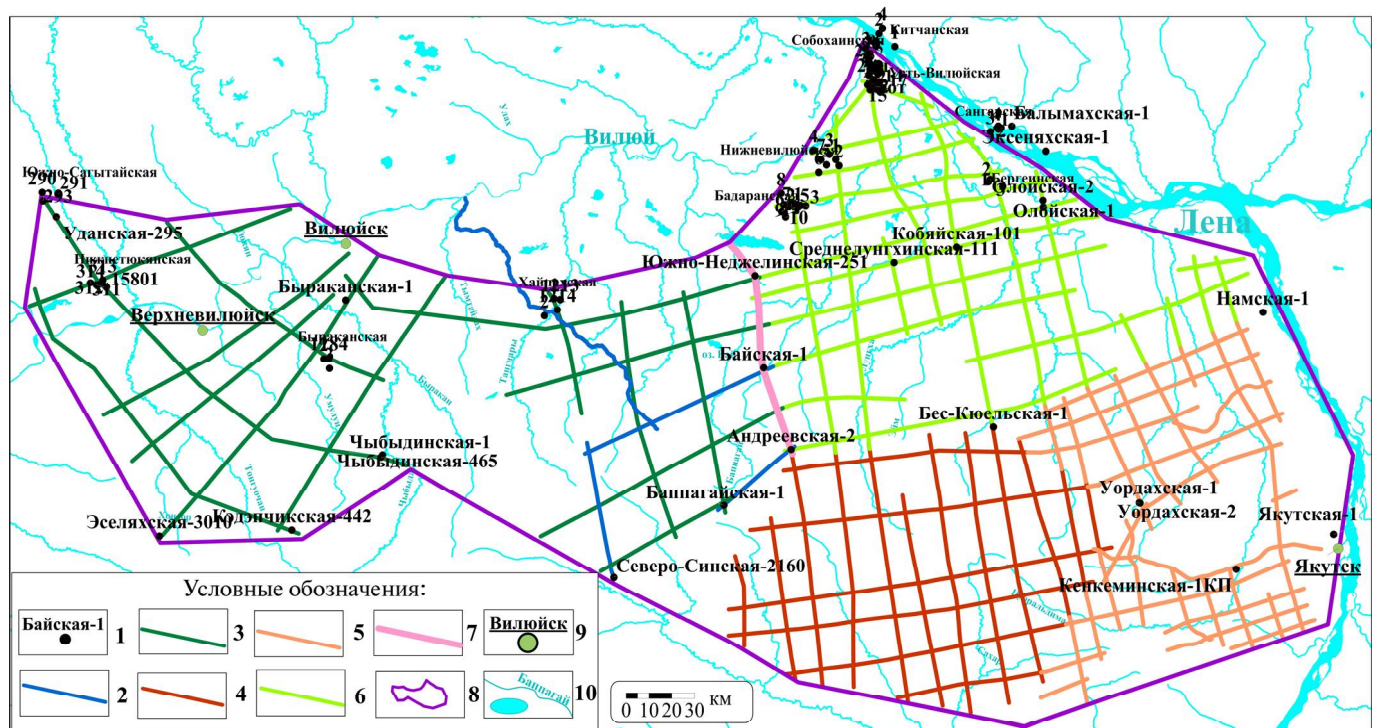


Рис. 4. Схема расположения скважин и сейсмических профилей: 1 — скважины; 2–7 — сейсмические профили: 2 — 2013 года съемки; 3 — 2016 г. (Южно-Вилуйская площадь), 4 — 2016 г. (Синская площадь), 5 — 2017 г.; 6 — 2019 г.; 7 — 130202_2а; 8 — контур района исследования; 9 — населенные пункты; 10 — реки и озера

Fig. 4. Layout of wells and seismic surveys: 1 — wells; 2–7 — seismic surveys: 2 — 2013; 3 — 2016 (Yuzhno-Vilyuiskaya area); 4 — 2016 (Sinskaya area); 5 — 2017; 6 — 2019; 7 — 130202_2a; 8 — the outline of the study area; 9 — populated areas; 10 — rivers and lakes

ляции на сейсмических разрезах не возникает. Горизонт P_{bot} хорошо прослеживается на большей части сейсмических разрезов, так как достаточно ярко выражен в сейсмическом поле. Однако в северной части района исследования, где подошва перми скважинами не вскрыта, его стратиграфическое положение становится неоднозначным. По-видимому, в интервал между ОГТР и P_{bot} здесь могут входить и каменноугольные отложения, распространение которых фиксируется на Хапчагайском мегавале (Граусман, Мейен, 1987).

На сейсмических разрезах также выделены разрывные нарушения. Признаками для их выделения служило нарушение выдержанности отражений и изменение динамических характеристик отражений. По площади разрывные нарушения трассировались с учетом региональных геологических трендов.

На следующем этапе были построены сеточные модели карт изохрон по основным отражающим поверхностям, а затем (с учетом распределения интервальных скоростей) — структурные карты соответствующих стратиграфических поверхностей в абсолютных глубинах, а также карты толщин сейсмостратиграфических комплексов.

На завершающем этапе с использованием полученных в ходе выполненного исследования данных, а также опубликованных ранее материалов (Ситников и др., 2017; Фролов и др., 2019; Губин, 2020; Черданцев, Жарков, 2021; Федорович, Космачева, 2023) были выделены перспективные объекты, относящиеся к перспективным структурам, и закартированы наиболее перспективные зоны, связанные с выклиниванием пермских отложений на южном борту Вилуйской синеклизы.

Результаты и обсуждение

Структурно-тектоническая характеристика пермских отложений

По результатам проведенной межскважинной корреляции и интерпретации сейсмических материалов был подтвержден региональный характер выклинивания пермских отложений в южном и юго-западном направлении, что можно видеть на одной из схем (рис. 5).

Перекрывающие их на большей части территории триасовые отложения выклиниваются севернее, ближе к центральной части синеклизы. На территориях, где триасовые отложения отсутствуют, пермские отложения перекрыты юрскими породами, при этом в подошве юрских отложений выделяется ранее упомянутая пачка аргиллитов.

Что касается литологического состава верхних частей пермских отложений, то в скважине «Баппагайская-1» при весьма незначительных толщинах большая часть разреза тарагайской толщи сложена песчаными пластами с пропластками алевролитов, что определяется по показаниям каротажа. Сходная картина наблюдается и в скважине «Андреевская-2», расположенной севернее, где толщина пермских пород составляет около 280 м, при этом в средней части выделяется пласт песчаника толщиной около 50 м. Выше него пласты коллатора имеют меньшую толщину, что вкуче с более дифференцированным характером кривой может указывать на образование здесь песчаных линз. Данный факт положительно влияет на возможность формирования ловушек углеводородов неструктурного типа.

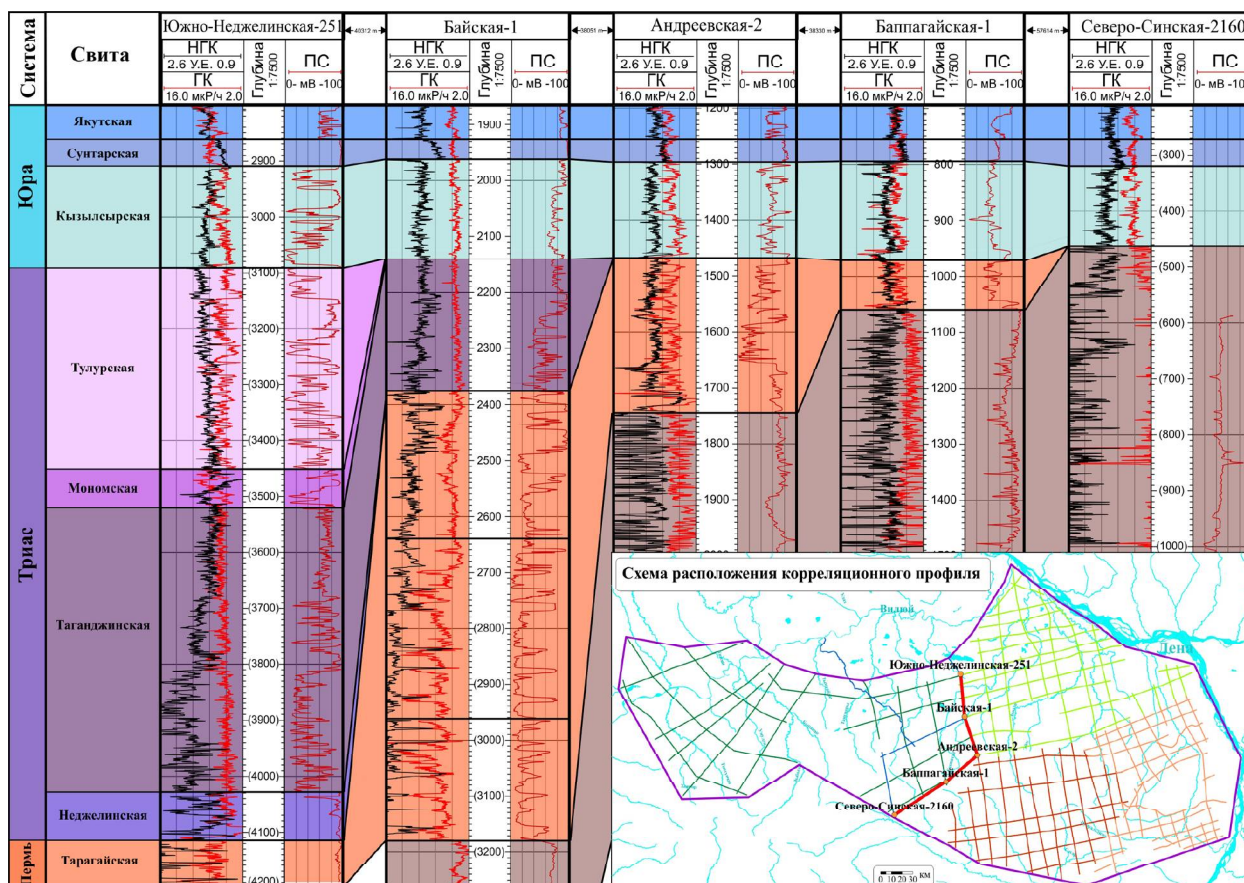


Рис. 5. Схема межскважинной корреляции пермских, триасовых и юрских отложений по линии скважин «Южно-Недзелинская-251» — «Байская-1» — «Андреевская-2» — «Баппагайская-1» — «Северо-Синская-2160»

Fig. 5. Scheme of interwell correlation of Permian, Triassic and Jurassic deposits along the line of wells Yuzhno-Nedzhelinskaya-251 — Bayskaya-1 — Andreevskaya-2 — Bappagayskaya-1 — Severo-Sinskaya-2160

Выклинивание пермских и триасовых отложений подтверждается и на сейсмических разрезах (рис. 6).

При небольшом количестве материалов бурения на южном борту Вилуйской синеклизы именно анализ данных сейсморазведки позволяет закартировать зоны предполагаемого выклинивания пермских отложений и определить тип перекрывающих их комплексов.

Характер распределения толщины и границы выклинивания пермских отложений представлены на карте (рис. 7).

Кроме этого, структурные построения, выполненные по сейсмическим данным, позволили оконтурить область распространения триасовых отложений, которые также выклиниваются на данной территории. Юрские комплексы, как установлено в ходе проведенных исследований, распространены на южном борту повсеместно.

Дизъюнктивные нарушения, прослеженные в пределах района исследования, имеют различное простирание в зависимости от территориальной приуроченности. В западной части разрывные нарушения имеют северо-восточное простирание. Здесь разломы, секущие пермский и мезозойский комплексы отложений, расположены над разломами более древнего заложения, которые были образованы в ходе процессов позднедевонского рифтогенеза. Смещение по таким разломам отчетливо проявляется ниже поверхности подошвы перми, в то время как вверх по разрезу оно становится менее заметно. Наиболее вероятно, это свя-

зано с унаследованностью — движение по древним (позднедевонским) разломам возобновлялось на границе юры и мела при формировании Верхоянского складчатого пояса на востоке.

В центральной и южной частях территории исследования простирание разрывных нарушений постепенно меняется на субширотное. Значительные вертикальные смещения здесь практически не наблюдаются, а разрывные нарушения приобретают сдвиговый характер. Вблизи поверхности кровли юрских отложений разломы становятся менее выраженными. С учетом их затухания в интервале верхней юры данные разрывные нарушения, вероятнее всего, образовались в начале мела при погружении, под влиянием формирования Предверхоянского прогиба.

Простирание дизъюнктивных нарушений становится более хаотичным в северо-восточной части. Здесь они оконтуривают основные структурные элементы, в частности Лунгхинско-Келинский мегапрогиб и положительные структуры, расположенные как по периферии прогиба, так и внутри него (рис. 8). По всей видимости, их генезис обусловлен динамическим влиянием Верхоянского складчатого пояса.

Таким образом, на западном и северном участках района исследования разрывные нарушения участвуют в формировании положительных структур пермско-мезозойского интервала осадочного чехла. Время образования пликтивных структур и дизъюнктивных нарушений относится к поздней юре и раннему мелу.

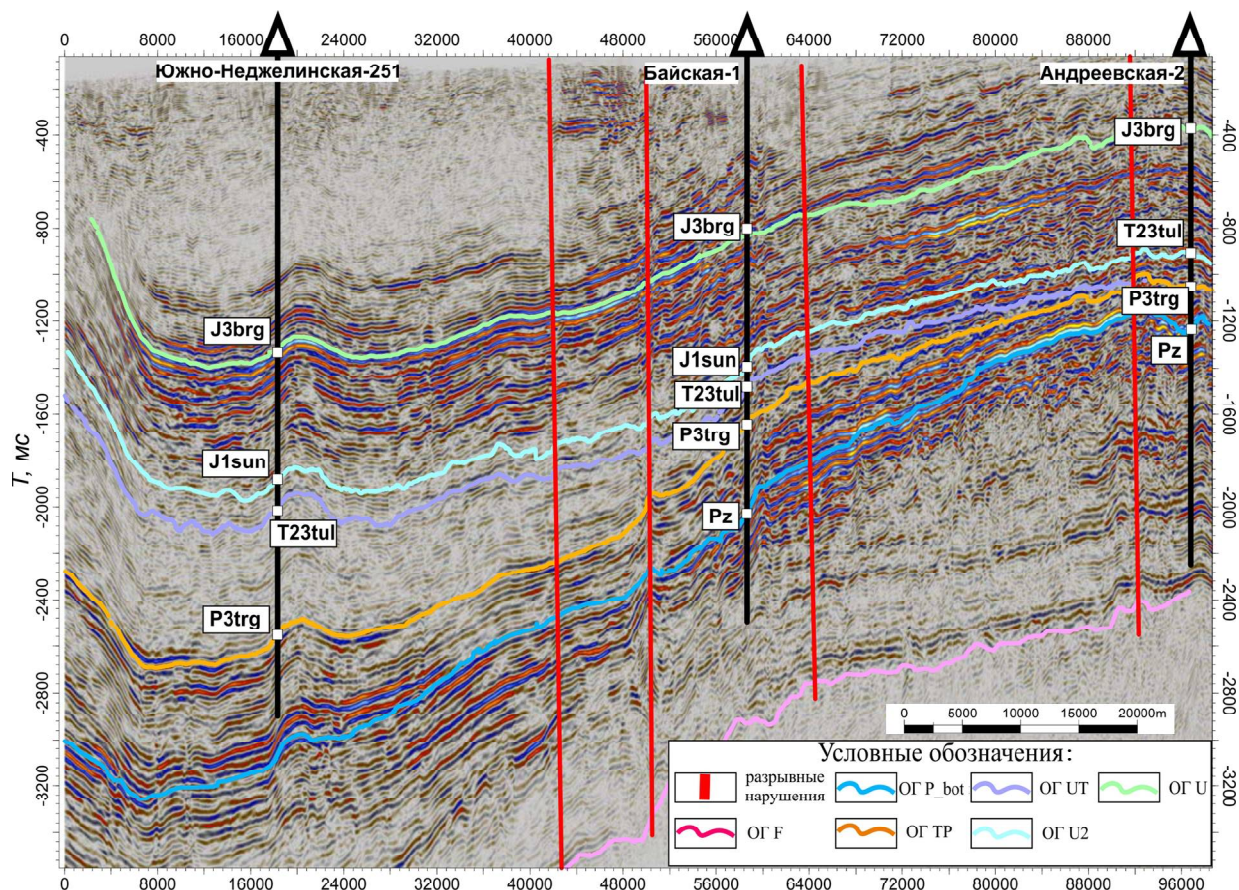


Рис. 6. Сейсмический временной разрез 130202_2a (положение профиля см. на рис. 4); кровли: J3brg — бергейнской свиты юры; J1sun — сунтарской свиты юры; T23tul — триасовых отложений; P3trg — тарагайской толщи перми; Pz — допермских палеозойских отложений

Fig. 6. Seismic time section 130202_2a (seismic survey position is on Fig. 4); tops of: J3brg — the Bergeyin formation of the Jurassic; J1sun — the Suntarskaya formation the Jurassic; T23tul — the Triassic deposits; P3trg — the Taragay formation of the Permian; Pz — the pre-Permian Paleozoic deposits

Образованные поднятия могут выступать как углеводородные ловушки. Разломы, осложняющие поднятия, в зависимости от того, проникаемые они или непроницаемые, могут служить либо путями миграции для углеводородов, либо экранами для залежей. Имеющиеся к настоящему времени данные не позволяют достоверно определить роль дизъюнктивных нарушений. Для однозначного определения отрицательного или положительного их влияния на залежи необходимы более детальные исследования, в частности сейсморазведочные работы по более плотной сети профилей или модификации 3D.

Перспективы нефтегазоносности пермских отложений

Помимо выделения и локализации зон выклинивания потенциальных пермских коллекторов для оценки перспектив пермских отложений на данной территории важным фактором является распространение перекрывающих их флюидоупоров. Выполненные структурные построения позволяют достаточно надежно выделить зоны с различными их типами. Схема флюидоупоров для пермских отложений в пределах района исследования показана на рис. 9.

Как уже было сказано, во внутренних районах Вилуйской синеклизы пермские отложения перекры-

ваются неджелинской свитой нижнего триаса, высокие экранирующие характеристики которой обусловлены значительной ролью аргиллитов в составе и примесью вулканогенного материала. Толщина свиты на месторождениях Хапчагайского мегавала составляет в среднем 60—70 м. Непосредственно в районе исследования неджелинская свита распространена на меньшей площади среди всех свит триаса, в основном в северной его части. Ее согласно перекрывает таганджинская свита нижнего триаса. В южных частях бортовой зоны разрез таганджинской свиты обогащен вулканогенным материалом (Казаков, 1989), что может положительно сказаться на ее экранирующих свойствах. По данным ГИС, вблизи выклинивания отложений триаса в разрезе таганджинской свиты выделяются несколько пачек аргиллитов суммарной толщиной до 60 м. Они могут выступать локальными флюидоупорами для выклинивающихся песчаных пластов перми. Выше таганджинской свиты в разрезе располагается мономская свита триаса, также состоящая из аргиллитов с прослоями туфоалевролитов, туфопесчаников.

В самых южных районах распространения пермские коллекторы перекрываются юрскими отложениями. В основании кызылсырской свиты нижней юры выделяются пачки аргиллитов, которые могут выступать флюидоупорами для выклинивающихся

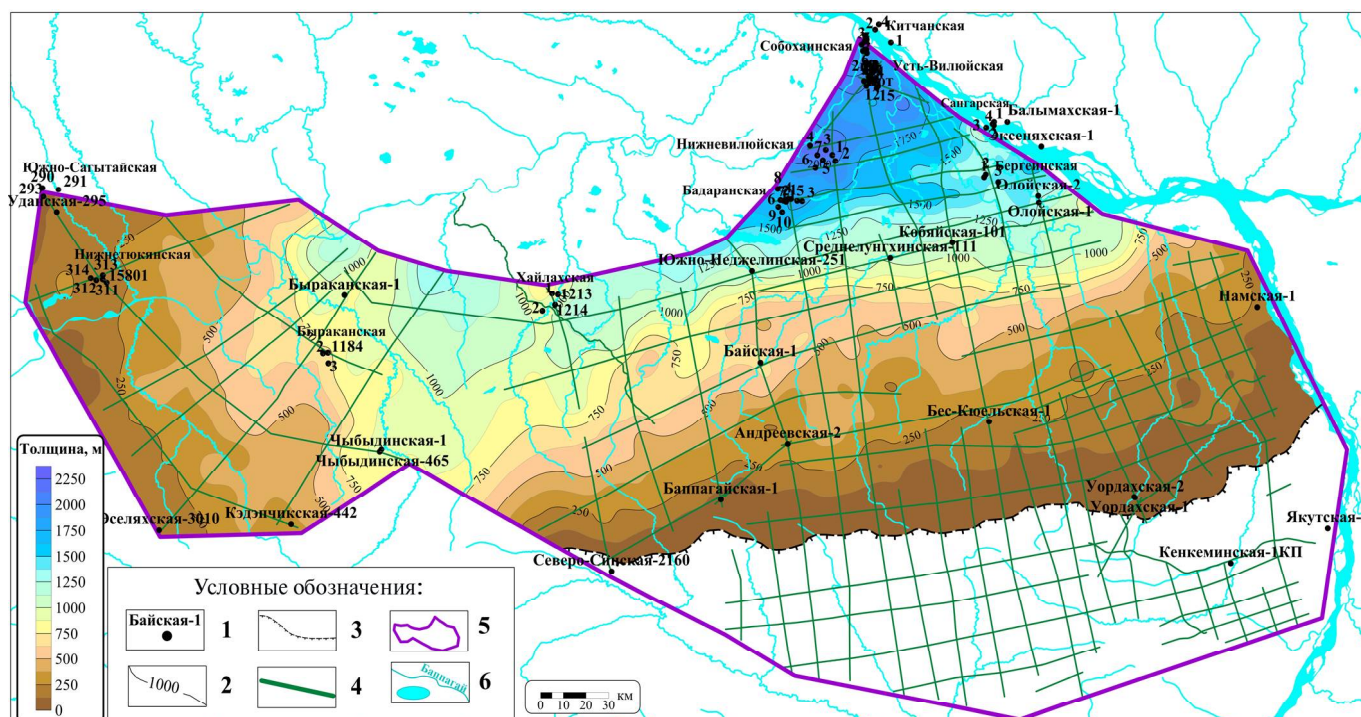


Рис. 7. Карта толщин пермских отложений: 1 — скважины; 2 — изопахиты пермских отложений; 3 — линия выклинивания пермских отложений; 4 — сейсмические профили; 5 — контур района исследования; 6 — реки и озера

Fig. 7. Thickness map of Permian deposits: 1 — wells; 2 — isopachs of the Permian deposits; 3 — wedging line of Permian deposits; 4 — seismic surveys; 5 — study area contour; 6 — rivers and lakes

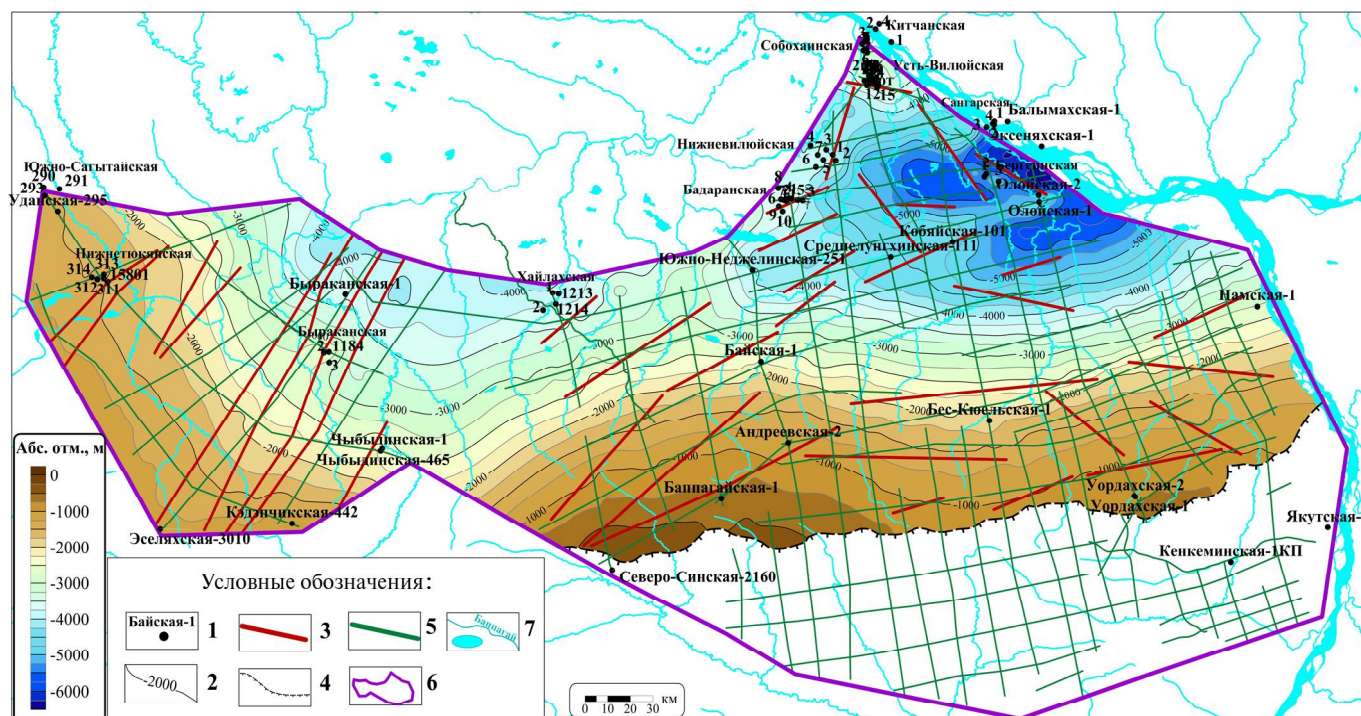


Рис. 8. Структурная карта по кровле пермских отложений: 1 — скважины; 2 — изоhipsсы кровли пермских отложений; 3 — линия выклинивания пермских отложений; 4 — разрывные нарушения; 5 — сейсмические профили; 6 — контур района исследования; 7 — реки и озера

Fig. 8. Structural map of the Permian deposits top: 1 — wells; 2 — isohypses; 3 — wedging line of Permian deposits; 4 — dislocations; 5 — seismic surveys; 6 — study area contour; 7 — rivers and lakes

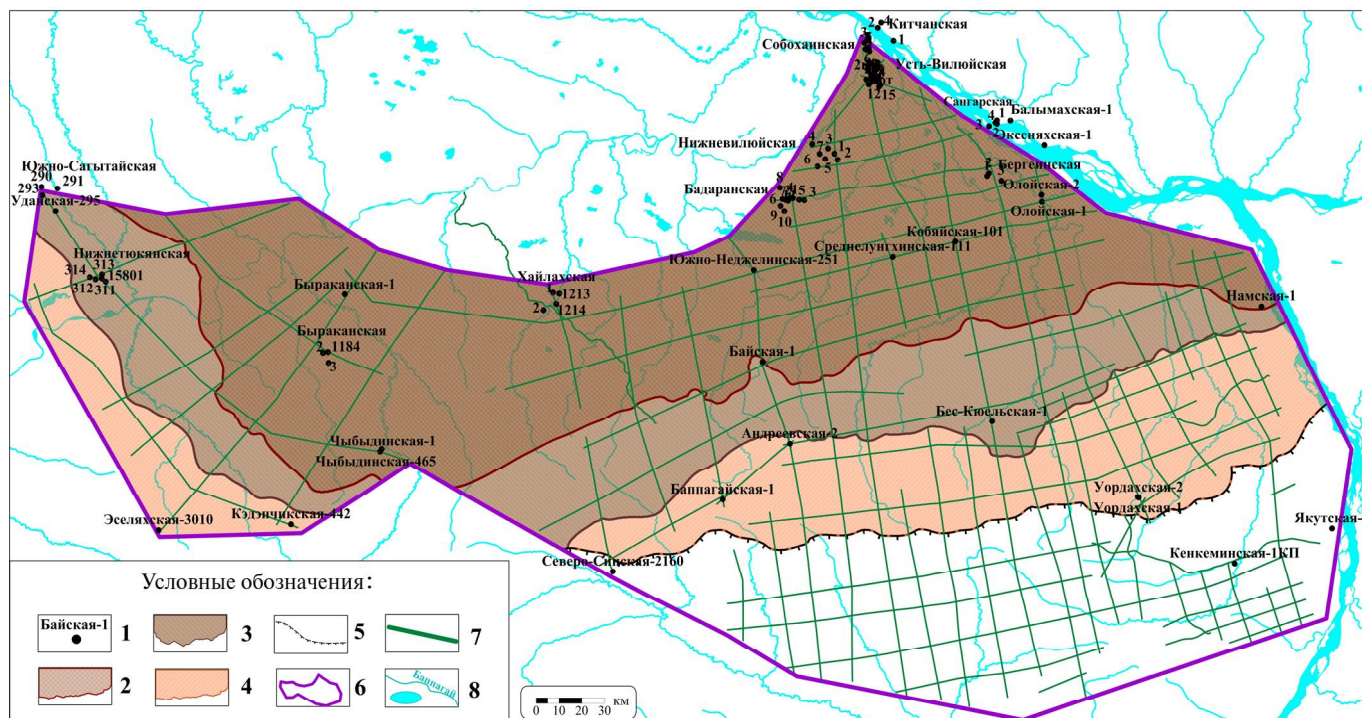


Рис. 9. Схема распространения флюидоупоров над пермскими отложениями: 1 — глубокие скважины; 2, 3 — область распространения флюидоупоров нижнего триаса: неджелинской (2), таганджинской и мономской свит (3); 4 — область распространения аргиллитов в подошве юрских отложений; 5 — линия выклинивания пермских отложений; 6 — контур района исследования; 7 — сейсмические профили; 8 — реки и озера

Fig. 9. Scheme of fluid seals distribution above Permian deposits: 1 – wells; 2, 3 – areas of Triassic fluid seals distribution: Nedzhelinskaya formation (2); Tagandzhinskaya and Monomskaya formations (3); 4 – area of distribution of argillites at the base of Jurassic deposits; 5 – line of wedging out of Permian deposits; 6 – contour of the study area; 7 – seismic surveys; 8 – rivers and lakes

песчаных пластов перми. Толщины аргиллитов варьируются от 8 до 20 метров, что достаточно для сохранности залежей с учетом плавного подъема структурного плана пермских отложений в этой части района исследования.

Южнее зоны выклинивания пермские отложения подстилают палеозойские, содержание углеводородов в которых маловероятно.

Что касается возможных типов ловушек, то по результатам интерпретации сейсмических разрезов можно выделить перспективные зоны и объекты двух типов (рис. 10).

Первый тип перспективных зон связан с участками вблизи выклинивания пермских отложений, где могут формироваться неструктурные, литологически и стратиграфически ограниченные ловушки, как и отмечалось ранее специалистами для юго-западных районов синеклизы (Черданцев и др., 2020). Пермские проницаемые песчаные пласты распространены повсеместно, при этом вблизи линии выклинивания песчаные пласты могут быть заключены между непроницаемыми глинистыми слоями пермского разреза. Кроме того, как было показано выше, проницаемые пермские породы должны перекрываться непроницаемыми триасовыми или нижнеюрскими породами. Для формирования неструктурных ловушек необходим плавный подъем структурной поверхности с небольшим градиентом. Для выделяемой вдоль линии выклинивания перспективной зоны градиент составляет около 20 метров на километр. Условным ограниче-

нием перспективной зоны на юге является изогипса 800 м, так как с учетом рельефа глубина залегания кровли перми в этом случае составляет около 1100 м. При таких малых глубинах сохранение залежей углеводородов маловероятно.

Второй тип перспективных объектов связан с положительными структурами. В западной части зоны их распространение выделено вблизи протяженных разрывных нарушений, где предполагается наличие небольших линейных положительных структур (типа валов), которые затруднительно закартировать при имеющейся плотности сейсмических профилей. В северной части подобные перспективные объекты выделяются по замкнутым изогипсам в комбинации с ограничивающими их разрывными нарушениями. Для данного типа перспективных объектов наиболее важный вопрос связан с качеством экранирующих свойств разрывных нарушений, что может быть установлено при проведении более детальных геолого-разведочных работ в их пределах.

Комплексный анализ выполненных структурных построений, выделенных систем разломов, зон распространения пермских отложений и перекрывающих их флюидупоров позволяет выделить наиболее перспективные с точки зрения нефтегазоносности зоны и объекты (рис. 11).

Необходимо отметить, что в пределах некоторых выделенных перспективных зон располагаются скважины, в которых по результатам испытаний из отложений перми были получены притоки газа и воды.

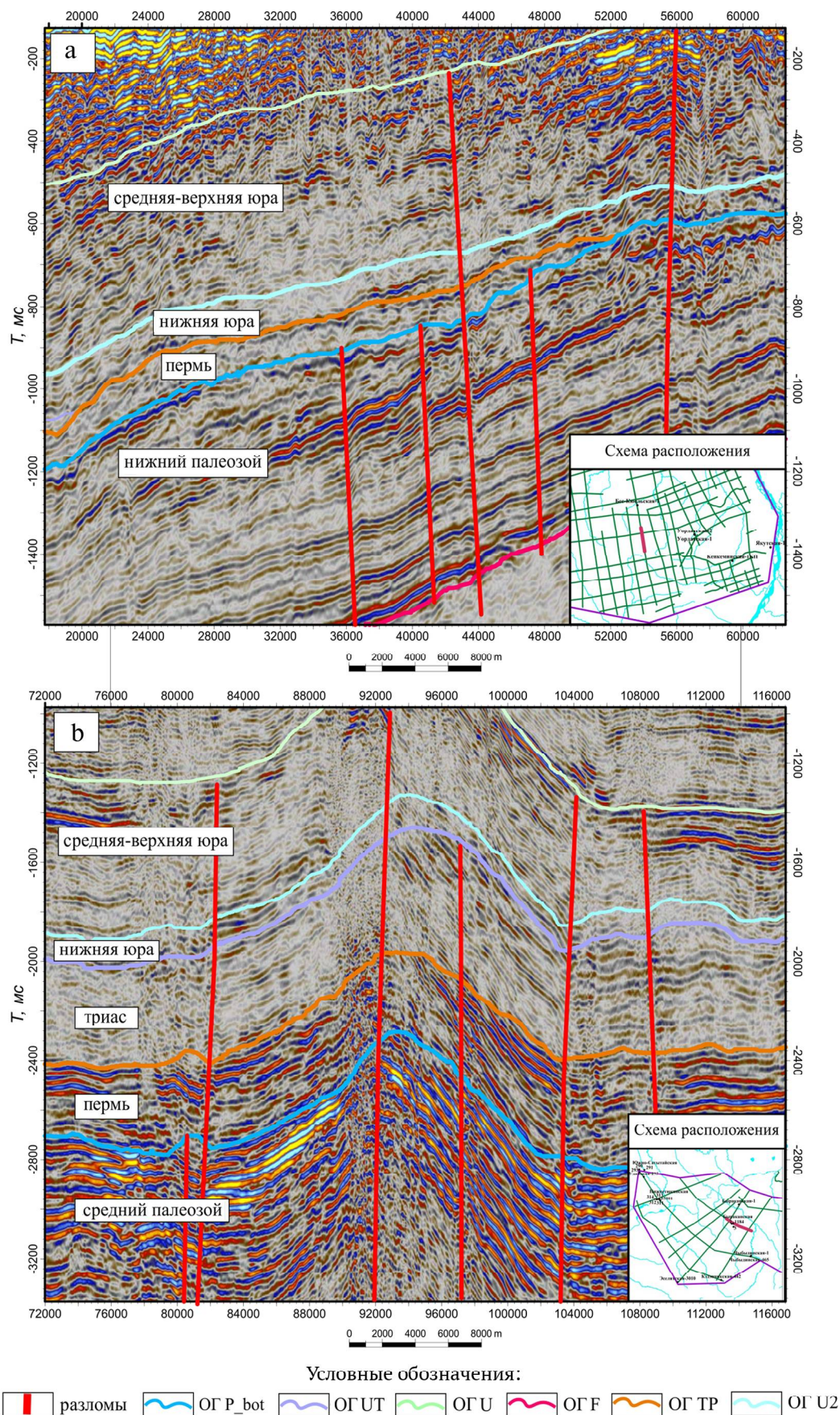


Рис. 10. Фрагменты сейсмических временных разрезов: а (160515) — с выклиниванием, б (160811) — с антиклинальной структурой, осложненной разрывными нарушениями

Fig. 10. Fragments of seismic time sections: а (160515) — with wedging of the Permian deposits, б (160811) — with an anticlinal structure complicated by faults

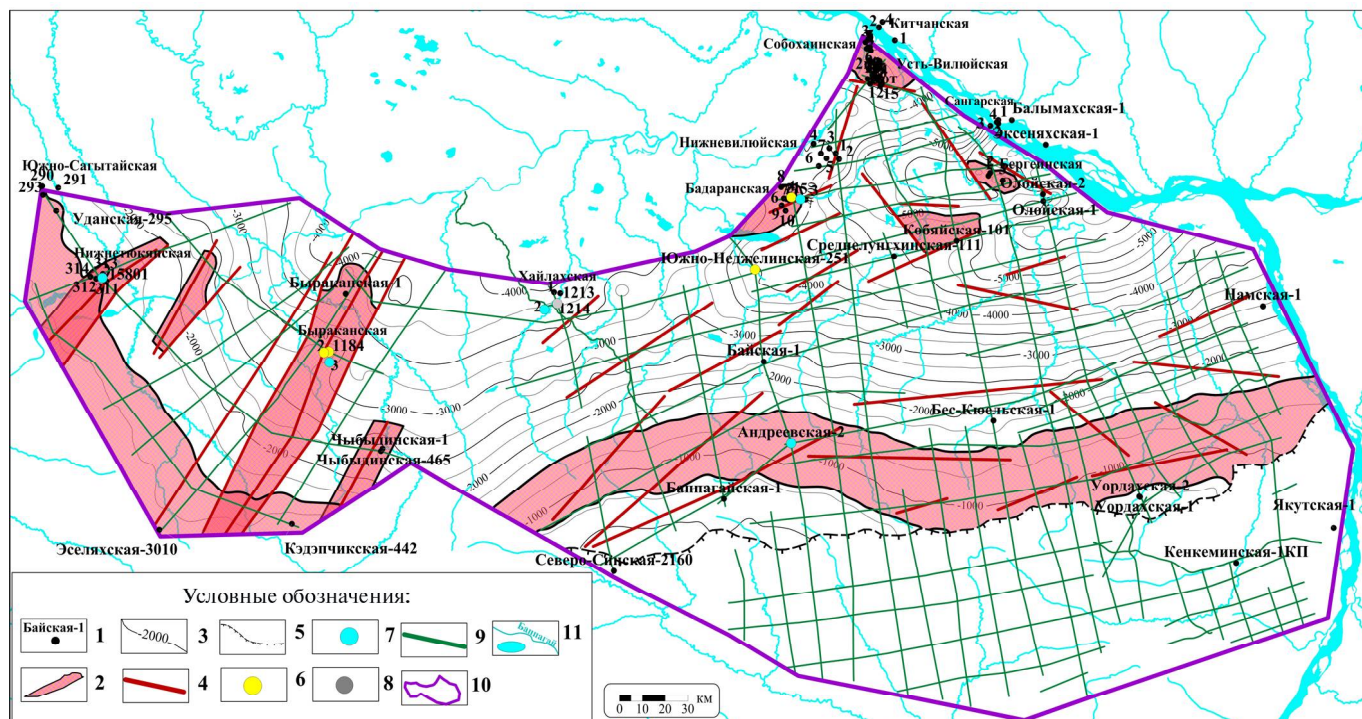


Рис. 11. Схема перспектив нефтегазоносности пермских отложений: 1 — скважины; 2 — нефтегазоперспективные зоны и объекты; 3 — изогипсы кровли пермских отложений; 4 — разрывные нарушения; 5 — линия выклинивания пермских отложений; 6 — скважины с притоком газа; 7 — скважины с притоком воды; 8 — сухие скважины; 9 — сейсмические профили; 10 — контур района исследования; 11 — реки и озера

Fig. 11. Scheme of oil and gas potential of Permian deposits: 1 — wells; 2 — zones and objects with high oil and gas potential; 3 — isohypses of tops; 4 — faults; 5 — wedging line; 6 — wells with gas inflow; 7 — wells with water inflow; 8 — dry wells; 9 — seismic surveys; 10 — study area contour; 11 — rivers and lakes

Выводы

В результате проведенного исследования уточнено геологическое строение пермских и перекрывающих их отложений в зоне сочленения Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы, что позволило выделить и закартировать потенциальные зоны нефтегазонакопления и тем самым актуализировать перспективы нефтегазоносности данной территории. По результатам межскважинной корреляции с помощью стратиграфических разбивок и данных ГИС подтверждено уменьшение толщин пермских отложений в южном и юго-западном направлении, вплоть до их полного выклинивания. На основе проведенной интерпретации новых сейсмических материалов определена территория распространения пермских отложений и контур их выклинивания.

Показано, что пермские песчаные проницаемые пласты распространены повсеместно в пределах зоны развития отложений. Их перекрывают непроницаемые породы-флюидоупоры неджелинской и мономской свит нижнего триаса. Также локальными флюидоупорами могут выступать аргиллиты, встречающиеся в составе таганджинской свиты нижнего триаса, и глинистые пласты, залегающие в основании нижнеюрских отложений. При этом отложения триаса также выклиниваются в южном направлении, а в зонах их отсутствия в качестве экрана для песчаных пластов перми могут выступать уже нижнеюрские аргиллиты.

По данным сейсморазведки выделены и протрассированы по площади разрывные нарушения. В западной части их северо-восточное простирание носит

унаследованный характер от тектонических дислокаций, связанных с позднедевонским рифтогенезом. На рубеже юры и мела в связи с тектоническими процессами вдоль восточной окраины Сибирской платформы и образованием Верхоянского складчатого пояса разломы позднедевонского заложения подверглись реактивации. Вблизи них, а в некоторых случаях над ними, за счет реактивации образовались положительные структуры и осложняющие их более молодые разрывные нарушения, секущие пермско-мезозойские породы. В центральной и южной частях района исследования, где признаки позднедевонского рифтогенеза не проявлены, влияние разрывных нарушений на структурный план уменьшается. На севере территории разломы меняют простирание на более хаотичное, в некоторых случаях субмеридиональное. При этом их формирование происходило одновременно с ростом положительных структур под динамическим влиянием Верхоянского складчатого пояса.

С учетом структурного плана, сети разрывных нарушений, границ выклинивания пермских отложений и распространения флюидоупоров определены два типа нефтегазоперспективных зон и связанных с ними ловушек. В первом из них ожидаются неструктурные ловушки вдоль линии выклинивания, где пермские песчаные пласты могут быть литологически и стратиграфически экранированы. Во втором случае предполагаемые ловушки связаны с положительными структурами, осложненными разрывными нарушениями. Оценить роль положительного или отрицательного влияния разломов на формирование залежей по имею-



щейся информации не представляется возможным. Учитывая фазовый состав углеводородов на смежных территориях и характеристику нефтегазопроизводящих пород перми, ожидается газовое и газоконденсатное заполнение потенциальных ловушек.

Выделенные в результате региональных геолого-разведочных работ перспективные зоны могут служить в качестве первоочередных объектов для проведения более детальных геолого-разведочных работ с целью выявления залежей углеводородов.

Литература / References

- Будников И. В., Десятков В. П. Модель терригенной седиментации позднепалеозойско-мезозойских бассейнов Сибири // Разведка и охрана недр. 2007. № 8. С. 9—15.
Budnikov I. V., Devyatov V. P. Model of terrigenous sedimentation of Late Paleozoic–Mesozoic basins of Siberia. Exploration and Protection of Mineral Resources. 2007, No. 8, pp. 9—15. (in Russian)
- Гайдук В. В. Вилуйская среднепалеозойская рифтовая система. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1988. 128 с.
Gajduk V. V. Vilyui Middle Paleozoic rift system. Yakutsk: Publ. Yakut Branch of the Siberian Academy of Sciences, 1988, 128 p. (in Russian)
- Граусман В. В., Мейен С. В. Стратиграфия верхнепалеозойских отложений Вилуйской синеклизы // Известия АН СССР. Серия геол. 1987. № 10. С. 53—60.
Grausman V. V., Mejen S. V. Stratigraphy of the Upper Paleozoic deposits of the Vilyui syncline. Proc. of the USSR Academy of Sciences, Geological Series, 1987, No. 10, pp. 53—60. (in Russian)
- Дорман М. И., Дорман Б. Л., Матвеев В. Д., Ситников В. С. Новые данные о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Вилуйской синеклизы // Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений в Якутской АССР. Якутск, 1976. С. 88—102.
Dorman M. I., Dorman B. L., Matveev V. D., Sitnikov V. S. New data on the geological structure and oil and gas potential of the Vilyui syncline. Prospecting and exploration of oil and gas fields in the Yakut ASSR. Yakutsk, 1976, pp. 88—102. (in Russian)
- Соколов Б. А., Сафронов А. Ф., Трофимук А. А., Фрадкин Г. С., Бакин В. Е., Каширцев В. А., Япаскурт О. В., Изосимова А. Н. История нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции на востоке Сибирской платформы. М.: Наука, 1986. 167 с.
Sokolov B. A., Safronov A. F., Trofimuk A. A., Fradkin G. S., Bakin V. E., Kashirtsev V. A., Yapasurt O. V., Izosimova A. N. History of oil and gas formation and oil and gas accumulation in the east of the Siberian platform. Moscow: Nauka, 1986, 167 p. (in Russian)
- Губин И. А. Уточнение строения Вилуйской гемисинеклизы по результатам переинтерпретации сейсморазведочных работ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2020. № 4(44). С. 40—52. DOI 10.20403/2078-0575-2020-4-40-52
Gubin I. A. Refinement of the structure of the Vilyuy hemisyncline based on the results of reinterpretation of seismic exploration. Geology and mineral resources of Siberia, 2020, No. 4 (44), pp. 40—52. (in Russian)
- Казаков А. М. Фациально-генетическая модель и литостратиграфия нижнетриасовых отложений Вилуйской синеклизы и Западного Верхоянья // Верхний палеозой и триас Сибири. Новосибирск: Наука, 1989. С. 49—56.
Kazakov A. M. Facies-genetic model and lithostratigraphy of the Lower Triassic deposits of the Vilyui syncline and Western Verkhoyanye. Upper Paleozoic and Triassic of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1989, pp. 49—56. (in Russian)
- Казаков А. М., Константинов А. Г., Курушин Н. И., Могучева Н. К., Соболев Е. С., Фрадкина А. Ф., Ядренкин А. В., Десятков В. П., Смирнов Л. В. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. 322 с.
Kazakov A. M., Konstantinov A. G., Kurushin N. I., Mogucheva N. K., Sobolev E. S., Fradkina A. F., Yadrenkin A. V., Devyatov V. P., Smirnov L. V. Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Triassic system. Novosibirsk: SB RAS, 2002, 322 p. (in Russian)
- Князев В. Г., Десятков В. П., Шурыгин Б. Н. Стратиграфия и палеогеография ранней юры востока Сибирской платформы. Якутск, 1991. 100 с.
Knyazev V. G., Devyatov V. P., Shurygin B. N. Stratigraphy and paleogeography of the Early Jurassic of the East Siberian Platform. Yakutsk, 1991, 100 p. (in Russian)
- Конторович А. Э., Гребенюк В. В., Фрадкин Г. С. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып. 4. Лено-Вилуйский бассейн. Новосибирск, 1994. 107 с.
Kontorovich A. E., Grebenyuk V. V., Fradkin G. S. et al. Oil and gas basins and regions of Siberia. V. 4., Leno-Vilyuisky basin, Novosibirsk, 1994, 107 p. (in Russian)
- Конторович А. Э., Сурков В. С., Трофимук А. А. Геология нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1981. 552 с.
Kontorovich A. E., Surkov V. S., Trofimuk A. A. Geology of Oil and Gas of the Siberian Platform. Moscow: Nedra, 1981, 552 p. (in Russian)
- Кутыгин Р. В. Основные черты стратиграфии и палеогеографии нижнедугалахского регионального подъяруса пермской системы Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2018. Т. 25. № 3. С. 5—21. DOI: 10.31242/2618-9712-2018-25-3-5-21
Kutygin R. V. Main stratigraphic and paleogeographic features of the Lower Duglakhian regional substage of the Permian system of Yakutia. Natural Resources of the Arctic and Subarctic. 2018, V. 25, No. 3, pp. 5—21. (in Russian)
- Масленников М. А., Сухов С. С., Соболев П. Н., Наумова Е. Г., Процко А. Н., Ракитина И. В., Константинова О. Л. Перспективы нефтегазоносности кембрийских барьерных рифовых систем Сибирской платформы в свете новых геолого-геофизических данных // Геология нефти и газа. 2021. № 4. С. 29—50. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-4-29-50
Maslennikov M. A., Sukhov S. S., Sobolev P. N., Naumova E. G., Protsko A. N., Rakitina I. V., Konstantinova O. L. Cambrian barrier reef systems of Siberian Platform: petroleum potential in light of new geological and geophysical data. Geology of oil and gas, 2021, No. 4, pp. 29—50. (in Russian)
- Ситников В. С., Алексеев Н. Н., Павлова К. А., Погодаев А. В., Слепцова М. И. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилуйской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 1. URL: http://www.ngtp.ru/rub/6/9_2017.pdf. DOI: 10.17353/2070-5379/9_2017

- Sitnikov V. S., Alekseev N. N., Pavlova K. A., Pogodaev A. V., Sleptsova M. I. Newest forecast and update of the development of Viluy syncline petroleum objects. Oil and Gas Geology. Theory and Practice, 2017, V. 12, No. 1. Available at: http://www.ngtp.ru/rub/6/9_2017.pdf. (in Russian)
- Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. Т. 1. Стратиграфия / Под ред. Ю.Я. Шабанова. Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2016. 485 с.*
- Stratigraphy of the Siberian oil and gas bearing basins. Siberian Platform: Cambrian. V. 1. Stratigraphy. Yu. Ya. Shabanov, ed. Novosibirsk: IPGG SB RAS, 2016, 485 p. (in Russian)
- Тектоническая карта нефтегазоносных провинций Сибирской платформы. Масштаб 1 : 5 000 000 / Ред. В. С. Старосельцев // Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018.*
- Tectonic map of the oil and gas provinces of the Siberian Platform. Scale 1 : 5 000 000. Ed. Starosel'tsev V. S. Novosibirsk: Siberian GGMR Institute, 2018. (in Russian)
- Федорович М. О., Космачева А. Ю. Прогноз нефтегазоносности Вилюйской гемисинеклизы на базе интерпретации геолого-геофизических материалов и технологии бассейнового моделирования (Республика Саха (Якутия)) // Георесурсы. 2023. Т. 25. № 1. С. 81—94. DOI 10.18599/grs.2023.1.9*
- Fedorovich M. O., Kosmacheva A. Yu. Prediction of oil and gas occurrence in the Vilyui hemisineclise according to interpretation of geological and geophysical data and basin modeling (Republic of Sakha (Yakutia)). Georesources, 2023, No. 25(1), pp. 81—94. (in Russian)
- Фролов С. В., Карньюшина Е. Е., Коробова Н. И., Бакай Е. А., Курдина Н. С., Крылов О. В., Тарасенко А. А. Особенности строения, осадочные комплексы и углеводородные системы Лено-Вилюйского нефтегазоносного бассейна // Георесурсы. 2019. Т. 21, № 2. С. 13—30. DOI: 10.18599/grs.2019.2.13-30*
- Frolov S. V., Karnyushina E. E., Korobova N. I., Bakay E. A., Kurдина N. S., Krylov O. V., Tarasenko A. A. Features of the structure, sedimentary complexes, and hydrocarbon systems of the Leno-Vilyui oil and gas basin. Georesources, 2019, V. 21, No. 2, pp. 13—30. (in Russian)
- Черданцев Г. А., Кушмар И. А., Семёнов В. П., Яшенкова Л. К. Перспективные зоны нефтегазоаккумуляции в тарагайской свите верхней перми в юго-западной части Вилюйской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15. № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2020/31_2020.html. DOI: 10.17353/2070-5379/31_2020*
- Cherdantsev G. A., Kushmar I. A., Semenov V. P., Yashenkova L. K. Petroleum prospective areas in the Taragay suite of the Upper Permian in the southwestern part of the Viluy syncline. Oil and Gas Geology. Theory and Practice, 2020, V. 15, No. 3. Available at: http://www.ngtp.ru/rub/2020/31_2020.html. (in Russian)
- Черданцев Г. А., Жарков А. М. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений юго-западной части Вилюйской синеклизы на основе анализа обстановок осадконакопления и геохимических условий нефтегазоносности // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 698—711. DOI 10.31897/PMI.2021.5.9*
- Cherdantsev G. A., Zharkov A. M. Prospects for the oil and gas content of the Upper Permian deposits of the southwestern part of the Vilyui syncline based on the analysis of sedimentary environments and geochemical conditions of oil and gas content. Journal of Mining Institute, 2021, V. 251, p. 698—711. (in Russian)

Поступила в редакцию / Received 3.02.2025