УДК 553.98

Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений юго-западной части Вилуйской синеклизы на основе анализа обстановок осадконакопления и геохимических условий нефтегазоносности

Г.А.ЧЕРДАНЦЕВ¹ ✉, А.М.ЖАРКОВ²

¹ АО «ВНИГРИ-Геологоразведка», Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Как цитировать эту статью: Черданцев Г.А. Перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений юго-западной части Вилуйской синеклизы на основе анализа обстановок осадконакопления и геохимических условий нефтегазоносности / Г.А.Черданцев, А.М.Жарков // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 698-711. DOI: 10.31897/PMI.2021.5.9

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы нефтегазоносности верхнепермских отложений в юго-западной бортовой части Вилуйской синеклизы, где происходит выклинивание пермского терригенного комплекса, обладающего доказанной нефтегазопродуктивностью в центральной части синеклизы. Территория исследований, представленная моноклинальными склонами Вилуйской синеклизы, рассматривается в качестве перспективной области для поиска неструктурных ловушек углеводородов в верхнепалеозойских отложениях. Задачами исследований являлись выявление общих закономерностей формирования отложений, связанных главным образом с развитием аллювиального комплекса, и обоснование возможностей миграции и аккумуляции углеводородов в прогнозируемых ловушках. В основе исследований лежат материалы интерпретации последних сейсморазведочных работ и геолого-геофизических данных прошлых лет. Авторами выполнен комплекс структурных и палеоструктурных построений, осуществлено выделение литофаций по разрезам скважин, обобщены и проанализированы геохимические условия нефтегазоносности верхнепермских отложений, прослежено выклинивание верхнепермских отложений на юго-западном борту синеклизы, намечены участки развития речных долин, формирующих зоны улучшенных коллекторов. Комплекс проведенных исследований позволил обосновать перспективные зоны нефтегазоаккумуляции на юго-западных склонах синеклизы, связанные с неантиклинальными ловушками углеводородов, составлена схема перспектив нефтегазоносности верхнепермских отложений. Полученные результаты представляют интерес в области поисковых работ на нефть и газ в рассмотренном районе.

Ключевые слова: Вилуйская синеклиза; нефтегазоносность; верхний палеозой; пермская система; нефть; газ; континентальные отложения

Введение. Одним из направлений поисков новых скоплений углеводородного сырья в Восточной Сибири в настоящее время является прогноз зон нефтегазоаккумуляции в Вилуйской синеклизе, в частности в верхнепермском нефтегазоносном комплексе.

Во второй половине XX в. в центральной части синеклизы были открыты газовые и газоконденсатные месторождения в верхнепалеозойско-мезозойских отложениях. При этом в ходе длительной истории геологоразведочных работ (ГРП) бортовые части синеклизы оставались недоисследованными, в том числе в рамках поисков неантиклинальных ловушек. В связи с новыми данными комплексных геофизических работ на юго-западном склоне синеклизы возникла необходимость в уточнении перспектив нефтегазоносности этой территории, что является актуальным исследованием в области поисковых работ на нефть и газ для наращивания сырьевой базы углеводородов (УВ) регионов России [1, 25]. Также не выявлено крупных унаследованно развитых антиклинальных структур, поэтому весьма актуальным будет рассмотрение условий формирования зон нефтегазоаккумуляции (ЗНГА), обусловленных развитием улучшенных коллекторов на участках регионального выклинивания комплексов осадочных отложений – именно такие условия намечаются на юго-западном борте Вилуйского осадочного бассейна.

Территория исследований расположена между Тангарынской впадиной на севере, Ыгыатинской и Кемпендяйской впадинами, разделенными Сунтарским поднятием на юго-западе и северо-западным бортом Алданской антеклизы (рис.1).

Рис.1. Обзорная схема района исследований (а) и схема тектонического районирования Восточной Сибири и главных структурных элементов Сибирской платформы (б)

В геологическом строении осадочного чехла рассматриваемой территории участвуют породы от верхнего протерозоя до кайнозоя. Наибольший интерес с точки зрения нефтегазоносности вызывают пермские отложения. Они широко распространены в пределах территории исследований, их мощности сокращаются от 3,6 км в центральной части синеклизы до полного выклинивания на склонах. Рассматриваемая толща несогласно залегает на породах среднего и нижнего палеозоя и перекрывается нижнетриасовыми отложениями, а в зоне выклинивания – нижнеюрскими.

Пермские отложения Вилуйской синеклизы сформировались в континентальных, прибрежно-морских и реже – в морских условиях. Рассматриваемый терригенный комплекс характеризуется высокой угленасыщенностью и является одной из основных нефтегазопроизводящих толщ верхнепалеозойско-мезозойского разреза бассейна [9, 20].

Во всех скважинах в пределах территории исследований, вскрывших пермские породы, выявлены интервалы коллекторов по данным ГИС. Открытая пористость пермских песчаников по данным лабораторных исследований керна достигает 12, а в отдельных случаях 20 %.

Верхнепермские отложения, согласно решениям Межведомственного стратиграфического комитета СССР 1979 г. [11] (с двучленным делением пермской системы), в пределах изучаемой территории подразделяются на хомустанскую, харыйасскую, кюндейскую и тарагайскую свиты (рис.2). В центральной части синеклизы отложения хомустанской свиты перекрывают нижнепермские породы мохоголохской толщи. В районе Кемпендяйской впадины выявлен выход пермских отложений на поверхность [11].

Помимо залежей в верхнепермских отложениях на известных месторождениях (Средне-Вилуйском, Соболах-Неджелинском, Среднетюнгском и др.) в пределах юго-западного борта синеклизы были выявлены газовые и газоконденсатные залежи в небольших приразломных антиклинальных структурах (Быраканская и Хайлахская), где притоки газа составляли до 90,9 тыс. м³/сут, отмечены нефтегазопроявления в отдельных скважинах (Байская 1, Южно-Неджелинская 251).

Установленная нефтегазоносность центральных областей синеклизы позволяет высоко оценивать и ее бортовые части [13, 15, 17, 19], куда осуществлялась миграция УВ. Здесь, в зоне выклинивания пермских отложений, ожидаются возможные скопления УВ, связанные в первую очередь с ловушками неструктурного типа. Отчасти это подтверждается вышеупомянутыми залежами газа, приуроченными к мелким структурным ловушкам.

Все выявленные на сегодняшний день залежи в верхнепермских, нижнетриасовых и нижнеюрских отложениях контролируются тремя глинистыми региональными флюидоупорами – неджелинской и мономской свитами нижнего триаса и сунтарской свитой нижней юры. По данным ГИС,

ОСШ,
акт. ред. 2019 г.
ВСЕГЕИОСШ,
1982 г.

ПЕРМСКАЯ			ПЕРМСКАЯ			МОХОГОЛОХСКАЯ СЕРИЯ		ПОДСТИЛ.									
Система	Отдел	Ярус	Система	Отдел	Ярус	Система	Отдел	Ярус	Система	Отдел	Ярус						
ПЕРМСКАЯ	Татарский P3	Вятский	ПЕРМСКАЯ	Верхний P2	Татарский	ПЕРМСКАЯ	Нижний P1	Ассельский-Сакмарский	ПЕРМСКАЯ	С3	D3						
		Северодвинский			Казанский			Ассельский-Сакмарский									
	Биармийский P2	Уржумский		Казанский	Уфимский		Кунгурский	Ассельский-Сакмарский		Уфимский		Кунгурский	Уфимский	Кунгурский	Уфимский		
		Казанский														Уфимский	Кунгурский
	Приуральский P1	Кунгурский		Нижний P1	Ассельский-Сакмарский		Уфимский	Кунгурский		Ассельский-Сакмарский		Уфимский	Кунгурский	Уфимский	Кунгурский	Уфимский	
		Артинский															Артинский
	Сакмарский	Ассельский		Ассельский-Сакмарский	Ассельский-Сакмарский		Ассельский	Ассельский		Ассельский-Сакмарский		Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский
		Ассельский															
	Ассельский-Сакмарский	Ассельский		Ассельский-Сакмарский	Ассельский-Сакмарский		Ассельский	Ассельский		Ассельский-Сакмарский		Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский
		Ассельский															
Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский	Ассельский	Ассельский	Ассельский-Сакмарский					
	Ассельский												Ассельский	Ассельский	Ассельский	Ассельский	 	А	

Рис.2. Стратиграфическая корреляционная схема пермских отложений Вилуйской синеклизы (по [11, 16])

в приподошвенной части кызылсырской свиты, перекрывающей пермские породы в зоне выклинивания на юго-западном борте синеклизы, отмечаются глинистые интервалы, которые могут свидетельствовать о наличии зональных покровов для перспективного нефтегазоносного верхнепермского комплекса.

Методология. Для анализа осадконакопления и реконструкции палеогеографических условий формирования верхнепермских отложений использованы карты мощностей отложений свит между отражающими горизонтами, отвечающими кровле и подошве верхнепермских отложений. В основу построений легли результаты интерпретации материалов сейсморазведочных работ, проведенных специалистами АО «Росгеология», для привязки отражающих горизонтов (ОГ) использовано стратиграфическое расчленение разрезов скважин, выполненное в ходе многолетних исследований научных коллективов ВНИГРИ, СНИИГГИМС, ПГО Ленанефтегазгеология и др.

Для уточнения обстановок осадконакопления использовался электрофациальный анализ данных ГИС по методике В.С.Муромцева [5]. Данная методика широко применяется в литолого-фациальном анализе отложений [7] при поисковых работах на нефть и газ.

Для палеоструктурного анализа территории использован метод изопахического треугольника, построенного на основе структурных планов основных отражающих горизонтов (ОГ) от подошвы верхней перми до подошвы нижнего мела в программном комплексе ROXAR RMS с последующим редактированием в картографическом пакете Surfer.

Результаты и обсуждение. *Обстановки осадконакопления.* В работах многих авторов [4, 12, 19] указывается, что в период седиментации верхнепермских отложений Вилуйской синеклизы, в ее прибортовых частях накапливались аллювиальные осадки, которые в сторону современного Предверхоанского прогиба сменялись дельтовыми, прибрежно-морскими и морскими отложениями [6, 12, 16].

В палеоструктурном плане (рис.3, а) подошвы верхнепермских отложений намечаются крупные возвышенные области на продолжении Сунтарского свода (юго-запад), территории современной Арбайско-Синской зоны поднятий и северного склона Алданской антеклизы (юго-восток). В центральной осевой части выделяется пониженная область, переходящая к юго-западу в Кемпендяйскую впадину. Учитывая унаследованное накопление верхнепермских осадков, проведены палеоструктурные реконструкции по подошвам отложений хомурахской, харыйасской, кюндейской и тарагайской свит.

Основными источниками сноса в пермский период являлись Сунтарский свод, где отсутствуют и более древние среднепалеозойские образования, а также северный склон Алданской антеклизы, где отсутствуют отложения от ордовика до перми. По геоморфологическому признаку на схемы нанесены предполагаемые русла рек. В палеорельефе выделены возвышенные области, переходные области – денудационно-аккумулятивные равнины и аллювиально-озерные низменные равнины (рис.3). С течением времени, площадь осадконакопления увеличивалась, и территория выполаживалась.

Во время накопления отложений хомурахской и харыйасской свит (уфимско-казанский век) в опоясывающей центральную часть синеклизы области накапливались мощные толщи осадков (рис.3, б). В раннетатарское время территория осадконакопления расширилась, осадки, вероятно, накапливались и в пределах Кемпендяйской впадины (рис.3, в). Отмечается повышенная песчаность интервала свиты в разрезах скважин. В позднетатарское время (рис.3, г), область осадконакопления достигла максимальных пределов. По описаниям керна состав отложений свит представлен песчаниками от средне-крупнозернистых до мелко-тонкозернистых, в подошве отмечаются конгломераты и гальки с прослоями углей и древесно-углистых остатков, алевролитами и аргиллитами.

В низменной речной долине с пониженными уклонами поверхности (преимущественно до 10 м/км) господство озер. При переходе к возвышенным областям реки имели более спрямленный характер с повышенной динамикой водной среды. На возвышенностях можно ожидать, что речные отложения имели ограниченное распространение.

Рис.3. Карта мощностей верхнепермских отложений (а), уфимско-казанского (б), раннетатарского (в), позднеатарского (г) веков

1 – скважины, мощность отложений, м; 2 – палеостратоизогипсы; 3 – области отсутствия пермских отложений; 4 – линия выклинивания; 5 – области сноса; 6 – возвышенные равнины; 7 – переходные области; 8 – низинные равнины; 9 – палеостратоизогипсы, глубина, м; 10 – скважины; 11 – направления сноса; 12 – предполагаемые русла (по геоморфологическому признаку); 13 – области отсутствия пермских отложений

Рис.4. Схема корреляции кривой α ПС интервалов верхнепермских отложений по линии скважин Атыяхская 451 – Быраканская 3

Группы фаций: 1 – I (русловые); 2 – II (песчаной поймы); 3 – III (глинистой поймы)

Для уточнения обстановок осадконакопления отложений в разрезах скважин в ходе исследований были рассчитаны значения α ПС. Аномалии ПС, исходя из их мощности, характеристик кровельной, подошвенной и боковых линий, позволили относить интервалы разреза к трем типам групп фаций: русловой (I), внешней (песчаной) (II) и внутренней (глинистой) (III) пойм (по Муромцеву).

Распределение интервалов типов показывает наиболее высокое содержание русловых осадков I типа в отложениях кюндейской свиты, наименьшее – тарагайской. В качестве примера на рис.4 приведена схема корреляции скважин Атыяхская 451 – Быраканская 3.

Для отложений хомустанской и харыйасской свит, вскрытых только в трех скважинах на полную мощность в пределах территории исследований, доля русловых осадков от общей мощности отложений составляет 0,44-0,48. Для кюндейской свиты доля интервалов I типа в разрезе составляет 0,4-0,7 во всех скважинах на территории исследований. В тарагайской свите она изменяется в пределах 0,1-0,6 (среднее 0,3).

Для пермских осадков характерно формирование этих отложений в процессе седиментационных циклов, заключающееся в смене русловых фаций пойменными и озерно-болотными, и наоборот. В целом для тарагайской свиты по скважинам наблюдается общее снижение доли русловых осадков по отношению к нижележащим свитам. Для отложений кюндейской свиты высокая песчанность свидетельствует о том, что в местах заложения скважин во время накопления осадков реки текли унаследованно, что способствовало размыву и переносу тонких фракций вглубь осадочного бассейна, другой причиной этого могли также служить локальные перерывы в осадконакоплении и размыв тонких фракций. В отношении отложений харыйасской и хомустьской свит на исследуемой территории нельзя сказать определенно о закономерностях содержания русловых осадков и, соответственно, песчаных пачек ввиду малого количества скважин, их вскрывших. По имеющимся материалам по синеклизе, отложения харыйасской свиты имеют также повышенную степень песчанности, а в хомустьской, как и тарагайской свите, состав меняется в сторону увеличения доли пойменных и озерно-болотных фаций.

Анализ формирования верхнепермских осадков на изучаемой территории показывает устойчивое развитие аллювиального комплекса, происходившее на фоне общей регрессии морского бассейна, находившегося на территории современного Верхоянья. При этом, по данным исследователей, трансгрессивный цикл произошел в казанско-раннетатарское время, затем он сменился регрессией моря до трансгрессии в раннем триасе [16].

Рассмотренные условия осадконакопления обуславливают широкое развитие коллекторов, связанных с русловыми отложениями на палеосклонах осадочного бассейна. Для отложений тарагайской свиты характерна сравнительно небольшая мощность русловых песчаников и широкое развитие алевролитов-глинистых пород, и их фациальные замещения по разрезу и площади способствуют возникновению седиментационных литологических ловушек в прикровельной части разреза, в том числе в зоне выклинивания на возвышенностях. Для остальной части разреза подобные ловушки ввиду большей песчанности разрезов кюндейской и харыйасской свит, вероятно, имеют меньшее распространение.

Геохимические условия нефтегазоносности верхнепермских отложений. Условия формирования зон нефтегазогенерации и нефтегазонакопления, особенности состава УВ, характер и направления миграции УВ-флюидов в пределах верхнепалеозойского-мезозойского структурного этажа осадочных бассейнов востока Сибирской платформы рассмотрены в работах Т.К.Баженовой [2, 3, 24], В.А.Каширцева, С.С.Филатова, Р.В.Королевой, О.Н.Чалой, И.Н.Зуевой [8, 9, 14] и др. [20, 22], что позволило авторам подробнее их проанализировать на территории исследований.

Рассеянное органическое вещество (РОВ) пермского комплекса представлено как преимущественно гумусовым составом, так и сапропелитогумитами [8]. В глинистых отложениях средние концентрации Сорг изменяются от 1,2 до 4 %. В Вилуйской синеклизе максимальные значения (до 3-4 %) тяготеют к разрезам южного борта [14].

Катагенез РОВ в пермских отложениях Вилуйской синеклизы меняется в пределах градаций ПК-МК5 [2]. Зона протокатагенеза (ПК1-ПК3) распространена в среднем до 1,5 км (палеотемпература до 50 °С). Зона мезокатагенеза (градации МК1-МК5) отвечает диапазону глубин от 1,5-2 до 5-5,5 км. Подзона МК1-МК2 отвечает глубинам от 1,5-2,0 до 3,0-3,5 км (температура 50-100 °С). Средняя подзона отвечает градации МК2-МК3 на глубинах 3-4,5 км при температурах 100-140 °С. Нижняя подзона (МК3-МК5) отвечает глубинам от 4,5-5,0 до 6 км и более.

Территория исследований частично находится в пределах очагов нефте- и газообразования. Масштабы генерации и эмиграции нефти и газа из нефтегазоматеринских горизонтов (НГМГ) перми колеблются в широких пределах: 0,5-5 млн т/км³ для нефти и более и 0,5-5 млрд м³/км³ и более для газа [2].

Погружение пермских осадков юго-западной части синеклизы во времени представлено на изопахическом треугольнике (рис.5). Палеофиль по трассе композитного глубинного сейсмического разреза от центрально части синеклизы к ее южному борту (рис.6) иллюстрирует направление основных путей миграции углеводородов с учетом времени их генерации из пермских нефтегазоматеринских отложений.

Рис.6. Палеопрофиль по композитному глубинному сейсмическому разрезу 130201а-130201

К началу триасовой эпохи пермские отложения вступили в начальную стадию главной фазы нефтеобразования (ГФН) в пределах Тангнэринской впадины. На территории Линденской впадины и современного Хапчагайского мегавала они приблизились к основному этапу ГФН [23]. На юго-западе синеклизы пермский разрез мог продуцировать только метановые сухие газы (на глубинах до 1,5 км; на рис.5 соответствует картам изопахит P_2 -ТР) и, в отсутствие триасовых и юрских региональных покровов, значительная часть УВ уходила в потери при миграции (рис.6), условия для сохранения могли быть только во внутриформационных ловушках.

В конце триасовой эпохи в пределах современного Хапчагайского мегавала эти отложения прошли этапы как максимальной генерации, так и эмиграции УВ. На территории Линденской впадины они вступали в завершающую стадию ГФН – затухания процессов нефтеобразования. Юго-западная часть синеклизы к концу триаса только вошла в верхнюю подзону мезокатагенеза МК1-МК2 (на рис.5 соответствует картам изопахит P_2 -УТ, ТР-УТ). Преобладала латеральная миграция из центральной части синеклизы (рис.6). Условия сохранения залежей при этом могли контролироваться распространением нижнетриасовых неджелинской и мономской покровов, которые, в свою очередь, отсутствуют в юго-западной прибортовой части синеклизы.

К концу юры пермские отложения современной Линденской впадины вступили в стадию главной фазы газообразования (ГФГ) – максимальной генерации газообразных УВ. На территории Хапчагайского мегавала отложения перми вступили в начальную стадию ГФГ. В юго-западной части кровля и подошва верхнепермских отложений (на рис.5 соответствует картам изопахит P_2 -У3br, ТР-У3br) находились на глубинах, соответствующих мезокатагенезу МК1-МК3. После формирования нижнеюрских отложений здесь возникли условия для вертикальной миграции УВ, а также латеральной миграции жидких и газообразных УВ в зоны выклинивания пермских отложений в краевой части синеклизы (рис.6), в том числе и их аккумуляция в литологических внутриформационных ловушках и ловушках, приуроченных к выклиниванию пермских отложений. На послееюрский этап с развитием Верхоянской складчатой области пришелся основной рост локальных поднятий Хапчагайского мегавала, переформирование и разрушение залежей и основная фаза формирования залежей и аккумуляции УВ.

К концу нижнемелового периода на большей части синеклизы пермские отложения находились на уровнях ГФГ, в Линденской впадине – на этапе затухания процессов газообразования. В юго-западной части синеклизы в течение нижнего мела (на рис.5 соответствует картам изопахит P_2 -М_K1, ТР-М_K1) погружающиеся пермские осадки вошли в подэтап максимальной генерации УВ (3,0-4,0 км в опоясывающей центральную часть синеклизы). С вовлечением все более южных областей накопления пермских осадков расширялись и условия для вертикальной миграции (рис.6).

На современном этапе, отвечающем глубинам максимального погружения осадков, пермская толща в области, опоясывающей центральную часть синеклизы, расположена в пределах ГФГ, а в наиболее глубоких частях таких впадин как Линденская и другие пермские отложения, по-видимому, исчерпали свои газопродуцирующие свойства. Выводы о времени генерации и миграции УВ в пределах юго-западной части синеклизы подтверждаются компьютерным моделированием генерации УВ на территории Толонского газоконденсатного месторождения [22].

В зоне сочленения Вилуйской синеклизы с Алданской антеклизой дополнительным источником УВ могла являться куонамская (иниканская в Юдомо-Майском прогибе) нефтегазоматеринская свита нижнего-среднего кембрия. УВ-газы $C_{1-2}k_{np}$ высоких грааций катагенеза органического вещества могли пополнять резервуары месторождений в верхнепалеозойских и более молодых отложениях Вилуйской синеклизы и мигрировать по латерали на юго-запад в пределах верхнепермского комплекса [24].

В соответствии с разработанным В.С.Соболевым [21] принципом выделения углеводородных систем (УВС) по характеристикам базисных элементов пермская толща относится к нефтегазоконденсатной системе III класса. Исходя из данного типа УВС, в фазовом состоянии аккумулявавшихся УВ можно ожидать до 20 % жидких углеводородов, что подтверждают результаты глубокого бурения скважин в центральной части синеклизы [9]. В содержание жидких УВ в прогнозируемых залежах дополнительный вклад может вносить куонамская свита.

Рис. 7. Схема расположения перспективных зон нефтегазообразования (ЗНПГ), связанных с зонами выклинивания в верхнепермских отложениях юго-западной части Вилуйской синеклизы

1 – область исследований; 2 – тектонические нарушения; 3 – изогипсы кровли пермских отложений (ОГ ТР), абс. отм., м; 4 – скважины; 5 – зоны отсутствия отложений; 6 – граница распространения пермских отложений; 7 – области выхода верхнепермских отложений на дневную поверхность
Зоны развития ловушек преимущественно стратиграфического и литологического типов: 8 – зона выклинивания отложений таргайской свиты; 9 – зона выклинивания отложений кюндейской свиты; 10 – зона выклинивания отложений хомухасской и харыйасской свит; 11 – бесперспективные области; 12 – границы тектонических структур

Перспективы нефтегазоносности. Рассмотренные особенности осадконакопления выделенных свит обусловили формирование зон выклинивания осадочных комплексов, которые авторы сопоставляют с ЗНГН. Наиболее перспективные участки по латерали выделенных зон будут отвечать развитию хорошо промытых речных песчаников. Замещение песчаных отложений пойменными и озерно-болотными осадками при этом является благоприятным условием для возникновения литологических седиментационных ловушек. В зонах выклинивания также могут формироваться стратиграфические ловушки как внутри самого верхнепермского комплекса, так и под дотриасовой эрозионной поверхностью.

Экранами в качестве зональных покровов для проницаемых отложений будут выступать глинистые озерно-болотные и пойменные верхнепермские осадки и приподошвенная часть нижнеюрской кызылсырской свиты, по данным ГИС, отмечающаяся повышенной глинистостью.

Рассмотренные геохимические условия нефтегазоносности позволяют предполагать, что к концу мезозоя на юго-западе синеклизы сложились условия для образования залежей в зонах выклинивания пермских отложений. В фазовом составе УВ возможных залежей может присутствовать нефтяная составляющая, являющаяся результатом миграции как из пермских НГМГ, так и из куонамской нефтегазоматеринской формации.

Таким образом, на исследуемой территории ожидается развитие залежей УВ, связанных с ловушками литологического и стратиграфического типов непосредственно в зоне выклинивания осадочных комплексов (свит) (рис.7) на юго-западном склоне синеклизы. Составленная схема также учитывает возможность обнаружения залежей, связанных с нижними горизонтами верхнепермского разреза в зонах выклинивания отложений кундеской, харыйасской и хомустахской свит. Области, приближенные к центральной части синеклизы, в которых были выявлены залежи в Быранской и Хайлахской структурах, являлись транзитными по пути следования УВ-флюидов из очагов нефтегазогенерации, связанных с глубокими впадинами Вилуйской синеклизы, а также из разрушенных в поздний этап развития синеклизы залежей [18] вверх по склону. В этих областях возможны залежи, связанные с небольшими антиклинальными структурами, а также залежи литологического типа, приуроченные к структурным элементам типа структурных носов, террас и др.

Нельзя исключать и элементы тектонического экранирования, которое играет существенную роль в контроле ранее выявленных залежей в пределах синеклизы. Территория Кемпендзской впадины, которая характеризуется активным тектоногенезом, в том числе солевым, в данной работе не оценивается. Тем не менее, можно ожидать, что здесь ловушки в верхнепермских отложениях будут связаны с небольшими структурами, осложненными тектоническими экранами. Среди бесперспективных зон можно назвать области выхода пермских отложений на поверхность (в результате действия солянокупольной тектоники) на юго-западе Кемпендзской впадины.

Заключение. На юго-западе Вилуйской синеклизы распространение и характеристики природных резервуаров в верхнепермских отложениях обусловлены литолого-фациальными условиями их формирования и связаны с широким развитием аллювиальных осадков. В отложениях наблюдается фациальная изменчивость и замещение песчаных русловых осадков алевролитоглинистыми породами, особенно это характерно для верхней части верхнепермского разреза в сторону выклинивания отложений на южном борту синеклизы.

Анализ геохимических условий нефтегазоносности показал возможность аккумуляции УВ в предполагаемых залежах юго-западной части синеклизы за счет латеральной и вертикальной миграции из, главным образом, пермских нефтегазоматеринских отложений. В качестве дополнительного источника УВ рассматривается куонамская свита кембрия.

Рассмотренные условия седиментации отложений, генерации и миграции УВ являлись благоприятными для аккумуляции УВ в зонах выклинивания отложений пермского комплекса, где развиты ловушки УВ литологического и стратиграфического типа как кнутриформационным, так и под зональными покровками.

При оценке перспектив нефтегазоносности выделено три региональные ЗНГН, обусловленные ступенчатым выклиниванием верхнепермских осадочных комплексов (свит). Данные ЗНГН сосредотачивали в себе значительный объем генерируемых УВ в пределах Вилуйского осадочного бассейна. Наибольшие перспективы нефтегазоносности следует связывать с отложениями,

приуроченными к кровельным частям верхнепермской толщи, поскольку не исключен частичный переток УВ-флюидов из нижележащих верхнепермских отложений. Основными типами ловушек УВ в прогнозируемых ЗНГН будут структурно-литологические, литологические и стратиграфические.

Юго-западные склоны Вилуйской синеклизы рекомендуются для дальнейших геолого-геофизических работ. Детальные исследования позволят выявить площадное распространение зон улучшенных коллекторов, связанных с речными русловыми песчаными телами, и детально спрогнозировать локальные объекты для поисковых работ.

Авторы выражают благодарность В.П.Семенову, Л.К.Яшенковой, И.А.Кушмар (ВНИГРИ) и Т.Б.Волченковой (ВСЕГЕИ) за консультации при проведении исследований, а также Ю.Ю.Бухаленковой и А.М.Николаевой (ВНИГРИ) за помощь при подготовке первичных данных для анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арчegov В.Б. Ресурсы минерального и энергетического сырья Сибирской платформы и перспективы их освоения // Записки Горного института. 2013. Т. 200. С. 139-147.
2. Баженова Т.К. Нефтегазоматеринские формации древних платформ России и нефтегазоносность // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11. № 4. С. 1-26. DOI: 10.17353/2070-5379/45_2016
3. Баженова Т.К. Нефтематеринские формации, нефти и газы докембрия и нижнего-среднего кембрия Сибирской платформы / Т.К.Баженова, М.В.Дахнова, Т.П.Жеглова. М.: Всесоюзный научно-исследовательский геологический нефтяной институт, 2014. 126 с.
4. Башарин А.К. Лено-Вилуйский нефтегазоносный бассейн: строение и тектоническая эволюция / А.К.Башарин, Г.С.Фрадкин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2005. № 1. С. 22-33.
5. Белозеров В.Б. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 1. С. 116-123.
6. Будников И.В. Модель терригенной седиментации позднепалеозойско-мезозойских бассейнов Сибири / И.В.Будников, В.П.Девятков // Разведка и охрана недр. 2007. № 8. С. 9-15.
7. Жарков А.М. Электрометрические модели глубоководных фаций Западно-Сибирского бассейна / А.М.Жарков, Ю.В.Нефедов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 2. С. 8. DOI: 10.17353/2070-5379/22_2018
8. Катагенез рассеянного органического вещества и оценка нефтегенерационного потенциала верхнепермских отложений Вилуйской синеклизы / И.Н.Зуева, О.Н.Чалая, А.Ф.Сафронов, В.А.Каширцев // Наука и образование. 2014. № 2 (74). С. 110-117.
9. Каширцев В.А. Органическая геохимия нафтидов востока Сибирской платформы. Якутск: Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2003. 157 с.
10. Кутыгин Р.В. Основные черты стратиграфии и палеогеографии нижнедулгалахского 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
11. Михайлова Т.Е. Стратиграфия и корреляция верхнепермских отложений Вилуйской синеклизы на основе палинологических данных / Т.Е.Михайлова, Л.М.Фартунова, Л.Г.Сандакова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2011. Т. 8. № 1. С. 48-54.
12. Модель формирования верхнепалеозойских отложений востока Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / И.В.Будников, В.С.Гриненко, А.Г.Клец и др. // Отечественная геология. 2003. № 6. С. 86-92.
13. Нефтегазоносность Вилуйской синеклизы и перспективы поисков залежей углеводородов / С.А.Васильев, П.Н.Соболев, Е.С.Таффарель и др. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 12. С. 14-26. DOI: 10.30713/2413-5011-2018-12-14-26
14. Нефтегенерационный потенциал рассеянного органического вещества пермских отложений Вилуйского бассейна / И.Н.Зуева, О.Н.Чалая, А.Ф.Сафронов и др. // Наука и образование. 2017. № 2 (86). С. 17-21.
15. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилуйской синеклизы / В.С.Ситников, Н.Н.Алексеев, К.А.Павлова и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 1. С. 1-20. DOI: 10.17353/2070-5379/9_2017
16. Особенности строения, осадочные комплексы и углеводородные системы Лено-Вилуйского нефтегазоносного бассейна / С.В.Фролов, Е.Е.Карньюшина, Н.И.Коробова и др. // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 13-30. DOI: 10.18599/grs.2019.2.13-30
17. Перспективы нефтеносности южной части Вилуйской синеклизы / В.С.Ситников, О.М.Прищепа, И.А.Кушмар, А.В.Погодаев // Разведка и охрана недр. 2014. № 7. С. 22-28.
18. Погодаев А.В. Гидрогеологические условия формирования и сохранности газоконденсатных залежей Хапчагайского мегавала Вилуйской синеклизы: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Якутск: Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. 22 с.
19. Рукович А.В. Перспективы поиска неструктурных залежей газа на юге Лено-Вилуйской НГО // ГЕО-Сибирь. 2009. Т. 2. С. 275-278.
20. Сафронов А.Ф. Нефтегазоносность востока Сибирской платформы: историко-генетический анализ, размещение месторождений нефти и газа // Наука и образование. 2014. № 3 (75). С. 63-69.
21. Соболев В.С. Фазово-генетическая специализация нефтегазоносных бассейнов окраин континентов // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. К созданию общей теории нефтегазоносности недр. Книга 2. М.: ГЕОС, 2002. С. 175-178.

22. Федорович М.О. Одномерное моделирование нефтегазоносных систем (бассейновое моделирование) в разрезе скважины Толонского месторождения Республики Саха (Якутия) / М.О.Федорович, А.Ю.Космачева, Н.В.Поспеева // Нефтяное хозяйство. 2020. № 5. С. 31-35. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-5-31-35
23. Черданцев Г.А. Уточнение перспектив нефтегазоносности пермских отложений южной части Вилюйской синеклизы / Г.А.Черданцев, В.П.Семенов // Новые идеи в геологии нефти и газа. 23-24 мая 2019, Москва, Россия. Перо, 2019. С. 532-536.
24. Эволюция нефтегазообразования и нефтегазонакопления на юго-западе Сибирской платформы / Т.К.Баженова, А.И.Шапиро, В.Ф.Васильева и др. СПб: Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт, 2016. 146 с.
25. Prischepa O.M. Raw material base of hard-to-extract oil reserves of Russia / O.M.Prischepa, Y.V.Nefedov, O.E.Koschneva // Periodico Tche Quimica. 2020. № 34. P. 915-924.

Авторы: **Г.А.Черданцев**, инженер-геолог, cherdantsev.grigorij@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-3919> (АО «ВНИГРИ-Геологоразведка», Санкт-Петербург, Россия), **А.М.Жарков**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-7326-1664> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья принята к публикации 18.10.2021.

Выход в свет 16.12.2021.