

М. О. Федорович^{1,2}, А. Ю. Космачева¹*

Условия формирования залежей углеводородов в мезозойских и верхнепалеозойских отложениях Вилуйской гемисинеклизы

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: zahryaminamo@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В работе рассмотрены условия формирования залежей углеводородов (УВ) в мезозойских и верхнепалеозойских отложениях Вилуйской гемисинеклизы. Исследования показывают, что в постюрское время образовались основные структурные элементы Вилуйской гемисинеклизы. К этому времени основные глинистые толщи были сформированы и достигли литификации. Процессы газообразования в газопроизводящих толщах перми протекают на всей территории исследования. В течение всего мелового времени процессы газообразования и эмиграции УВ продолжают, и идет процесс заполнения ловушек.

Ключевые слова: Вилуйская гемисинеклиза, отражающий горизонт, газопроизводящая толща, флюидоупор

М. О. Fedorovich^{1,2}, A. Yu. Kosmacheva¹*

Conditions for the Formation of Hydrocarbon Accumulations in the Mesozoic and Upper Paleozoic Sediments of the Vilyui Hemisyncline

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: zahryaminamo@ipgg.sbras.ru

Abstract. The paper considers the conditions for the formation of hydrocarbon (HC) deposits in the Mesozoic and Upper Paleozoic deposits of the Vilyui hemisyncline. Studies show that the main structural elements of the Vilyui hemisyncline were formed in the post-Turkic time. By this time, the main clay strata were formed and reached lithification. The processes of gas formation in the gas-producing strata of the Permian occur throughout the study area. During the entire Cretaceous time, the processes of gas formation and emigration of hydrocarbons continue, and the process of accumulation proceeds.

Keywords: Vilyui hemisyncline, reflecting horizon, gas-producing stratum, seal

Введение

Республика Саха (Якутия) является одним из наиболее газифицированных регионов Дальнего Востока. Для того, чтобы реализовать крупные проекты по производству сжиженного природного газа, регион планирует наращивать разведанные запасы углеводородов.

В пределах Лено-Вилуйского осадочного бассейна пробурено свыше 280 опорных, параметрических, поисковых и разведочных скважин. Площадь пер-

спективных земель здесь около 250 тыс. км². Промышленная газоносность установлена в терригенных коллекторах пермского, триасового и нижнеюрского возраста. При этом в нижнетриасовых залежах Средневилюйского и Среднетюнгского месторождений на глубинах 2400–2600 м сконцентрировано более половины (56 %) разведанных запасов газа всех месторождений Вилюйской нефтегазоносной области [1, 2]. К настоящему времени извлечено всего около 15 млрд м³ газа [3].

Возврат с новыми научными представлениями и современными методиками на территории ранее выявленных газоконденсатных месторождений и на малоизученные крупные локальные структуры в районах с максимальной мощностью мезозойских отложений способствует развитию минерально-сырьевой базы углеводородного сырья Якутии [4].

Результаты

В Лено-Вилюйской НГП в верхнепалеозой-мезозойском осадочном чехле традиционно выделяют верхнепермский, нижнетриасовый и нижнеюрский газоносные мегакомплексы, которые перекрыты выдержанными по толщине на всей территории Лено-Вилюйской гемисинеклизы глинистыми пачками – региональными флюидоупорами. Верхнепермский мегакомплекс в кровле экранируется неджелинской свитой (нижний триас, индский ярус), нижнетриасовый (инд-оленекский) – мономской свитой (нижний мел, оленек), нижнеюрский (геттанг-нижний аален) – сунтарской свитой (нижняя-средняя юра, нижний аален). Региональные флюидоупоры обладают относительно низкими акустическими свойствами, и к ним приурочены опорные сейсмические реперы – отражающие горизонты (табл. 1).

Таблица 1

Сейсмогеологические комплексы Вилюйской гемисинеклизы

Сейсмогеологический комплекс	Ограничивающие отражающие горизонты		Время накопления	Стратиграфические подразделения (свиты)
	подошва	кровля		
нижнетриасовый	ТП	Т	инд – оленек	неджелинская, таганджинская, мономская
средне-верхнетриасовый	Т	ЮТ	верхний оленек – норий	тулурская
нижнеюрский	ЮТ	Ю ₂	геттанг – нижний аален	кызылсырская, сунтарская
средне-верхнеюрский	Ю ₂	Ю ₃	аален – титон	якутская, нижневилюйская, марыкчанская, бергеинская
мел-кайнозойский	Ю ₃	современная поверхность	берриас – маастрихт - кайнозой	батылыхская, эксеняхская, хатырыкская, аграфеновская и чиримыйская (тимердянская)

Для формирования залежей УВ недостаточно лишь наличие структурной ловушки в рельефе продуктивного песчаного горизонта, необходимо также присутствие надежного флюидоупора и существование нефтегазоматеринской толщи, которая вошла в главную зону нефте- или газообразования и способна генерировать УВ.

Мезозойско-кайнозойские тектонические процессы предопределили современное геологическое строение осадочных отложений Вилуйской гемисинеклизы.

Структурные поверхности пермских, триасовых, юрских и меловых отложений качественно подобны и характеризуются перепадом высот до 200 м. Амплитуды и площади основных структур изменяются незначительно от нижних горизонтов к верхним. Разрывные нарушения обладают малыми амплитудами смещений и затухают в толщах верхней перми, юры или нижнего мела.

Карты мощностей свит триасовых отложений отражают общую тенденцию расположения глубоководных частей бассейна седиментации в центральной части Вилуйской гемисинеклизы. В юрское время бассейн седиментации существенно расширился.

Эти факты говорят о том, что основной этап формирования современного структурного плана Вилуйской гемисинеклизы связан с меловой эпохой. Тектоническая активность, приуроченная к раннему мелу, способствовала образованию как крупных структур, так и локальных – потенциальных ловушек УВ. К концу мелового времени сформировался соответствующий современному структурный план территории исследования. Этот вывод также подтверждается и распределением толщин сейсмокомплексов (рис. 1).

Размещение залежей УВ контролируется как регионально выдержанными, так и локальными глинистыми толщами, которые кроме глинистых пород часто содержат невыдержанные по простирацию пласты и прослои алевролитов и песчаников. Согласно исследованиям Г.Э. Прозоровича [5], Ю.Л. Сластенова [6], Э.А. Бакирова [7] качество глинистых покрышек определяется характером их площадного распространения, степенью литологической однородности и мощностью.

Залежи УВ в кровле пермских отложений контролируются существенно глинистой неджелинской свитой мощностью до 120 м, которая содержит газоконденсатные залежи в локально распространенном песчаном пласте T_1-IV в восточной и юго-восточной части Хапчагайского мегавала, Линденской и Лунгинско-Келинской впадинах.

Многочисленные наиболее крупные залежи газа в кровле таганджинской свиты нижнего триаса (пласт T_1-III) контролируются глинистыми породами мономской свиты. Мономская покрышка содержит серию песчаных пластов (T_1-I , T_1-Ia , T_1-II), которые являются резервуарами для газообразных УВ при наличии перекрывающих их глинистых пачек достаточной мощности. В восточной и юго-восточной частях Хапчагайского мегавала песчаные разности могут занимать практически весь объем мономской свиты. Разделяющие их глинистые пропластки становятся менее 10 м и не способны удерживать углеводороды.

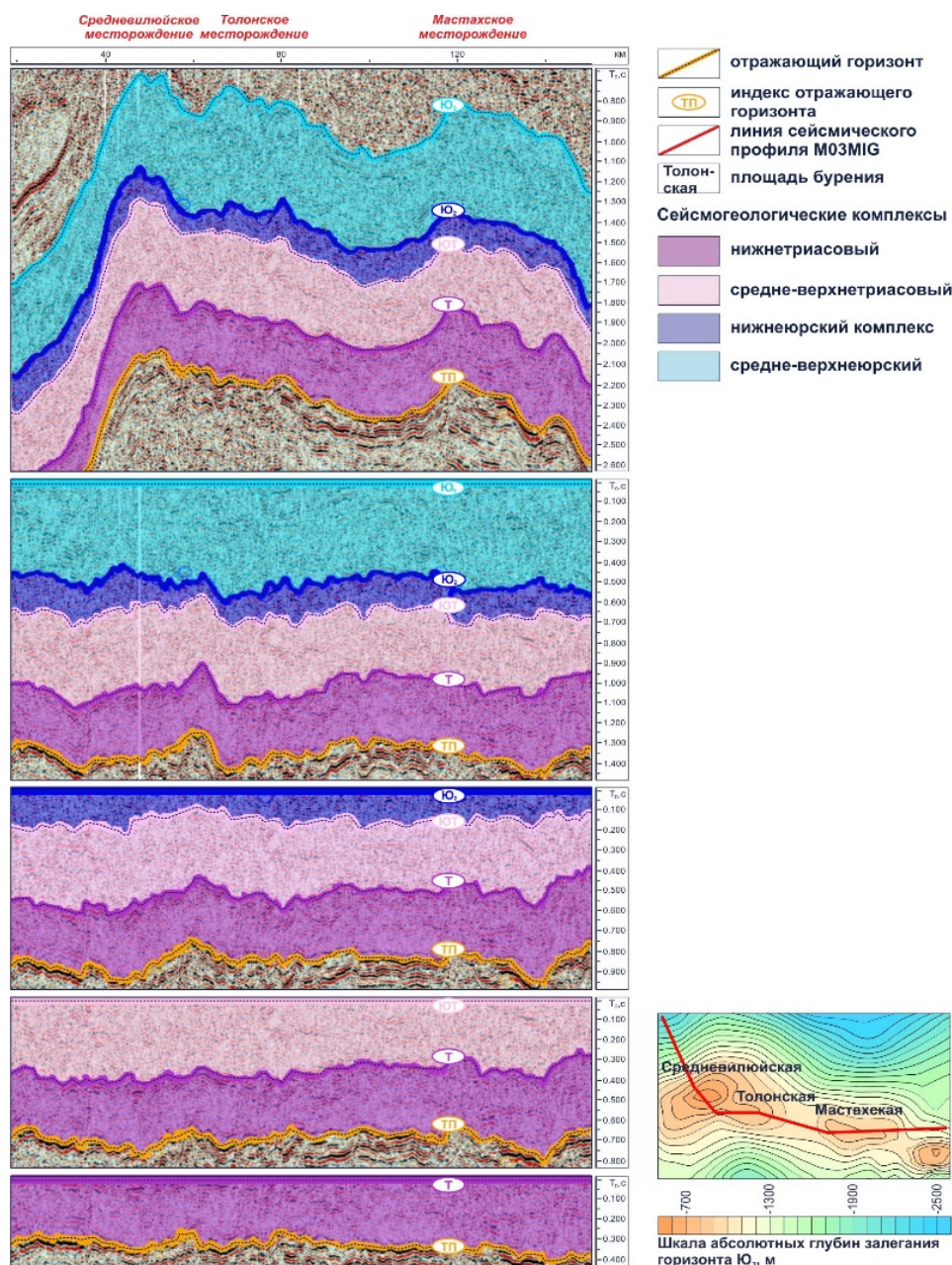


Рис. 1. История тектонического развития: палеоразрез, выровненный снизу-вверх: по кровле горизонта Т – ЮТ – Ю₂ – Ю₃ и современный разрез по региональному профилю через Хапчагайский мегавал

Кроме того, внутри таганджинской свиты небольшие залежи газа (пласт Т₁-Х) перекрыты локально сформированной пачкой глин мощностью до 40 м.

Моделирование процессов формирования газовых залежей Вилуйской гемисинеклизы выполнялось в программном комплексе PetroMod, разработанном компанией Schlumberger и позволяющим осуществить прогноз времени и масштабов генерации, анализировать потери УВ на путях миграции к наиболее вероятному для сохранения скопления УВ положению в разрезе [8].

Нефтегазовая система Вилуйской гемисинеклизы представляет собой совокупность нефтегазоматеринской толщи, породы-коллектора и флюидоупора.

Газопроизводящей толщей являются угленосные отложения перми, обогащенные террагенным органическим веществом (ОВ) [9, 10, 11].

Пермская толща, обогащенная террагенным ОВ, является основным источником УВ для залежей в верхней перми и нижнем триасе. В отложениях верхнего палеозоя содержание Сор_г в песчаниках изменяется от 0,11 до 0,45, в алевролитах – от 0,58 до 1,92, и в аргиллитах – от 1,06 до 2,76 %. В наибольшей концентрации благодаря прослоям углистого материала органический углерод присутствует в углистых алевролитах – от 2,27 до 3,90 % [12]. Для каменноугольно-нижнепермских пород значения водородного индекса (HI) достигают 62, для верхнепермских – 266 мгУВ/гС_{орг} [по данным ИНГГ СО РАН].

Материнские отложения перми поэтапно достигали стадий мезокатагенеза.

На рисунке 2 показана современная катагенетическая преобразованность ОВ верхней части газопроизводящей толщи пермских отложений. На всей территории Вилуйской гемисинеклизы пермская газопроизводящая толща вошла в главную зону нефтеобразования, а нижние ее части и в главную зону газообразования. Это говорит о том, что в настоящее время происходит интенсивная генерация газообразных УВ.

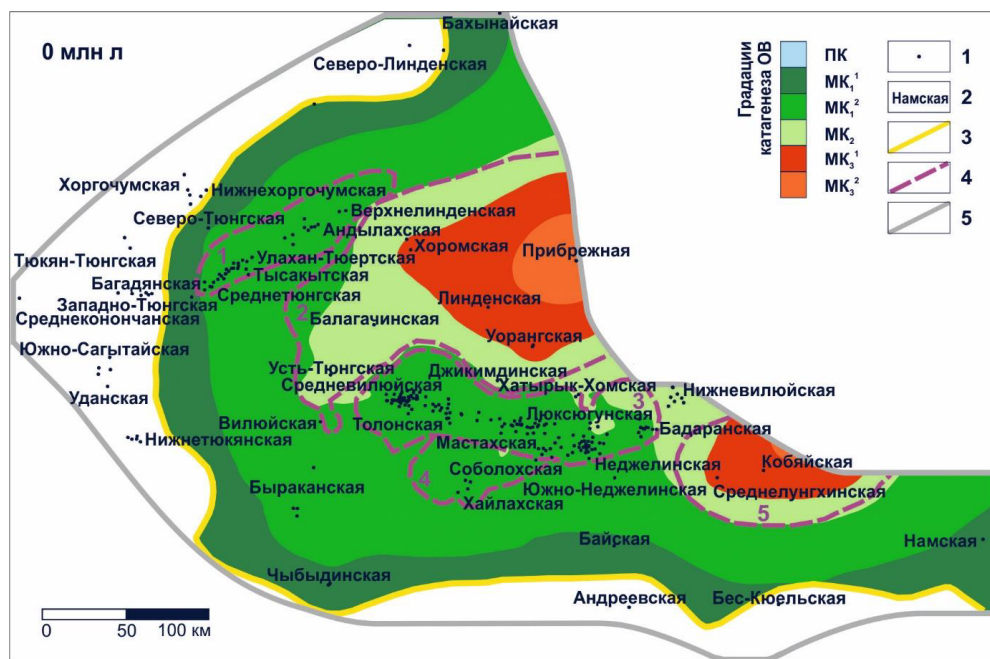


Рис. 2. Современная катагенетическая преобразованность ОВ в верхней части газопроизводящих отложений перми. Условные обозначения: 1 – скважина; 2 – название площади бурения; 3 – границы отсутствия газопроизводящих отложений перми; 4 – границы структур I-II порядка по отражающему горизонту ТП (1 – Логлорский вал, 2 – Линденская впадина, 3 – Хапчагайский мегавал, 4 – Тангнарынская впадина, 5 – Лунгхинско-Келинская впадина); 5 – полигон исследования.

Заключение

Таким образом, в постюрское время образовались основные структурные элементы Вилюйской гемисинеклизы. К этому времени основные глинистые толщи были сформированы и достигли литификации. Процессы газообразования в газопроизводящих толщах перми протекают на всей территории исследования. В течение всего мелового времени процессы газообразования и эмиграции УВ продолжаются, и идет процесс заполнения ловушек.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008 «Цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Вилюйской нефтегазоносных провинций, анализ закономерностей размещения нефтяных и газовых месторождений, оценка перспектив нефтегазоносности в основных продуктивных комплексах верхнего протерозоя и фанерозоя, включая карбонатные горизонты венда и кембрия с трудноизвлекаемыми ресурсами, изучение влияния интрузий траппов на нефтегазоносность».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимук А.А., Черский Н.В., Бредихин И.С., Васильев В.Г., Ворона И.Д., Горшенин Ю.Д., Косолапов А.И., Мокшанцев К.Б., Фрадкин Г.С. Нефтегазоносность территории Якутии и прогнозная карта оценки запасов углеводородов // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов. – М.: Недра, 1968. – С. 222–245.
2. Горшенин Ю.Д. Филимонов И.А. Перспективы нефтегазоносности восточной части Вилюйской синеклизы и центральной части Предверхоянского прогиба на нефть и газ // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов. – М.: Недра, 1968. – С. 291–299.
3. Федорович М.О., Космачева А.Ю., Губин И.А. Условия формирования и прогноз нефтегазоносности нижнетриасового нефтегазоносного комплекса Вилюйской гемисинеклизы // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 2, № 1. – С. 161-165. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-2-1-161-165. – EDN MSWXFY.
4. Ситников В.С., Алексеев Н.Н., Павлова К.А., Погодаев А.В., Слепцова М.И. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилюйской синеклизы [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. – Т. 12. – №. 1. – С. 1-20. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/6/9_2017.pdf.
5. Прозорович, Г.Э. Покрышки залежей нефти и газа / Г.Э. Прозорович. – М.: Недра, 1972. – 118 с.
6. Сластенов Ю.Л., Королева Р.В., Алексеев Н.Н. Литология и экранирующие свойства глинистых горизонтов в разрезе мезозоя Лено-Вилюйской газоносной области // Литология и геохимия осадочных толщ Якутии. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 3-13.
7. Бакиров Э.А. О роли нефтегазоносных комплексов в формировании зон нефтегазонакопления // Критерии поисков зон нефтегазонакопления. – М.: Наука, 1979. – С. 239-242.
8. Керимов В.Ю., Хантшел Т., Соколов К., Сидорова М.С. Применение технологии бассейнового моделирования – программного пакета PetroMod в учебном процессе РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина // Нефть, газ и бизнес. – 2011. – № 4. – С. 38-47.
9. Конторович А.Э., Полякова И.Д., Колганова М.М., Соболева Е.И. Превращения органического вещества в мезо– и апокатагенезе // Советская геология. – 1988. – № 7. – С. 26-36.

10. Бодунов Е.И., Зуева И.Н., Каширцев В.А., Уткина Н.А., Зыкова П.Д., Андреев И.Н., Бочковская А.Б., Козлова В.А. Преобразование органического вещества пермских и каменноугольных отложений Вилуйской синеклизы на больших глубинах // Нефтегазоносность и вопросы освоения месторождений нефти и газа Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. – С. 58-69.
11. Полякова И.Д., Богородская Л.И., Соболева Е.И. Преобразование органического вещества угленосных отложений Вилуйской синеклизы на больших глубинах // Геохимия нефтегазоносных отложений Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. – С. 48-57.
12. Конторович А.Э., Фомин А.Н., Долженко К.В. Закономерности преобразования террагенного органического вещества в мезо- и апокатагенезе // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 8. – С. 1093-1108.

© М. О. Федорович, А. Ю. Космачева, 2023