

УДК 550.8:553.98
DOI: 10.31660/0445-0108-2022-6-9-25

**Уточнение геологического строения отложений тюменской
свиты по результатам тектоно-седиментационного анализа
восточной части Красноленинского свода Западной Сибири**

С. Р. Бембель*, Р. М. Бембель, В. О. Рогожнева

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
bembel_gsr@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты анализа материалов комплекса геолого-геофизических исследований, включающих описание керна, фациальных характеристик, тектонических особенностей развития территории, промыслово-геофизических данных. Исходными материалами для проведения исследований послужили данные бурения и результаты сейсморазведочных работ, а также известные публикации геологов и геофизиков, занимающихся проблемой поиска путей повышения эффективности вовлечения в разработку трудноизвлекаемых запасов тюменской свиты. Район исследований приурочен к восточному склону Красноленинского свода Западной Сибири, в пределах которого выявлено несколько различных по размеру нефтяных месторождений, находящихся в активной разработке.

На основании проведенных работ по группе пластов тюменской свиты выделены участки распространения литотипов мелко-среднезернистых и разномерных песчаников в пределах прогнозной области развития каналов и конусов выноса дельт, фации русловых долин с учетом структурного фактора, карт изопохит. Поперечные размеры границ развития русловых долин, имеющих очень сложную конфигурацию, составляют от 0,5 до 2,5 км. Прогнозируемые эффективные толщины песчаников отдельных пластов на участках с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами достигают 12–14 м.

Проведенный анализ геологического строения залежей тюменской свиты послужит информационной базой для составления основы наиболее надежной и достоверной геологической модели, на базе которой при помощи цифрового моделирования будут доступны оценка перспектив дальнейшей работы над исследуемым объектом и поиск необходимых методов для его разработки.

Ключевые слова: геологическое строение, залежи углеводородов, 3D-сейсморазведка, тектонические нарушения, фациальная модель, трудноизвлекаемые запасы нефти

Для цитирования: Бембель, С. Р. Уточнение геологического строения отложений тюменской свиты по результатам тектоно-седиментационного анализа восточной части Красноленинского свода Западной Сибири / С. Р. Бембель, Р. М. Бембель, В. О. Рогожнева. – DOI 10.31660/0445-0108-2022-6-9-25 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2022. – № 6. – С. 9–25.

**Definition of the geological structure of deposits of Tyumen suite
based on the results of tectonic-sedimentary analysis of the eastern
part of the Krasnoleninsky arch of Western Siberia**

Sergey R. Bembel*, Robert M. Bembel, Veronika O. Rogozhneva

Abstract. We present in this article results of an analysis of materials of a complex of geological and geophysical studies, including a description of the core data, facies' characteristics, tectonic features of the evolution of the territory, field development geophysical data. The initial materials for the research were the drilling data and the results of seismic surveys, as well as publications of geologists and geophysicists dealing with the problem of finding ways to increase the efficiency of the development of hard-to-recover reserves of Tyumen suite. The research area is confined to the eastern slope of the Krasnoleninsky arch of Western Siberia, within which several oil fields of various sizes have been identified that are now being actively development.

Based on the work carried out on the group of layers of Tyumen suite, areas of distribution of lithofacies of fine-medium-grained and multi-grained sandstones within the forecast area of development of channels and cones of deltas and facies of channel valleys were identified, taking into account the structural factor and isopach maps. The transverse dimensions of the boundaries of the development of riverbed valleys with a very complex configuration range from 0.5 to 2.5 km. The predicted effective sandstone thicknesses of individual strata in areas with improved filtration and capacitive properties reach 12-14 m.

The analysis of the geological structure of the deposits of Tyumen suite will serve as an information basis for creating the molds of reliable geological model, based on which, with the help of digital modeling, an assessment of the prospects for further work on the object under study and the search for the necessary methods for its development will be

Keywords: geological structure, hydrocarbon deposits, 3D seismic survey, tectonic faults, facies model, hard-to-recover oil reserves

For citation: Bembel, S. R., Bembel, R. M., & Rogozhneva, V. O. (2022). Definition of the geological structure of deposits of Tyumen suite based on the results of tectonic-sedimentary analysis of the eastern part of the Krasnoleninsky arch of Western Siberia. *Oil and Gas Studies*, (6), pp. 9-25. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2022-6-9-25

Введение

Актуальность изучения отложений тюменской свиты восточной части Красноленинского свода обусловлена необходимостью исследования закономерностей геологического строения сложных объектов с целью дальнейшего поиска эффективных способов извлечения трудноизвлекаемых запасов, к которым относятся углеводороды (УВ) рассматриваемого участка, что характерно для юрских отложений Западной Сибири [1–3]. Площадь распространения продуктивных отложений пластов ЮК2-5 тюменской свиты изучена по результатам глубокого бурения, большого количества геофизических исследований скважин, данных сейсморазведки 2D и 3D, подробных лабораторных исследований кернового материала. Однако вследствие сложного строения исследуемой территории и разреза тюменских отложений, а также распределения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) залежей УВ значительное количество вопросов в настоящее время остается актуальным. Отложения тюменской свиты служат основными нефтегазоносными объектами на большом количестве месторождений Западной Сибири, включая территорию Красноленинского свода [4–6]. Количество извлекаемых запасов нефти в отложениях тюменской свиты исчисляется десятками миллионов тонн, в связи с чем этот объект является весьма перспективным.

Решение проблем, обусловленных трудностями в извлечении запасов УВ, вызванных особенностями строения ловушек в юрских отложениях

тюменской свиты, напрямую связано с необходимостью всестороннего комплексного подхода к геологическому анализу объекта ЮК2-5. Проведение тщательного анализа геологического строения территории является фундаментом для выработки наиболее достоверной геологической модели, на основе которой возможны оценка перспектив дальнейшей разработки объекта и поиск соответствующих методов прогноза его строения и особенностей.

Повышение изученности продуктивных отложений, их детальный анализ являются опорой для открытия и применения новых, оригинальных, ныне востребованных методов прогноза и эксплуатации продуктивных объектов.

Объект и методы исследований

Объектом исследования являются отложения тюменской свиты средней юры, особенности их строения и распределения фильтрационно-емкостных свойств, определяющих продуктивность залежей УВ.

Исследуемая территория расположена на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, в геологическом плане относится к Красноленинскому нефтегазоносному району Красноленинской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции¹. Отложения осадочного чехла с размывом и угловым несогласием залегают на породах доюрского основания. Они представлены породами от юрских до четвертичных включительно. Стратиграфическая полнота разреза определяется рельефом фундамента.

Отложения среднеюрского комплекса на изучаемой территории представлены отложениями тюменской свиты, в разрезе которой выделяются пласты, индексируемые ЮК8-ЮК7 (нижняя подсвита), ЮК6-ЮК5 (средняя подсвита), ЮК4-ЮК2 (верхняя подсвита). Песчаные пласты не выдержаны по мощности и простиранию, характеризуются относительно низкими коллекторскими свойствами. Покрышкой для продуктивных отложений тюменской свиты служат глинистые отложения средней и нижней частей абалакской свиты.

В тектоническом плане территория расположена в пределах Рогожниковского вала и непосредственно примыкающего к валу с севера прогиба без названия, входящих в состав Красноленинского свода. Согласно данным грави- и магниторазведки, рассматриваемая площадь осложнена глубинными разломами, широко развитыми в районе исследований. Разрывные нарушения разграничивают крупные блоки фундамента и осложняют строение осадочного чехла. Исходя из структурной карты

¹ Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского округа: атлас / Сост. ГП ХМАО «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». – Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2004. – 146 с.

по отражающему горизонту (ОГ) Б (приуроченному на территории исследований к тутлеймской свите — аналогу баженовской свиты), на изучаемой территории выделяется серия куполов и локальных поднятий брахиантиклинальной формы.

Нефтеносность связана с отложениями верхне- и среднетюменской подсвиты (пласты ЮК2-3 и ЮК4-5). Геологические запасы группы пластов ЮК2-5 измеряются сотнями миллионов тонн нефти, однако при этом отмечается крайне низкая и изменчивая по площади продуктивность скважин.

Исходя из анализа результатов бурения, тюменская свита в районе исследований характеризуется большой изменчивостью толщин, вплоть до полного выпадения осадков свиты из разреза в наиболее возвышенных зонах. В то же время отложения достигают толщин до 350 м в зонах погружения. Таким образом, прослеживается увеличение общих толщин пласта ЮК2-5 с повышением глубины залегания фундамента [7, 8].

Основой для анализа отложений тюменской свиты послужили результаты бурения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин (опробование и динамика работы скважин), данные 2D- и 3D-сейсмо-разведочных работ, результаты интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС), результаты анализа описания и исследований kernового материала, а также опубликованные статьи об особенностях геологического строения, подсчета запасов и разработке трудноизвлекаемых запасов отложений тюменской свиты [2–6, 8–10].

Исследуемая территория покрыта площадными работами МОВ ОГТ 2D и 3D масштабов 1:100 000, 1:50 000. Для комплексной интерпретации сейсмических материалов и скважинных данных были использованы кривые ГИС по поисково-разведочным и эксплуатационным скважинам (около 200 скважин). На сейсмических временных разрезах прослежены отражающие горизонты, приуроченные к кровле пластов ЮК2-3, ЮК4 и ЮК5 (ОГ Т_{ЮК2-3}, ОГ Т_{ЮК4} и ОГ Т_{ЮК5}), построены структурные карты кровли продуктивных пластов, изохор и изопахит.

Характерными особенностями залежей нефти в отложениях тюменской свиты (пласты ЮК2-5) территории исследований являются высокая латеральная и вертикальная изменчивость, пониженные ФЕС коллекторов, в связи с чем их запасы нефти отнесены к категории трудноизвлекаемых [2–6, 12]. Низкие ФЕС продуктивных пластов, сложное строение ловушек обуславливают трудности в извлечении запасов УВ. Важным фактором, влияющим на эффективное освоение этих залежей, является создание достоверной геологической модели на основе изучения и анализа закономерностей строения сложных объектов тюменской свиты.

Исследование особенностей сложно построенных залежей тюменской свиты возможно посредством комплексного анализа отложений на основе совокупного изучения и корреляции разнородных данных. Детальный и многосторонний анализ свойств продуктивных зон базируется на сопоставлении имеющейся геолого-геофизической и промысловой инфор-

мации, является необходимым методом и обязательным условием формирования фундамента для дальнейшего моделирования сложно построенных залежей пластов ЮК2-5 с целью формирования представлений об условиях формирования продуктивных резервуаров тюменской свиты и актуализации данных для успешной разработки месторождений. Ключевой информацией для исследования послужили данные обработки и интерпретации сейморазведки, данные исследований кернового материала, результаты интерпретации геофизических исследований скважин.

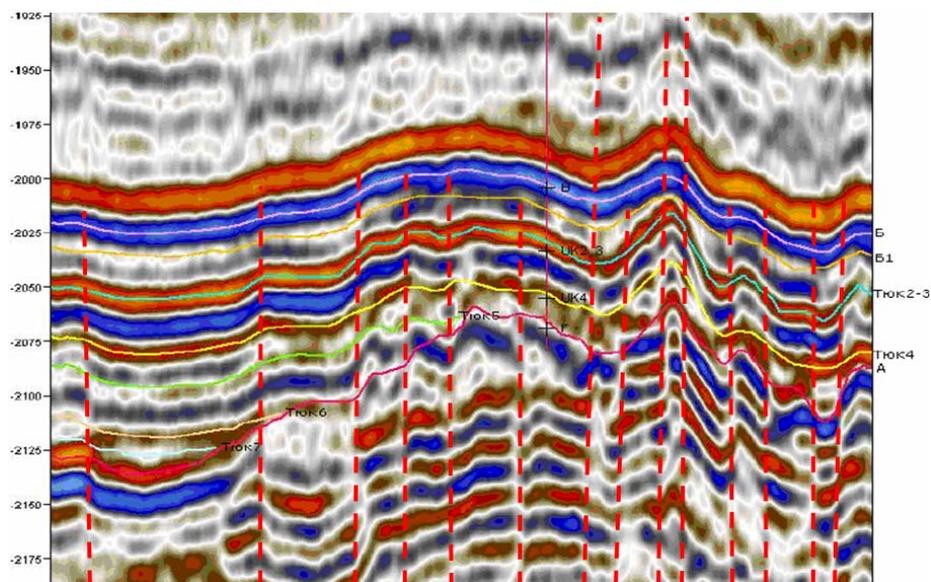


Рис. 1. Фрагмент временного разреза с корреляцией отражающих горизонтов в юрском интервале разреза (выявленные разрывные нарушения нанесены красным пунктиром)

Одним из главных факторов, оказавших влияние на формирование структурных форм и скоплений нефти и газа, являются зоны дезинтеграции горных пород. Вопросам влияния разломной тектоники на распределение УВ в осадочных толщах уделено большое внимание современных исследователей [1–3, 11–15]. Пример корреляции отражающих горизонтов в интервале юрских отложений и выделенных разрывных нарушений показан на рисунке 1.

Границей несогласного залегания юрских отложений и доюрского комплекса является отражающий горизонт А, который выделяется в волновом поле как динамически неустойчивое отражение с часто меняющейся интенсивностью амплитуды (см. рис. 1). К особенностям корреляции ОГ А на исследуемой территории можно отнести и скачки, прерывистость в местах выходов доюрских отложений. В этих случаях наблюдается облекание пластов и уменьшение динамической выразительности ОГ А (см. рис. 1).

Данные особенности прослеживания ОГ А свидетельствуют об очень сложном как литологическом, так и тектоническом строении пород фундамента и различных условиях их образования.

Основной информацией для анализа и создания геологической модели объекта ЮК2-5 в настоящее время являются данные глубокого поисково-разведочного и эксплуатационного бурения, ГИС, детальной корреляции разрезов скважин, исследования керна, материалы интерпретации 3D-сейсморазведки [16] (рис. 2).

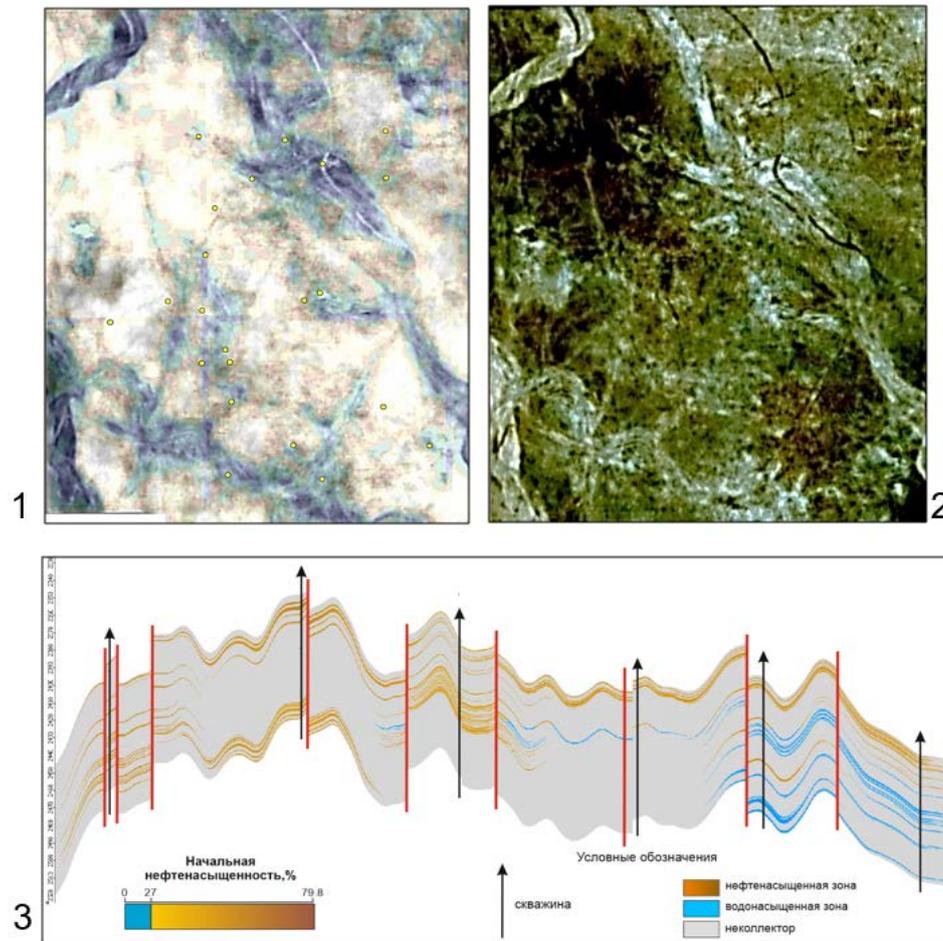


Рис. 2. Фрагменты карт амплитудного среза (1), спектральной декомпозиции (2) по материалам 3D-сейсморазведки и геологического разреза в интервале группы пластов ЮК2-5 (3) на одном из месторождений восточной части Красноленинского свода

Наиболее достоверный геологический анализ рассматриваемой территории опирается на результаты корреляции материалов геофизических исследований с данными изучения керна [10]. С целью создания наиболее полной и точной структурной основы для дальнейшей работы с комплек-

сом сейсмических и промыслово-геофизических данных корреляция по материалам ГИС проведена с привязкой данных керна в опорной сети поисково-разведочных и части эксплуатационных скважин.

Анализ кернового материала показал, что в процессе геологической истории структурный план претерпел кардинальные изменения. При тектонической активизации произошла инверсия источников сноса и зон аккумуляции [10]. Распределение фациальных типов продуктивных отложений объекта ЮК2-5 определялось палеорельефом. Каких-либо взаимосвязей между эффективными толщами продуктивных пластов и абсолютными отметками фундамента к настоящему времени не выявлено. Каждый фациальный комплекс характеризуется собственными особенностями распространения песчано-алевритовых прослоев и различиями их коллекторских свойств.

Отложения продуктивных пластов ЮК2-5 характеризуются сложным литологическим составом, представленным беспорядочным переслаиванием глинистых и песчано-алевритовых пород, часто встречаются прослои углей. При формировании рассматриваемых отложений континентальная обстановка аллювиальной равнины постепенно сменялась на подтапливаемую морем прибрежную равнину. В пластах ЮК2-3 наиболее выдержанные тела песчано-алевритового состава формировались в условиях прибрежно-морской равнины. В этой зоне происходила разгрузка обломочного материала, транспортируемого речными системами. Данные тела, сложенные породами-коллекторами, характеризуются площадным распространением и приурочены к сводовым частям локальных поднятий. Доля прибрежно-морских отложений достаточно мала, что вызвано эрозией аккумулярованных отложений вследствие морской трансгрессии. Наибольшие эффективные толщины пластов ЮК2-3 следует ожидать в дельтовых телах.

Нижележащие пласты ЮК4-5 формировались в континентальных обстановках в условиях аллювиальных систем. Максимальные толщины соответствуют прогибам между возвышенными структурными элементами, и, что закономерно для аллювиальных систем, описанные тела характеризуются удлиненной, извилистой формой. В отложениях пласта ЮК4 основные породы-коллекторы сформированы в русловых телах и распределительных каналах. В нижележащем пласте ЮК5 породы-коллекторы приурочены к сложно построенным телам руслового генезиса [7, 10].

Схематическая концептуальная модель формирования отложений горизонта ЮК4-5 и смена обстановок осадконакопления представлены на рисунке 3.

В целом по горизонтам тюменской свиты доля песчано-алевритовых пород составляет менее 20 %. Наилучшими коллекторскими свойствами характеризуются средне-, мелко- и средне-мелкозернистые песчаники с глинистым цементом. Такие породы имеют локальное распространение, сложное строение и в разрезе представлены в виде небольших прослоев мощностью от 0,5 до 3,0 м. Значения пористости рассматриваемых пород чаще варьируют в пределах от 14 до 18 %. Породы характеризуются

слабой проницаемостью $\sim (1-10) \cdot 10^{-3}$ мкм². Наибольшее латеральное и вертикальное распространение среди пород-коллекторов имеют еще менее проницаемые породы со значением коэффициента проницаемости $\sim (0,2-1) \cdot 10^{-3}$ мкм². Эти породы с низкими ФЕС составляют основную (более 80 %) массу всех песчано-алевритовых пород тюменской свиты. Средние значения открытой пористости в них варьируют в пределах 12–22 %.



Рис. 3. Схематическая концептуальная модель формирования отложений горизонта ЮК4-5

Экспериментальная часть

Задачей изучения объектов в отложениях тюменской свиты восточной части Красноленинского свода Западной Сибири является анализ геологического строения исследуемой территории с целью подготовки основы для цифрового геологического моделирования. Детальный комплексный анализ геологического строения и свойств продуктивных зон является обязательным условием создания адекватной геологической модели, которая, в свою очередь, может выступать весьма надежной основой для разработки залежей углеводородов тюменской свиты.

При изучении керна, на основе структурно-текстурных особенностей отобранного материала, являющихся следствием условий осадконакопления, был выделен ряд генетических типов отложений [10]. Породы тюменской свиты претерпели существенные вторичные преобразования, что привело к значительному преобладанию мелких, изолированных пор и низкой проницаемости [10]. Отложения тюменской свиты имеют сложный литологический состав, не выдержаны по площади и представлены неравномерным переслаиванием песчано-алевритовых линз и глинистых пород с прослоями углей.

Наибольшее распространение как по разрезу, так и по площади имеют коллекторы с пористостью 14–18 % и проницаемостью $0,2-1 \cdot 10^{-3}$ мкм². В целом по горизонтам тюменской свиты доля пород-коллекторов составляет менее 20 %. Основная масса песчано-алевритовых пород тюменской свиты (более 80 %) при значениях открытой пористости 12–22 % имеет низкие фильтрационные свойства — их проницаемость менее $0,2 \cdot 10^{-3}$ мкм². Породы тюменской свиты обладают пониженными ФЕС. Вниз по разрезу доля пород-коллекторов уменьшается, и их фильтрационные характеристики снижаются. Коллекторы тюменской свиты относятся к сложно построенным, запасы нефти — к трудноизвлекаемым.

Одновременно с этим в отдельных скважинах отмечены повышенные эффективные нефтенасыщенные толщины, связанные с развитием на территории локальных участков палеорусловых форм и отложений в интервалах пластов ЮК4 и ЮК5, ФЕС которых отличаются от основной массы пород тюменской свиты. Проведенный анализ результатов опробования и эксплуатации скважин позволяет отнести эти участки к наиболее продуктивным и выделить задачу их поиска и картирования в качестве основного направления дальнейших исследований [2, 3, 11].

При уточнении геологической модели за основу были взяты схемы распространения субобстановок в горизонтах ЮК2-3, ЮК4, ЮК5 и ЮК6, созданные на основе анализа керн, предложенные К. А. Костеневич и др. [10].

Основанием для дальнейшего прогноза распределения фаций по пластам группы ЮК2-5 является предпосылка, что лучшими ФЕС, часто характеризующимися именно участками повышенных мощностей распространения мелко-среднезернистых и разноезернистых песчаников, обладают отложения пластов ЮК, сформировавшиеся в наиболее активной гидродинамической обстановке. В континентальных условиях — это фации русел, дельт, конусов выноса, в переходных (прибрежно-континентальных) условиях — фации русловых и дельтовых песчаников.

К изучению геологических особенностей отложений с различным генезисом эффективно использование так называемого тектоно-седиментационного подхода [17, 18], в основе которого заложен комплекс фациального и тектоно-структурного анализа. Для решения задач уточнения сложного геологического строения интервалов разреза, представленного полифациальными условиями осадконакопления, необходимо исследование причинно-следственных связей между фациальными и тектоническими условиями формирования представляющих залежи геологических тел.

Пласт ЮК2-3. Согласно выполненным на сегодняшний день исследованиям и обобщениям описания керн по пласту ЮК2-3 наиболее продуктивной является область, связанная с зоной развития каналов дельт и конусов выноса дельт [10]. Для дополнительного обоснования прогноза распределения ФЕС коллекторов пласта ЮК2-3 привлечен анализ результатов интерпретации геофизических исследований по скважинам, которые

характеризуются повышенными мощностями коллектора и снижением расчлененности разреза.

По результатам этих обобщений для геологической модели в качестве тренда распространения литотипов мелко-среднезернистых и разнотипных песчаников выделена область с предполагаемым развитием фации каналов дельт и конусов выноса субдельт.

Геометризация тренда, кроме данных по керну пробуренных скважин, выполнена с учетом карт изохор между ОГ $T_{ЮК2-3}$ и $T_{ЮК4}$. Повышенные мощности карты изохор и, соответственно, изопахит толщи между кровлями пластов ЮК2-3 и ЮК4 имеют вытянутые по площади формы, оцениваемые по прогнозу как участки развития каналов и конусов выноса дельт. Поперечные размеры границ русловых каналов составляют от 2 до 4 км, их протяженность в пределах площади исследований достигает в сумме до 50 км. Прогнозируемые эффективные толщины песчаников пласта ЮК2-3 с учетом фактических данных по скважинам, вскрывшим эти участки с улучшенными ФЕС, составляют от 4 до 10–12 м.

Вся остальная площадь отнесена к литотипу, представленному мелкозернистым алевритистым песчаником. При сопоставлении участков с улучшенными ФЕС по пласту ЮК2-3 со структурным планом надо отметить, что все они приурочены к поднятиям и ближайшим склонам поднятий.

Пласт ЮК4. Наиболее продуктивной частью пласта ЮК4 является область, связанная с развитием русловых долин [10].

Для геометризации участков с улучшенными фильтрационно-емкостными характеристиками коллекторов пласта ЮК4 привлечены материалы расчетов распределения наименее глинистого песчаного коллектора по РИГИС. Это позволило выделить отдельные участки повышенных мощностей литотипов мелко-среднезернистых и разнотипных песчаников, которые, вероятно, связаны с фациями русловых долин и переслаивания русловых и пойменных отложений.

По результатам этих обобщений для геологической модели в качестве тренда распространения литотипов мелко-среднезернистых и разнотипных песчаников выделена область с предполагаемым развитием фации русловых долин; выделена область с низкими ФЕС — с распространением мелкозернистых алевритистых песчаников. Выделение участков развития фации русловых долин по пласту ЮК4 выполнено с учетом структурного фактора, карт изопахит толщи ОГ $T_{ЮК4}$ — ОГ А.

Прогнозная схема распределения эффективных толщин коллекторов пласта ЮК4 приведена на рисунке 4. Поперечные размеры границ развития русловых долин, имеющих очень сложную конфигурацию (в соответствии с формами палеорельефа исследуемой территории), составляют от 0,5 до 2,5 км. Прогнозируемые эффективные толщины песчаников пласта ЮК4 с учетом фактических данных по скважинам, вскрывшим эти участки с улучшенными ФЕС, составляют от 4 до 12–14 м.

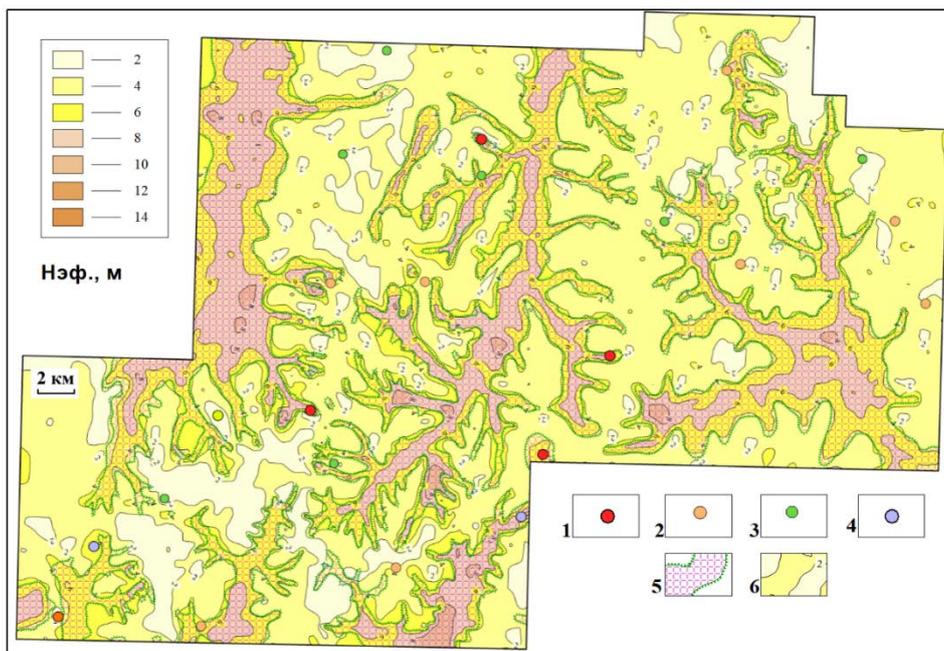


Рис. 4. Прогноз распределения эффективных толщин коллекторов пласта ЮК4:
 1 — местоположение скважин, с наличием в разрезе пачки русловых песчаников;
 2 — местоположение скважин, с наличием в разрезе переслаивания русловых и пойменных отложений; 3 — местоположение скважин, с преобладанием в разрезе пойменных отложений; 4 — местоположение скважин, с наличием в разрезе пачки русловых песчаников; 5 — прогнозные границы развития русловых долин; 6 — изопакеты эффективной толщины пласта ЮК4, м

Все участки приурочены к наиболее «ярким» врезам на склонах поднятий, по которым происходил наиболее вероятный снос осадочного материала в сторону погруженных частей площади. Подтверждением служит РИГИС по нескольким скважинам, расположенным именно в таких участках. Очевидно, что наиболее продуктивные участки расположены в ближайших окрестностях от сводовых частей поднятий в пределах склоновых частей структур. О перспективах наиболее погруженных частей межструктурных депрессий судить пока трудно, так как в эти области не пробурено ни одной скважины.

По пласту ЮК5 наиболее продуктивной является область, как и по пласту ЮК4 связанная с развитием русловых долин [10]. Наиболее продуктивные участки расположены в ближайших окрестностях от сводовых частей поднятий в пределах склоновых частей структур. Перспективы погруженных частей межструктурных депрессий в настоящее время неясны ввиду отсутствия скважин в этих областях.

Результаты и обсуждение

Породы тюменской свиты в общем, и в особенности верхних ее горизонтов, характеризуются низкими ФЕС. Доля пород-коллекторов

уменьшается вниз по разрезу, фильтрационно-емкостные свойства ухудшаются. Вследствие сложного строения пластов и пониженных фильтрационно-емкостных характеристик запасы нефти объекта ЮК2-5 относятся к трудноизвлекаемым.

С целью подготовки информационной основы для дальнейшего построения и актуализации цифровой модели был проведен детальный анализ геологического строения отложений объекта ЮК2-5 тюменской свиты восточной части Красноленинского свода. Геологический анализ исследуемого района выполнен на основе сопоставления и увязки данных кернового материала, геофизических исследований территории и скважинных данных.

По результатам выполненных работ уточнено геологическое строение отдельных пластов тюменской свиты, составляющих продуктивный объект ЮК2-5, составлены фациальные модели и прогнозные карты распределения эффективных толщин пластов ЮК2-3, ЮК4 и ЮК5, карты распределения их ФЕС. Комплексный анализ, увязывающий разнородные типы данных, полученных при изучении территории на разных стадиях геологоразведочных работ, является надежным методом исследования, позволяющим выделять и логически устранять возможные противоречия, а в случае невозможности их моментального разрешения подготавливать основу для постановки и дальнейшего решения геолого-поисковых, разведочных и промысловых задач.

Палеогеографические условия формирования отложений изучаемого объекта обусловили значительную горизонтальную и вертикальную неоднородность строения и особенности фильтрационно-емкостных свойств песчано-алевритовых пород, выступающих на рассматриваемой территории коллекторами. Основную роль в формировании структурных форм и скоплений нефти и газа играет разломная тектоника. Ввиду существования комплекса факторов, оказывающих влияние на формирование особенностей строения и разработки залежей УВ, необходимо выполнение многостороннего геологического анализа по оценке этого воздействия на характеристики продуктивности и динамику разработки таких залежей. Анализ подкреплялся данными, полученными при корреляции материалов геофизических исследований скважин, увязке и сопоставлении со всем объемом информации сейсмических исследований, с опорой на исследования кернового материала.

Проведенный анализ геологического строения залежей тюменской свиты послужит информационной базой для составления основы наиболее надежной и достоверной геологической модели, на основе которой будут доступны оценка перспектив дальнейшей работы над исследуемым объектом и поиск необходимых методов для его разработки.

Выводы

Особенности геологического строения залежей нефти в отложениях тюменской свиты в районе исследований связаны со сложным распределе-

нием и геометрией пластов и линз коллекторов, их фильтрационно-емкостных свойств как в разрезе, так и в латеральном отношении. Источником седиментации на ближайших окрестностях склоновых частей локальных поднятий и впадин фундамента, несомненно, являются тектонические процессы, определившие морфологический облик кровли доюрского комплекса и последующее строение осадочного чехла, включая среднеюрский комплекс, к которому относятся продуктивные пласты тюменской свиты.

Одним из важных этапов работ по уточнению геологического строения территории является палеотектонический анализ с выделением элементов локальных тектоно-динамических воздействий при формировании и распределении осадков, заполнявших палеосклоновые и депрессионные формы рельефа. Подобные локальные тектоно-активные участки служат не только причиной формирования в их окрестности коллекторов с улучшенными ФЕС, но и формируют зоны с повышенной трещиноватостью в продуктивных пластах группы ЮК2-5.

Таким образом, детальный анализ данных сейсморазведки и атрибутов волнового поля в комплексе с палеоструктурными построениями, керновыми исследованиями, ГИС и опробованием скважин служит основой повышения точности прогноза особенностей геологического строения тюменских отложений, уточнения местоположения продуктивных залежей УВ и дальнейшей эффективности их разработки.

Формирование пластов тюменской свиты на исследуемой территории происходило в различных условиях — от континентальных до прибрежно-морских. В связи с этим вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов продуктивных пластов группы ЮК2-5 [2, 5] требует избирательного подхода с учетом составляющих объект разработки отдельных пластов с индивидуальными особенностями и характером распределения ФЕС. Проблема повышения эффективности извлечения запасов нефти из сложно построенных отложений объекта ЮК2-5 тюменской свиты остается актуальной. Запасы нефти изучаемого объекта измеряются сотнями миллионов тонн, поэтому поиск надежных методов их разведки и разработки в настоящее время является одной из важных задач геологоразведки с целью обеспечения высокого потенциала нефтяной отрасли Российской Федерации.

Список источников

1. Бембель, Р. М. Геологические модели и основы разведки и разработки месторождений нефти и газа Западной Сибири : монография / Р. М. Бембель, С. Р. Бембель ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет. – Тюмень : ТИУ, 2022. – 220 с. – Текст : непосредственный.

2. Геологическая модель и обоснование оптимального размещения скважин на объектах тюменской свиты западной части Ханты-Мансийского автономного округа — Югры / С. Р. Бембель, Р. В. Авершин, Р. М. Бембель, В. И. Кислу-

хин. – DOI 10.31660/0445-0108-2020-6-8-24. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2020. – № 6. – С. 8–24.

3. Бембель, С. Р. Геологические модели залежей нефти тюменской свиты в западной части ХМАО — Югры / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Трудноизвлекаемые запасы нефти и газа. Проблемы, исследования и инновации : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2019. – С. 24–25.

4. Кузьмин, Ю. А. Характеристика трудноизвлекаемых запасов нефти месторождений Ханты-Мансийского автономного округа — Югры по критериям Минэнерго / Ю. А. Кузьмин, С. А. Филатов. – Текст : непосредственный // Вестник недропользователя ХМАО. – 2012. – № 25. – С. 25–33.

5. Шпильман, А. В. Перспективы освоения ТРИЗ в ХМАО-ЮГРЕ / А. В. Шпильман, К. В. Коровин, М. П. Савранская. – Текст : непосредственный // НЕФТЬГАЗТЭК : материалы 6 Тюменского международного инновационного форума / Правительство Тюменской области, Комитет по инновациям Тюменской области. – Салехард : Печатник, 2015. – С. 461–464.

6. Трудноизвлекаемые запасы нефти Российской Федерации. Структура, состояние, перспективы освоения : монография / И. В. Шпуров, А. Д. Писарницкий, И. П. Пуртова, А. И. Вариченко ; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Западно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии и геофизики. – Тюмень : ЗапСибНИИГГ, 2012. – 256 с. – Текст : непосредственный.

7. Гаврилова, Е. Н. Закономерности распространения коллекторов в отложениях тюменской свиты на западе Широкого Приобья / Е. Н. Гаврилова, В. С. Славкин, Т. Е. Ермолова. – Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. – 2010. – № 3. – С. 52–60.

8. Особенности геологического строения и перспективы нефтеносности среднеюрских отложений северных районов территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» в Широтном Приобье / Г. А. Куриленкова, И. Ш. Усманов, Ю. М. Меленюк, И. В. Шакирова. – Текст : непосредственный // Вопросы геологии, бурения и разработки нефтяных и газонефтяных месторождений Сургутского региона : сборник научных трудов «СургутНИПИнефть». – Вып. 12. – Москва : Нефтяное хозяйство, 2012. – С. 3–11.

9. Влияние литологических особенностей пород на процессы разведки и разработки юрских отложений Широкого Приобья / И. М. Кос, Е. П. Кропотова, Т. А. Коровина [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 70–73.

10. Костеневич, К. А. Влияние условий формирования и постседиментационных процессов преобразования отложений на структуру пустотного пространства и фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов продуктивного горизонта тюменской свиты Краснотеневского свода / К. А. Костеневич, О. И. Беловус, С. А. Слюнкина. – Текст : непосредственный // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге : труды III Всероссийского научно-практического седиментологического совещания, Томск, 10–12 апреля 2017 г. – Томск : Изд-во ЦППС НД, 2017. – С. 84–90.

11. Бембель, С. Р. Геология и картирование особенностей строения месторождений нефти и газа Западной Сибири : монография / С. Р. Бембель. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2016. – 226 с. – Текст : непосредственный.

12. Бембель, С. Р. О пространственных свойствах субвертикальных зон деформации и характере распределения залежей углеводородов / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 38–41.
13. Бембель, С. Р. Особенности проявления современной локальной геодинамики в западной части ХМАО — Югра / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. – 2010. – № 4. – С. 8–12.
14. Гилязова, С. М. О влиянии тектоники на формирование Рогожниковского месторождения / С. М. Гилязова, А. В. Сиднев. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 10. – С. 47–49.
15. Муслимов, Р. Х. Определяющая роль фундамента осадочных бассейнов в формировании, постоянной подпитке (возобновлении) месторождений углеводородов / Р. Х. Муслимов. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 24–29.
16. Бембель, С. Р. Современные технологии нефтяной сейсморазведки при поиске и прогнозе продуктивности залежей нефти и газа в Западной Сибири / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Современные технологии нефтегазовой геофизики: материалы международной научно-практической конференции. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 6–9.
17. Строение и эволюция древних и современных тектоно-седиментационных систем / Н. П. Чамов, С. Ю. Соколов, Р. Г. Гарецкий, И. С. Патица. – DOI 10.31857/S0016-853X2019342-60. – Текст : непосредственный // Геотектоника. – 2019. – № 3. – С. 42–60.
18. Милей, Е. С. Тектоно-седиментационный подход как основа для изучения тонкослоистых коллекторов сложного геологического строения / Е. С. Милей, С. Р. Бембель. – DOI 10.31660/0445-0108-2020-4-21-35. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2020. – № 4. – С. 21–35.

References

1. Bembel, R. M. (2022). Geologicheskie modeli i osnovy razvedki i razrabotki mestorozhdeniy nefiti i gaza Zapadnoy Sibiri. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 220 p. (In Russian).
2. Bembel, S. R., Avershin, R. V., Bembel, R. M., & Kislukhin, V. I. (2020). Geological model and optimal well placement substantiation at the western part Tyumen suite layers of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Ugra. Oil and Gas Studies, (6), pp. 8-24. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2020-6-8-24
3. Bembel, S. R. (2019). Geologicheskie modeli zalezhey nefiti tyumenskoy svity v zapadnoy chasti KhMAO — Yugry. Trudnoizvlekaemye zapasy nefiti i gaza. Problemy, issledovaniya i innovatsii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, Ufa State Petroleum Technological University Publ., pp. 24-25. (In Russian).
4. Kuzmin, Yu. A., & Filatov, S. A. (2012). Kharakteristika trudnoizvlekaemykh zapasov nefiti mestorozhdeniy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugry po kriteriyam Minenergo. Vestnik nedropol'zovatelya KhMAO, (25), pp. 25-33. (In Russian).
5. Shpilman, A. V., Korovin, K. V., & Savranskaya, M. P. (2015). Perspektivy osvoeniya TRIZ v KhMAO-YUGRE: materialy 6 Tyumenskogo mezhdunarodnogo innovatsionnogo foruma. Salekhard, Pechatnik Publ., pp. 461-464. (In Russian).

6. Shpurov, I. V., Pisarnitskiy, A. D., Purtova, I. P., & Varichenko, A. I. (2012). Trudnoizvlekaemye zapasy nefti Rossiyskoy Federatsii. Struktura, sostoyanie, perspektivy osvoeniya. Tyumen, ZapSibNIIGG Publ., 256 p. (In Russian).
7. Gavrilova, E. N., Slavkin, V. S., & Ermolova T. E. (2010). Reservoir distribution regularities in Tyumen suite deposits on the west of Latitudinal Priobie. Oil and gas geology, (3), pp. 52-60. (In Russian).
8. Kurilenkova, G. A., Usmanov, I. Sh., Melenyuk, Yu. M., & Shakirova, I. V. (2012). Osobennosti geologicheskogo stroeniya i perspektivy neftenosnosti sredneyurskikh otlozheniy severnykh rayonov territorii deyatel'nosti OAO "Surgutneftegaz" v Shirotnom Priob'e. Voprosy geologii, bureniya i razrabotki neftyanykh i gazonefityanykh mestorozhdeniy Surgutskogo regiona: sbornik nauchnykh trudov "SurgutNIPIneft". Vyp. 12. Moscow, Neftyanoe khozyaystvo Publ., pp. 3-11. (In Russian).
9. Kos, I. M., Kropotova, E. P., Korovina, T. A., Romanov, E. A., & Fedortsov, I. V. (2004). Influence of lithology rock properties on the exploration and development processes in the Wide Ob' area. Oil Industry, (2), pp. 70-73. (In Russian).
10. Kostenevich, K. A., Belous, O. I., & Slyunkina, S. A. (2017). Vliyanie usloviy formirovaniya i postsedimentatsionnykh protsessov preobrazovaniya otlozheniy na strukturu pustotnogo prostranstva i fil'tratsionno-emkostnye svoystva porodkolektorov produktivnogo gorizonta tyumenskoy svity Krasnoleninskogo svoda. Sovremennye problemy sedimentologii v neftegazovom inzhiniringe: trudy III Vserossiyskogo nauchno-prakticheskogo sedimentologicheskogo soveshchaniya, Tomsk, April, 10-12, 2017. Tomsk, TSPPS ND Publ., pp. 84-90. (In Russian).
11. Bembel, S. R. Geologiya i kartirovanie osobennostey stroeniya mestorozhdeniy nefti i gaza Zapadnoy Sibiri. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 226 p. (In Russian).
12. Bembel, S. R. (2010). On the issue of spatial properties of destruction subvertical zones and the structure of hydrocarbons deposits distribution. Oil Industry, (4), pp. 38-41. (In Russian).
13. Bembel, S. R. (2010). Manifestation features of present local geodynamics in the western part of KhMAO-Yugra, their relation with zones of oil and gas accumulation. Oil and gas geology, (4), pp. 8-12. (In Russian).
14. Gilyazova, S. M., & Sidnev, A. V. (2009). O vliyanii tektoniki na formirovanie Rogozhnikovskogo mestorozhdeniya. Advances in current natural sciences, (10), pp. 47-49. (In Russian).
15. Muslimov, R. Kh. (2007). Determinative role of sedimentary basin substructure in formation, a constant inflow (renewal) of hydrocarbons deposits. Oil Industry, (3), pp. 24-29. (In Russian).
16. Bembel, S. R. (2019). Sovremennye tekhnologii neftyanoy seysmorazvedki pri poiske i prognoze produktivnosti zalezhey nefti i gaza v Zapadnoy Sibiri. Sovremennye tekhnologii neftegazovoy geofiziki: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 6-9. (In Russian).
17. Chamov, N. P., Sokolov, S. Y., Patina, I. S., & Garetskii, R. G. (2019). Structure and evolution of ancient and modern tectonic-sedimentary systems. Geotectonics, 53(3), pp. 337-355. (In English). DOI: 10.1134/S0016852119030038
18. Milei, E. S., & Bembel, S. R. (2020) Tectonic-sedimentary approach as a basis to study thinly bedded reservoirs with complex geological structure. Oil and Gas Studies, (4), pp. 21-35 (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2020-4-21-35

Информация об авторах

Бембель Сергей Робертович,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, *bembel_gsr@mail.ru*

Бембель Роберт Михайлович,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Рогожнева Вероника Олеговна,
аспирант кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Sergey R. Bembel, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen, *bembel_gsr@mail.ru*

Robert M. Bembel, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen

Veronika O. Rogozhneva, Post-graduate at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen

Статья поступила в редакцию 07.10.2022; одобрена после рецензирования 24.10.2022; принята к публикации 28.10.2022.

The article was submitted 07.10.2022; approved after reviewing 24.10.2022; accepted for publication 28.10.2022.