

УДК 553.982.239

DOI: 10.46698/h5492-0913-2863-p

Оригинальная статья

Методика прогноза и поисков карбонатных резервуаров сверхвязкой нефти казанского яруса Мелекесской впадины

Р.А. Мударисова^{1,2}, Р.Г. Лукьянова¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, 420008,
г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: rayshania@mail.ru;

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Россия, 420087,
г. Казань, ул. Даурская, 28

Статья поступила: 12.05.2025, доработана: 10.11.2025, принята к публикации: 13.11.2025

Резюме: Актуальность работы. Для нефтяных районов Европейской части России характерна тенденция падения темпов добычи традиционных углеводородов (УВ), поэтому поиск и освоение трудноизвлекаемых запасов и нетрадиционных коллекторов становится все серьезнее и актуальнее, а их запасы, к каковым относится сверхвязкая нефть (СВН) служат источником прироста УВ сырья в регионе. В недрах республики Татарстан сосредоточены значительные запасы СВН, приуроченные как к терригенным коллекторам уфимского яруса, так и карбонатным резервуарам казанского яруса пермской системы. Большинство методик поисков и разведки подобного рода УВ сырья разработаны для закономерно размещающихся продуктивных терригенных ловушек уфимского яруса, поэтому залежи СВН казанского яруса долгое время были второстепенными по перспективам их освоения. **Цель исследований.** Разработка методики прогноза и поисков залежей сверхвязкой нефти отложений казанского яруса в пределах Мелекесской впадины и уточнение перспектив нефтеносности. **Методы исследования.** Для решения поставленной цели авторами выполнено комплексирование данных сейсморазведочных работ, ядерного материала и геофизических исследований структурных и поисково-оценочных скважин, а также ареалов распространения залежей традиционной и сверхвязкой нефти с учетом тектонической и палеотектонической позиции региона. **Результаты работы.** Приведенная в статье методика поисков органогенных резервуаров пермской системы Мелекесской впадины Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна основана на выявленной авторами пространственно-генетической связи органогенных и рифовых построек раннеказанского возраста с позднедевонским. Анализ данных позволил авторам разработать критерии нефтеносности отложений казанского яруса в пределах Мелекесской впадины, которые выражаются в наличии рифогенных построек в верхнедевонских отложениях, унаследованности органогенных структур вверх по разрезу, залежей нефти в нижележащих отложениях осадочного чехла, продуктивных высокочемных органогенных и оолитовых разностей в карбонатных породах казанского яруса, изолированных глинистыми породами. Методика позволяет выявить пропущенные залежи СВН казанского яруса, контролируемые карбонатными резервуарами и нарастить запасы углеводородного сырья в пределах Мелекесской впадины.

Ключевые слова: сверхвязкая нефть, Мелекесская впадина, ловушка углеводородов, органогенная постройка, сейсморазведочные исследования.

Благодарности: Работа выполнена за счет гранта Республики Татарстан, предоставленного молодым ученым и молодежным научным коллективам на проведение научных исследований в наиболее перспективных и значимых для развития Республики Татарстан областях.

Для цитирования: Мударисова Р.А., Лукьянова Р.Г. Методика прогноза и поисков карбонатных резервуаров сверхвязкой нефти казанского яруса Мелекесской впадины. *Геология и геофизика Юга России*. 2025. 15(4): 137–150. DOI: 10.46698/h5492-0913-2863-p

DOI: 10.46698/h5492-0913-2863-p

Original paper

Searching and exploration methodology for carbonate reservoirs of the Kazanian Stage ultraviscous oil the Melekess Depression

R.A. Mudarisova^{1,2}, R.G. Lukyanova¹

¹ Kazan (Volga region) Federal University, 18 Kremlevskaya Str., Kazan 420008, Russian Federation, e-mail: rayshania@mail.ru;

² Institute for problems of ecology and mineral wealth use, Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dauraskaya Str., Kazan 420087, Russian Federation

Received: 12.05.2025, revised: 10.11.2025, accepted: 13.11.2025

Abstract: Relevance. For the oil-producing regions of the European part of Russia, a trend of declining production rates of conventional hydrocarbons is characteristic. Consequently, the search for and development of hard-to-recover reserves and unconventional reservoirs is becoming increasingly critical. The reserves of ultraviscous oil, classified among such resources, serve as a source of growth of hydrocarbons raw materials in the region. In the depths of the Republic of Tatarstan, significant reserves of ultraviscous oil are concentrated, confined to both terrigenous reservoirs of the Ufimian Stage and carbonate reservoirs of the Kazanian Stage of the Permian System. Most of the Searching and exploration methodologies of this type of hydrocarbon raw materials have been developed for regularly located productive terrigenous traps of the Ufimian Stage, therefore the deposits of ultraviscous oil of the Kazanian Stage have long been secondary in terms of their development prospects. **Aim.** Development of a searching and exploration methodology deposits of ultraviscous oil in the Kazanian Stage within the Melekess Depression and clarification of oil potential. **Methods.** To achieve this goal, the authors integrated seismic data, geophysical and core material from structural and exploration wells, as well as areas of distribution of traditional and ultraviscous oil deposits, taking into account the tectonic and paleotectonic position of the region. **Results.** The searching methodology for organogenic reservoirs of the Permian System of the Melekess Depression of the Volga-Ural oil and gas basin presented in the article is based on the spatial and genetic relationship of organogenic and reef structures of the Early Kazanian age with the Late Devonian identified by the authors. The data analysis allowed the authors to develop criteria for the oil presence of the Kazanian Stage deposits within the Melekess Depression, which are expressed in the presence of reef structures in the Upper Devonian deposits, the inheritance of organogenic structures up the section, oil deposits in the underlying sedimentary cover deposits, and productive high-capacity organogenic and oolitic varieties in the carbonate rocks of the Kazanian Stage, isolated by clayey rocks. The methodology allows identifying missed deposits of ultraviscous oil of the Kazanian Stage controlled by carbonate reservoirs and increasing hydrocarbon reserves within the Melekess Depression.

Keywords: ultraviscous oil, Melekess Depression, hydrocarbon trap, organogenic structure, seismic exploration research.

Acknowledgements: *The work was carried out at the expense of a grant from the Republic of Tatarstan, provided to young scientists and youth research teams to conduct scientific research in the most promising and significant areas for the development of the Republic of Tatarstan.*

For citation: Mudarisova R.A., Lukyanova R.G. Searching and exploration methodology for carbonate reservoirs of the Kazanian Stage ultraviscous oil the Melekess Depression. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2025. 15(4): 137–150. DOI: 10.46698/h5492-0913-2863-p

Введение

Крупные и средние месторождения УВ центральных областей Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна, которые обеспечивают основную добычу нефти, находятся на поздней стадии разработки [Муслимов, 2021]. Поиски и освоение сверхвязкой нефти (СВН), как одного из источников прироста запасов УВ в регионе, представляют собой актуальную задачу для недропользователей.

В отложениях пермской системы на территории республики Татарстан содержатся значительные запасы сверхвязкой нефти, приуроченные как к терригенным коллекторам уфимского яруса, так и карбонатным породам казанского яруса пермской системы. Первостепенным объектом изучения различными методами, начиная с 70-х годов прошлого века по настоящее время, являются залежи СВН в уфимском ярусе, приуроченные в современном тектоническом плане к западному склону Южно-Татарского свода и контролируемые песчаными баровыми телами. На данный момент более десяти залежей находятся в разработке [Успенский и др., 2008; Хисамов и др., 2021, 2022]. Залежи СВН казанского яруса восточного борта Мелекесской впадины, гораздо менее изученные и сложные по геологическому строению, имеют второстепенное значение по запасам и перспективам их поисков и освоения [Мударисова и др., 2025], они изучались, в большой степени, в ходе структурного бурения [Успенский и др., 2008; Хисамов и др., 2022].

Научная новизна работы состоит в том, что установленная авторами ранее пространственно-генетическая связь нижнеказанских органогенных структур с верхнедевонскими позволяет разработать методику прогноза и поисков карбонатных резервуаров сверхвязкой нефти казанского яруса Мелекесской впадины.

Изучение участков, перспективных на поиски залежей и месторождений СВН пермской системы, большинством ученых и специалистов республики Татарстан было основано на исследовании кернового и каротажного материалов, полученных в ходе структурного бурения 70–80-х годов прошлого столетия. Специалистами ПАО «Татнефть» разработана методика геологоразведочных работ на поиски и разведку залежей СВН уфимского яруса Южно-Татарского свода, основанная на доказанном баровом развитии песчаных тел, образующих структурные гряды северо-западного простирания, толщиной более 15 м [Хисамов и др., 2022].

На стадии выявления пермских объектов для постановки поискового бурения в республике Татарстан применяется широкий комплекс геофизических и геохимических методов, среди которых выделяются:

- комплексная интерпретация геофизических методов исследования электро-разведки и магниторазведки для поиска залежей СВН [Швыдкин, 2000; Войтович и др., 2013]. Выполняются построения изолиний потенциалов естественного поля (метод ЕП) и изодинам аномального магнитного поля (метод МП). Качественная интерпретация включает в себя выделение локальных аномальных объектов, определение их геологической природы, линейных размеров, предполагаемых границ скоплений СВН, а аномальные зоны внутри контура определяют положение купольных частей структур;

- высокоточная гравиразведка [Слепак, 2022], в результате которой анализируются данные о плотностных особенностях пород, являющихся физико-геологической основой интерпретации аномального гравитационного поля. Гравитационные аномалии, создаваемые органогенными структурами, могут являться поисковыми признаками скопления СВН;

– геохимическая съемка для определения степени герметичности покрышки залежи СВН. Выполняется построение карт изолиний (изогаз) по содержанию газов, в том числе и углеводородных, а также карт содержания микроэлементов, которые кратно превышают фоновые концентрации. Максимальные значения изогаз показывают зону негерметичности покрышки над залежью СВН [Хисамов и др., 2022];

– комплексные работы в неглубоких скважинах, включающие в себя малоглубинную модификацию МОГТ-2D, электротомографию и газометрическую съемку. Данные опытные исследования позволяют получить временные разрезы, по которым можно выделить надежные отражающие границы в отложениях пермской системы [Хисамов и др., 2022];

– геофизический комплекс для определения границ геологических слоев верхней части разреза с помощью импульсного электромагнитного радиолокатора подповерхностного зондирования, георадар «ЛОЗА», разработанный сотрудниками ВНИИСМИ (г. Москва). Результатом обработки георадиолокационных данных являются временные разрезы (радарограммы), на которых отображается волновая картина с особенностями строения участков исследования. На радарограммах возможно выделение особенностей геологического строения пластов, нефтенасыщенных толщин, углового и стратиграфического несогласий по типу отраженных границ. Стратиграфическая привязка отражающих границ к реальным геологическим границам осуществляется на основе сопоставления с данными отбора керн и материалов интерпретации ГИС в скважинах. По результатам выполняется построение структурных карт по выдержанным отраженным границам электромагнитного импульса, с выделением нефтенасыщенной толщины залежи СВН (Способ картирования структурных поднятий в верхней части осадочного чехла и прогнозирования сверхвязких нефтей. Патент RU2551261C1. 2015. Хисамов Р.С., Динмухамедов Р.Ш., Войтович С.Е., Чернышова М.Г., Дергунов И.В.).

Территория Мелекесской впадины обладает высокими перспективами выявления залежей СВН, на восточном борту которой самым крупным месторождением в нижнеказанском зонально нефтебитуминозном терригенно-карбонатном комплексе является Горское месторождение СВН с карбонатными продуктивными коллекторами. Породы-коллекторы сложены преимущественно двумя литотипами – реликтово-органогенными и оолитовыми известковистыми доломитами и обладают высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств и нефтенасыщения. Нефтеносные продуктивные отложения залегают на небольших глубинах до 300 м. Средние значения параметров для обоих литотипов составляют: открытая пористость 16,75 и 19,92%, проницаемость $130,27 \cdot 10^{-3}$ и $243,12 \cdot 10^{-3}$ мкм², нефтенасыщенность по массе составляет, соответственно, 4,83 и 6,19% [Мударисова и др., 2025]. Гипергенные изменения Горской залежи сверхвязкой нефти вызвали неравномерное насыщение нефтью, как по площади, так и по разрезу, а также отсутствие четко выраженного водонефтяного контакта, что значительно усложнило геологическое строение карбонатного резервуара.

Методы исследования

Для выявления скоплений СВН в пределах Мелекесской впадины, авторами проведено комплексное изучение палеотектонического развития территории, условий формирования нижнеказанских ловушек, данных сейсморазведки, лабора-

торные исследования геохимического состава пород коллекторов и покрышек, а также состава и свойств пластовых флюидов на примере Горского месторождения СВН. Так, в работе [Мударисова и др., 2021] впервые выявлены закономерности пространственно-генетической связи органогенных ловушек пермского возраста с более древними структурами рифогенного типа позднедевонского возраста. По палеотектоническим и палеогеографическим реконструкциям, проведенным авторами ранее [Мударисова и др., 2021, 2025], установлена органогенная природа ловушки казанского яруса Горского участка. Генетически, формирование Горской среднепермской структуры связано с циклическим и унаследованным развитием рифогенных и органогенных структур, начиная с позднефранско-фаменского времени, когда на изучаемой территории существовал Усть-Черемшанский внутри-формационный некомпенсированный прогиб Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) (рис. 1).

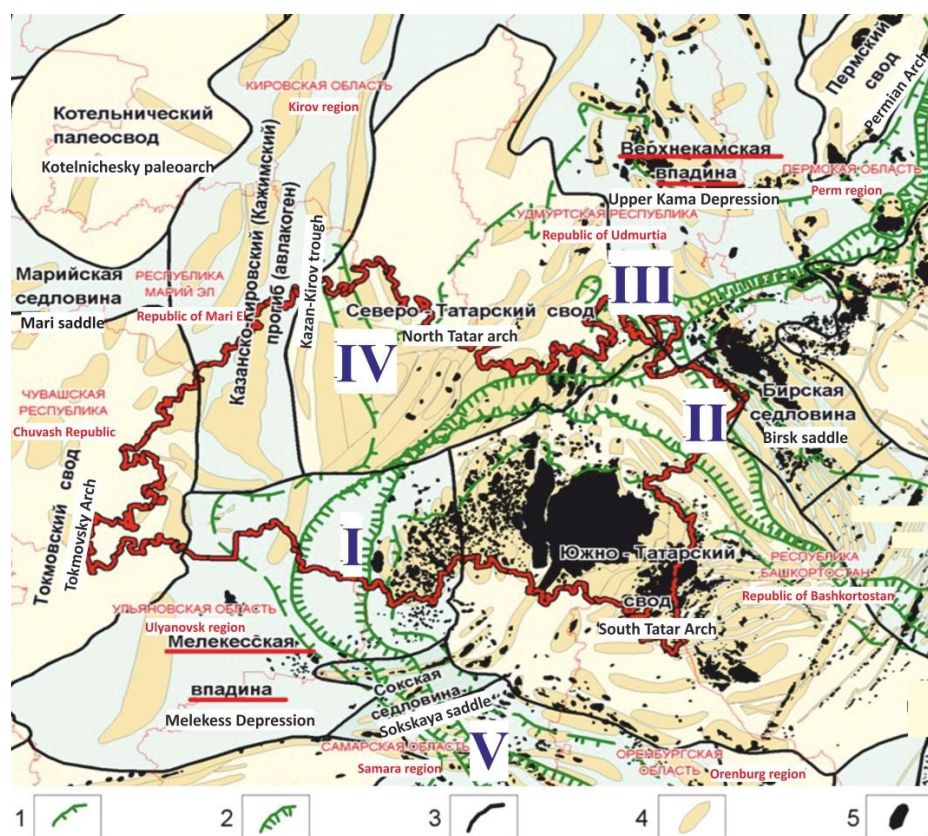


Рис. 1. Современная тектоническая схема Республики Татарстан и сопредельных регионов (по данным ПАО «Татнефть»). Палеопрогибы: I – Усть-Черемшанский, II – Нижнекамский, III – Можгинский, IV – Казанбаишский, V – Муханово-Ероховский. Границы Камско-Кинельской системы палеопрогибов: 1 – внутренней бортовой зоны, 2 – осевой зоны; 3 – современные границы структур первого порядка, 4 – валы, 5 – нефтяные месторождения /

Fig. 1. Modern tectonic map of the Republic of Tatarstan and adjacent regions (according to PJSC Tatneft). Paleo-depressions: I – Ust-Cheremshanskian, II – Nizhnekamskian, III – Mozhginskian, IV – Kazanbashskian, V – Mukhanovo-Erokhovskian. Boundaries of the Kama-Kinelsky system paleo-depressions: 1 – inner marginal zone, 2 – axial zone; 3 – modern boundaries of first-order structures, 4 – shafts, 5 – oil fields

Исследования с помощью метода изобахического треугольника и графика роста структур в комплексе с анализом сейсмоволновой картины профилей показали, что

над амплитудными рифовыми постройками позднефранского-фаменского возраста, расположенными на палеошельфах Усть-Черемшанского некомпенсированного прогиба отмечается унаследованное развитие органогенных построек вплоть до казанского века. Унаследованные структуры менее контрастны и развивались со смещением по отношению к цокольным органогенным постройкам (рис. 2). Также необходимо отметить, что не все нижнеказанские органогенные тела выделяются в сейсмоволновом поле, что является осложняющим фактором для поисков такого рода ловушек. Поэтому, для прогноза и поисков подобного типа структур помимо вышеперечисленных данных, необходимо учитывать критерии нефтегазоносности изучаемой территории, такие как генетический – анализ ареалов распространения залежей традиционной и сверхвязкой нефти с учетом тектонической и палеотектонической позиции региона, и литолого-фациальный – выявление продуктивных высокочемских органогенных и оолитовых карбонатных пород в отложениях казанского яруса.

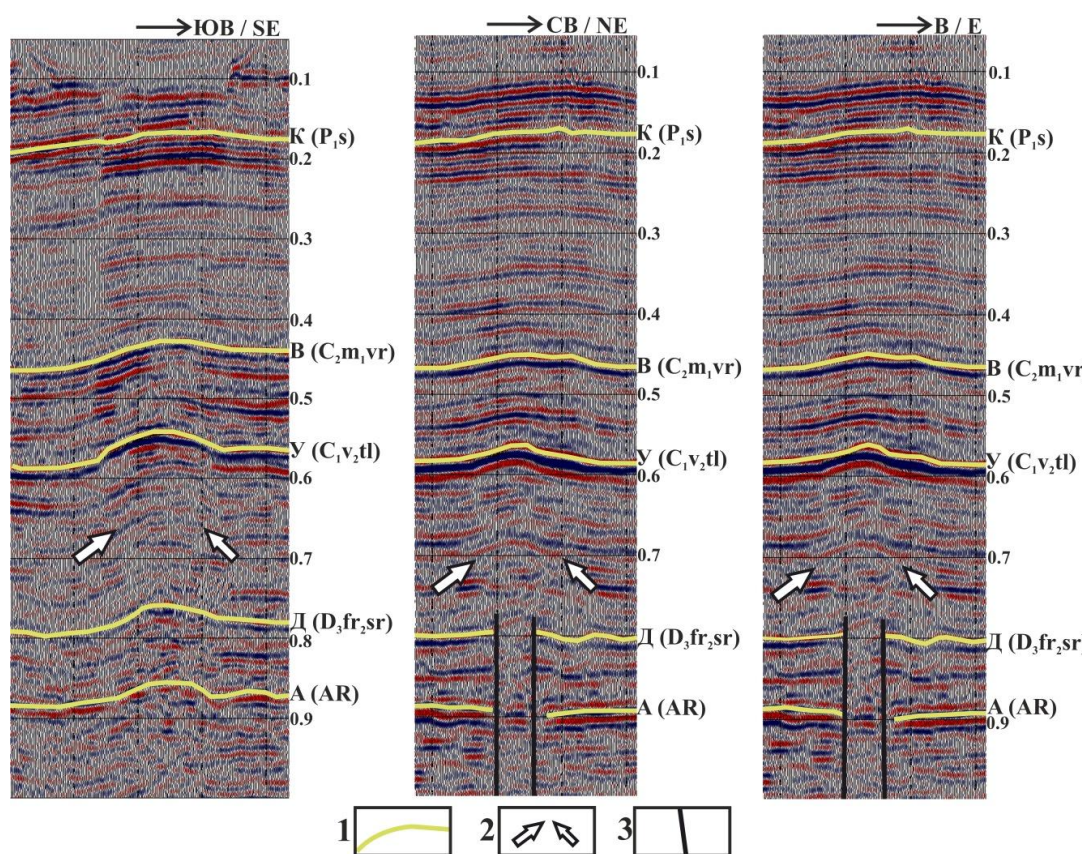


Рис. 2. Фрагменты временных разрезов сейсмопрофилей восточного борта Мелекесской впадины. 1 – границы отражающих горизонтов, 2 – рифогенные постройки, 3 – тектонические нарушения /

Fig. 2. Fragments of time sections of seismic profiles of the Eastern Side of the Melekess Depression.

1 – boundaries of reflecting horizons, 2 – reef structures, 3 – tectonic faults

Результаты и обсуждение

Изучаемая территория в среднепермское (раннеказанское) время была приурочена к Татарскому палеосводу и, по В.И. Игнатьеву [Игнатьев, 1976], представляла собой зону отложения фаций нормально-соленого моря, с формированием рифовых тел.

По мнению С.С. Эллерна, эволюция рифообразования во времени и в пространстве подчиняется единому историко-геологическому процессу, связана с направленным развитием осадочно-породного бассейна и является периодической в течение одного тектонического цикла [Эллерн, 1980]. Периодичность или цикличность развития характерна для многих геологических объектов, например для углей [Трощенко, 2017].

Месторождения углеводородов, контролируемые рифогенными ловушками пермского возраста широко распространены в нефтегазоносных бассейнах (НГБ) мира: в Пермском НГБ – месторождения Кремнитц, Эбо, Сан-Андреас; в Сычуаньском НГБ – месторождение Юаньба, в Волго-Уральском НГБ – Ишимбайское, Карташевское, Совхозное, Введенское, Кунакбаевское, Уметовское, Антиповское месторождения; в Тимано-Печорском НГБ – Лаявожское, Южно-Хыльчуйское, Ярейюское месторождения; в Прикаспийском НГБ – Карачаганак, Бозоба, Западно-Тепловское, Восточно-Гремячинское месторождения [Залежи ..., 1982; Weidlich, 2002; Kuznetsov, 2018; Журавлева, 2020; Евдокимов, 2020].

Формирование изучаемой Горской структуры Мелекесской впадины продолжалось в течение герцинской эпохи тектогенеза. Также необходимо учитывать и геоморфологическую дифференциацию в период осадконакопления, т.е. продольную миграцию (смещение) рифов в позднефранско-фаменское время во время развития на изучаемой территории Усть-Черемшанского некомпенсированного прогиба. Сформировавшиеся в бортовых зонах прогиба рифогенные постройки располагались на бровке шельфа и отделяли шельф от глубоководной части (рис. 3). В процессе повышения уровня моря рифовые тела мигрировали в сторону бортовых частей Усть-Черемшанского некомпенсированного прогиба, при понижении уровня – в сторону его осевой, наиболее погруженной части, например, аналогично происходило формирование рифов в краевых частях платформы формации Чансин в восточной части Сычуаньского нефтегазоносного бассейна [Tan et al., 2020; Qi et al., 2021].

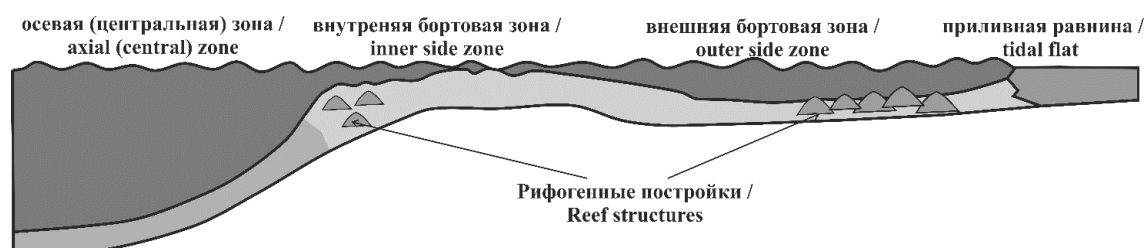


Рис. 3. Схематическая иллюстрация формирования Усть-Черемшанского внутриформационного некомпенсированного прогиба Камско-Кинельской системы /
Fig. 3. Schematic illustration of the formation of the Ust-Cheremshanskian intraformational uncompensated Depressions of the Kama-Kinel System

Рис. 3. Схематическая иллюстрация формирования Усть-Черемшанского внутриформационного некомпенсированного прогиба Камско-Кинельской системы /
Fig. 3. Schematic illustration of the formation of the Ust-Cheremshanskian intraformational uncompensated Depressions of the Kama-Kinel System

В разрезе осадочного чехла под Горским месторождением СВН выявлено и находится в разработке Осеннее месторождение нефти с залежами в отложениях турнейского, визейского и башкирского ярусов (рис. 4) [Нефтегазоносность ..., 2007].

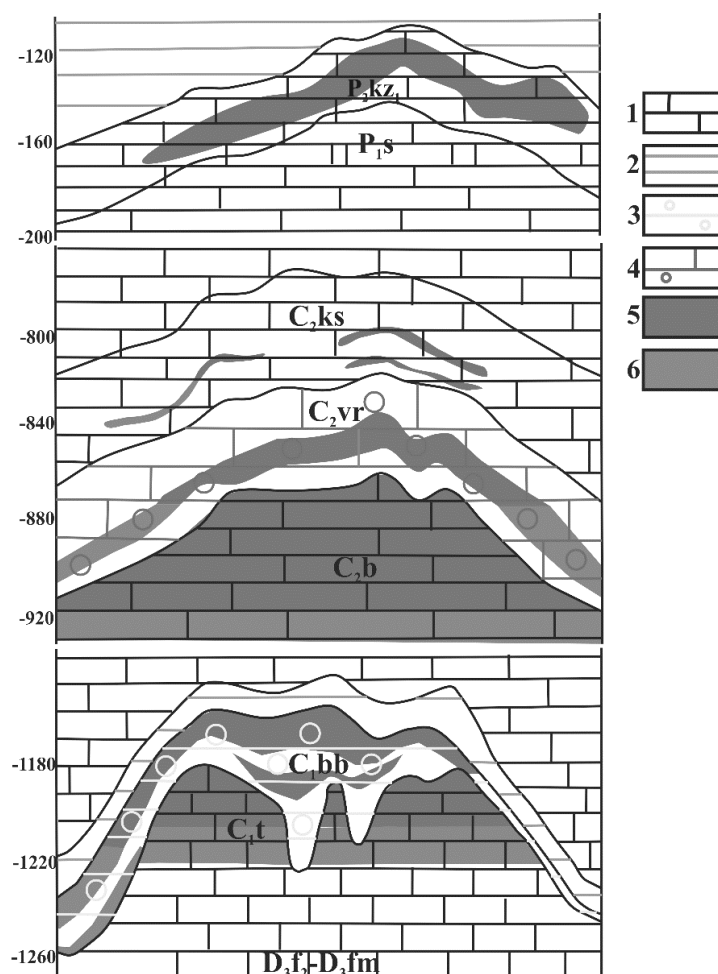


Рис. 4. Положение залежей УВ в продуктивных отложениях каменноугольной и пермской систем на примере месторождений восточного борта Мелекесской впадины.

Породы: 1 – карбонатные, 2 – глинистые, 3 – песчаные, 4 – переслаивание карбонатных с глинистыми, 5 – нефтеносные, 6 – водоносные

Fig. 4. The position of hydrocarbon deposits in productive deposits of the Carboniferous and Permian Systems on the example of deposits on the Eastern Side of the Melekess Depression
Rocks: 1 – limestones, 2 – clay, 3 – sand, 4 – interbedding of carbonate with clay, 5 – oil-bearing, 6 – water-bearing

Скорость формирования рифов намного выше осадения не рифовых образований. Рифовые и органогенные постройки, из-за разности значений плотности и скорости упругих волн в ансамбле вмещающих пород, четко отображаются на сейсмоволновой картине временных разрезов. В отличие от малоамплитудных антиклинальных ловушек пластового типа, органогенные тела имеют холмообразную форму, выраженный масштаб и размытые боковые границы, например [Kumar, Sain, 2023; Zhao et al., 2024]. Отражение на волновой картине варьируется в зависимости от типа рифа, масштаба и физических свойств резервуара, а также от глубины.

Осадочный чехол и кристаллическое основание республики Татарстан широко изучены сейсморазведочными исследованиями в модификациях МОГТ 2D и МОГТ 3D. Данные работы проводятся для исследования рельефа и строения кристаллического фундамента, тектонических нарушений в теле фундамента и в осадочной тол-

ще, выявления антиклинальных и литологических ловушек нижней и средней частей осадочного чехла, выделения зон эрозионных врезов [Дробинский и др., 2020] и подготовки объектов для глубокого бурения. При этом также осуществляется выделение органогенных построек в отложениях девонской и каменноугольной систем. Выявление рифогенных структур казанского возраста затруднено, во-первых, малой глубиной их залегания, ограничивающей возможности сейсморазведки, во-вторых, сложным строением и слабой контрастностью объектов.

Высокая степень изученности сейсморазведкой территории Мелекесской впадины и генетически связанного с ней Усть-Черемшанского внутриформационного прогиба, позволяет исследователям уверенно выделять рифогенные постройки в верхнедевонских–нижнекаменноугольных отложениях на сеймопрофилях (рис. 2), а в случаях, когда их выделение в отложениях пермской системы затруднено, можно предполагать локализацию органогенных тел, основываясь на описанных выше закономерностях унаследованного характера формирования рифов в пределах осадочного чехла.

Для территории Мелекесской впадины при проведении геологоразведочных работ, направленных на прогнозирование, поиски и разведку скоплений сверхвязкой нефти в карбонатных отложениях казанского возраста, аналогичных Горскому месторождению СВН, необходимо учитывать генетические и литолого-фациальные критерии, а также палеотектонические условия формирования ловушек.

Для разработки методики прогноза и поисков карбонатных резервуаров казанского яруса авторами рассмотрен участок развития органогенных структур в пределах восточного борта Мелекесской впадины, который совпадает с областью распространения фаций нормально-соленого моря по Игнатьеву (P_2kz_1) [Игнатьев, 1976] и с бортовой палеошельфовой зоной ($D_3fr_2-C_1t$) Усть-Черемшанского прогиба ККСР. В пределах изучаемого участка авторами проведены сопоставление и анализ следующих данных:

- ареалов распространения залежей нефти и сверхвязкой нефти [Нефтегазоносность ..., 2007; Успенский, Валеева, 2008];
- распространения локальных поднятий, выявленных по сейсморазведочным исследованиям, поисковому и структурному бурению;
- сейсмоволновой картины временных разрезов;
- данных керна структурных скважин.

Всего проанализировано более 60 структур, выделенных сейсморазведочными исследованиями по отражающим горизонтам А, Д, У, В, P_1s . Из них на 63% структур по сейсмоволновой картине выделяются аномалии типа «риф» в верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложениях, а также прослеживается унаследованное развитие органогенных построек по разрезу вплоть до пермских с некоторым смещением по разрезу. К половине изучаемых локальных поднятий приурочены скопления нефти в отложениях каменноугольной системы, а также для одной трети структур характерно наличие сохранившихся гипергенно-преобразованных залежей СВН в казанском ярусе, где по данным керна структурных скважин коллекторы представлены оолитовыми и органогенными породами с нефтепроявлениями (рис. 5).

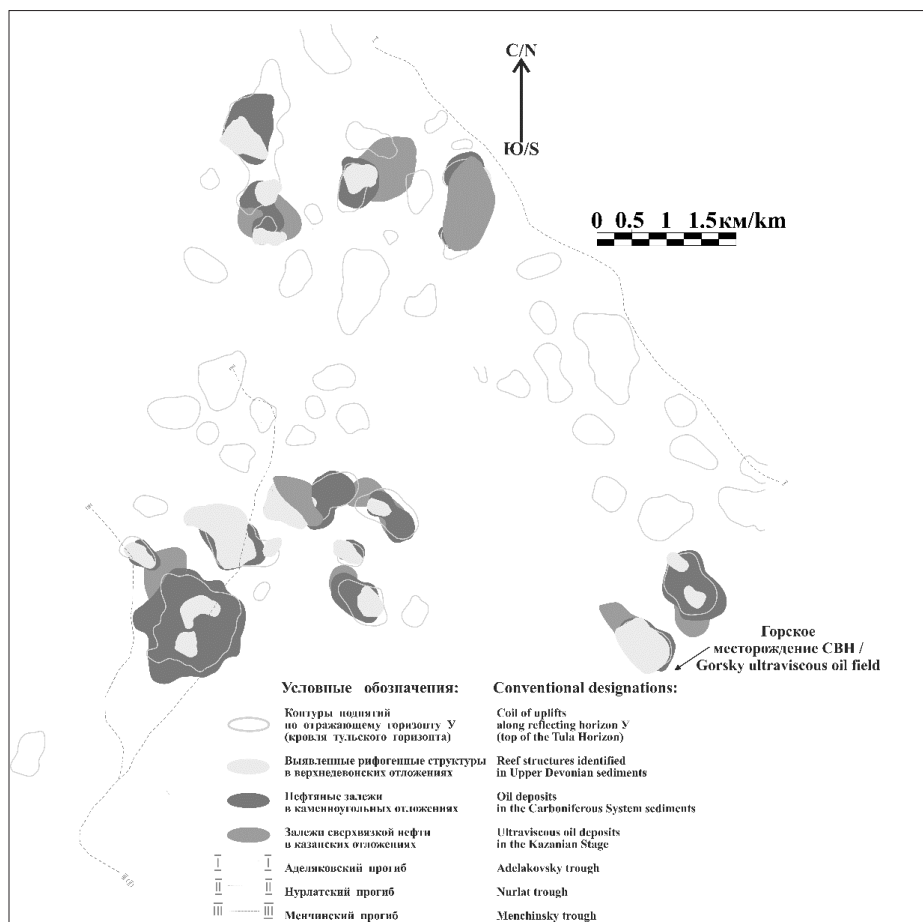


Рис. 5. Сопоставление критериев перспективности изучаемой территории восточного борта Мелекесской впадины (фрагмент) /

Fig. 5. Comparison of the criteria for the prospects of the studied territory of the eastern side of the Melekess Depression (fragment)

С целью прогнозирования залежей сверхвязкой нефти в карбонатных отложениях казанского яруса, авторами сформулированы следующие критерии перспективности территории:

- наличие рифогенных построек, приуроченных к верхнедевонским отложениям;
- унаследованность и смещение органогенных структур вверх по разрезу;
- наличие залежей нефти в отложениях нижнего и среднего отдела карбонатно-гипсовой системы;
- наличие органогенных и оолитовых разностей в карбонатных породах казанского яруса, характеризующихся высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств;
- наличие покрывки для залежи СВН, обеспечивающей ее сохранность.

Поднятия, выявленные по отражающим горизонтам верхнепалеозойских отложений, преимущественно относятся к тектоно-седиментационному типу. Разработанные авторами методические приемы направлены на прогнозирование и поиски залежей сверхвязкой нефти в карбонатных коллекторах казанского яруса в пределах Мелекесской впадины. Область развития органогенных построек распространяется в юго-западном, юго-восточном и южном направлениях от изучаемого участка.

Выводы

Проведен обзор существующих методик прогноза и поисков залежей сверхвязкой нефти, разработанных для терригенных отложений уфимского яруса и не применимых для карбонатных пород казанского яруса пермской системы. Комплексный анализ данных структурного, поискового бурения, сейсморазведочных работ, результатов исследований керна и ГИС на основе тектонической и палеотектонической позиции изучаемого региона позволил авторам установить пространственно-генетическую связь нижнеказанских органогенных структур с верхнедевонскими и разработать критерии нефтеносности отложений казанского яруса в пределах Мелекесской впадины.

Методика прогноза и поисков сверхвязкой нефти в продуктивных карбонатных породах казанского яруса состоит в учете совокупности выявленных авторами пяти критериев нефтегазоносности территории. Перспективными на поиски карбонатных резервуаров являются участки развития унаследованных по разрезу верхнедевонских рифовых структур, при наличии нефтеносности осадочного чехла, а также высокеемких коллекторов и изолирующих их флюидоупоров в нижнеказанских отложениях. Прогнозирование ловушек раннеказанского возраста с использованием разработанной методики позволит оптимизировать геологоразведочные работы на сверхвязкую нефть в пределах Мелекесской впадины, выявить пропущенные залежи СВН и прирастить запасы углеводородов.

Литература

1. Войтович С.Е., Чернышова М.Г., Гаврилина Л.Г., Гатауллин Р.И., Гринько Ю.А., Дергунов И.В. Развитие геофизических и геохимических методов исследования для геологоразведочных работ поиска и разведки месторождений нефти и газа. // Георесурсы. – 2013. – Т. 1. № 51. – С. 22–26.
2. Дробинский А.А., Гольчикова Н.Н., Камнев П.П. Особенности строения и перспективы нефтегазоносности палеоканала, выявленного по данным МОГТ в восточной части Каракульско-Смушковской зоны поднятий. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. № 3. – С. 114–126. DOI: 10.46698/VNC.2020.13.71.007.
3. Евдокимов Н.В. Особенности строения нижнепермских карбонатных резервуаров севера Печоро-Колвинского авлакогена и их нефтегазоносность. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 3(339). – С. 13–20. DOI: 10.30713/2413-5011-2020-3(339)-13-20.
4. Журавлева Л.М. Палеогеографические типы нижнепермских рифов юго-востока Восточно-Европейской платформы и их нефтегазоносность. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 2(338). – С. 13–18. DOI: 10.30713/2413-5011-2020-2(338)-13-18.
5. Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа: альбом-справочник. / Под редакцией В.В. Семенова. – М.: Недра, 1982. – 189 с.
6. Игнатьев В.И. Формирование Волго-Уральской антеклизы в пермский период. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. – 256 с.
7. Мударисова Р.А., Лукьянова Р.Г., Валеева С.Е., Успенский Б.В., Петрова Д.И., Мухаматдинов И.И. Моделирование карбонатного резервуара сверхвязкой нефти казанского яруса для определения приоритетных направлений освоения. // Георесурсы. – 2025. – № 27(1). – С. 267–274. DOI: 10.18599/grs.2025.1.12.
8. Мударисова Р.А., Лукьянова Р.Г., Успенский Б.В. Палеотектонические реконструкции условий формирования Горского месторождения сверхвязких нефтей. // Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 6. – С. 27–31. DOI: 10.24887/0028-2448-2021-6-27-31.

9. Муслимов Р.Х. Опыт Республики Татарстан по рациональному освоению нефтяных богатств недр: былое и думы о будущем. Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2021. – 680 с.
10. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. Т.2. / Под редакцией Р.Х. Муслимова. – Казань: Фэн, 2007. – 524 с.
11. Слепак З.М. Планета Земля. Строение и энергетика планеты. Нефтяная геология, геофизика, экология. Зеленые технологии. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2022. – 177 с.
12. Трощенко В.В. Цикличность угленакопления и геотектоника. // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – № 1. – С. 73–80. DOI: 10.23671/VNC.2017.1.9480.
13. Успенский Б.В., Валеева И.Ф. Геология месторождений природных битумов Республики Татарстан. Казань: ПФ «ГАРТ», 2008. – 347 с.
14. Хисамов Р.С., Базаревская В.Г., Аношин Д.В. Формирование комплексного научно-технического проекта ПАО «Татнефть» в области освоения трудноизвлекаемых запасов. // Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 7. – С. 10–13. DOI: 10.24887/0028-2448-2021-7-10-13
15. Хисамов Р.С., Бачков А.П., Войтович С.Е., Ахметшин А.З., Сухов К.А. Геологические основы поисков и разведки месторождений сверхвязкой нефти в центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Казань: Изд-во «Наследие нашего народа», 2022. – 184 с.
16. Швыдкий Э.К. Активные эпигенетические процессы в разрезах над залежами углеводородов и формирование геохимических и геофизических полей. Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы. // Материалы I Всероссийской конференции. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. – С. 371–375.
17. Эллерн С.С. О периодичности рифообразования и распространении рифовых образований в осадочно-породных бассейнах платформ. // Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. М.: Наука, 1983. – С. 94–104.
18. Kumar P.C., Sain K. Machine learning elucidates the anatomy of buried carbonate reef from seismic reflection data. // Artificial Intelligence in Geosciences. – 2023. – Vol. 4. – pp. 59–67. DOI: 10.1016/j.aiig.2023.04.001.
19. Kuznetsov V.G. Reef construction in the second half of the permian and biotic crisis at the permian-triassic boundary. // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2018. – Vol. 26. No. 7. – pp. 755–770.
20. Qi R., Xiayan T., Changhai X., Lianjin Zh., Tianjun H., Shumin L., Kongyun D., Baiyu P. Fine description of ramp-type small bioherms and breakthrough of “two bioherms in one well” in high-yield gas wells: A case study of the Changxing Formation small bioherm group in the eastern Sichuan Basin. // Natural Gas Industry B. – 2021. – Vol. 8. Issue 4. – pp. 384–392. DOI: 10.1016/j.ngib.2021.07.009
21. Tan L., Liu H., Tang Y., Tang Y., Luo B., Zhang Y., Yang Y., Liao Y., Du W., Yang X. Characteristics and mechanism of upper permian reef reservoirs in the eastern Longgang Area, Northeastern Sichuan Basin, China. // Petroleum. – 2020. – Vol. 6. Issue 2. – pp. 130–137. DOI: 10.1016/j.petlm.2019.06.008.
22. Weidlich O. Permian reefs re-examined: extrinsic control mechanisms of gradual and abrupt changes during 40 my of reef evolution. // Geobios. – 2002. – Vol. 35. Suppl. 1. – pp. 287–294. DOI: 10.1016/S0016-6995(02)00066-9.
23. Zhao H., Yi J., Zhang H., Zhao R., Zhang J., Dai J., Lu L., An H. Seismic geological characteristics and gas reservoir distribution of Changxing Formation biological bio-reef reservoir in the Longhuichang-Tieshan area, northeastern Sichuan Basin, China. // Journal of Natural Gas Geoscience. – 2024. – Vol. 9. Issue 2. – pp. 111–122. DOI: 10.1016/j.jnggs.2024.03.004.

References

1. Voytovich S.E., Chernyshova M.G., Gavrilina L.G., Gataullin R.I., Grinko Yu.A., Dergunov I.V. Development of geophysical and geochemical methods of research for exploration and prospecting of oil and gas fields. Georesources. 2013. Vol. 1. No. 51. pp. 22–26. (In Russ.)

2. Drobinskiy A.A., Golchikova N.N., Kamnev P.P. Structure features and oil and gas prospect of paleochannel revealed with 2d seismic data in the East of Karakulsko-Smushkovskaya Uplift Zone. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10 No. 3. pp. 114–126. DOI: 10.46698/VNC.2020.13.71.007 (In Russ.)
3. Evdokimov N.V. Some specific features of the structure of the Lower Permian carbonate reservoirs within the Northern part of Pechora-Kolva aulacogen and their oil and gas potential. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2020. No. 3(339). pp. 13–20. DOI: 10.30713/2413-5011-2020-3(339)-13-20. (In Russ.)
4. Zhuravleva L.M. Paleogeographic types of Lower Permian reefs of the East European Platform and their oil and gas potential. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2020. No. 2(338). pp. 13–18. DOI: 10.30713/2413-5011-2020-2(338)-13-18. (In Russ.)
5. Oil and gas deposits in non-anticlinal traps. Reference album. Ed. V.V. Semenov. Moscow. Nedra. 1982. 189 p. (In Russ.)
6. Ignatiev V.I. Formation of the Volga-Ural antecline during the Permian period. Kazan. Kazan University. 1976. 256 p. (In Russ.)
7. Mudarisova R.A., Lukyanova R.G., Valeeva S.E., Uspensky B.V., Petrova D.I., Mukhamatdinov I.I. Modeling of a carbonate reservoir of ultraviscous oil of the Kazanian Stage to determine priority areas for development. *Georesources*. 2025. No. 27(1). pp. 22–26. DOI: 10.18599/grs.2025.1.12. (In Russ.)
8. Mudarisova R.A., Lukyanova R.G., Uspensky B.V. Paleotectonic reconstructions of formation conditions of Gorskoye extra-heavy oil field. *Oil Industry*. 2021. No. 6. pp. 27–31. DOI: 10.24887/0028-2448-2021-6-27-31. (In Russ.)
9. Muslimov R.Kh. The Republic of Tatarstan's Experience in Rational Development of Subsoil Oil Resources: The Past and Future Perspectives. Kazan: Fan Publishing House of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. 2021. 680 p. (In Russ.)
10. Oil and gas potential of the Republic of Tatarstan. *Geology and development of oil fields*. Vol. 2. Ed. R.Kh. Muslimov. Kazan. Fen. 2007. 524 p. (In Russ.)
11. Slepak Z.M. Planet Earth. Structure and energy of the planet. Oil geology, geophysics, ecology. Green technologies. Kazan. Kazan University. 2022. 177 p. (In Russ.)
12. Troschenko V.V. Cyclicity of coal accumulation: its bearing on the geotectonics. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2017. No. 3. pp. 73–80. DOI: 10.23671/VNC.2017.1.9480. (In Russ.)
13. Uspensky B.V., Valeeva I.F. Geology of natural bitumen deposits in the Republic of Tatarstan. Kazan. GART. 2008. 347 p. (In Russ.)
14. Khisamov R.S., Bazarevskaya V.G., Anoshin D.V. Tatneft PJSC comprehensive R&D project for development of unconventional reserves. *Oil Industry*. 2021. No. 7. pp. 10–13. DOI: 10.24887/0028-2448-2021-7-10-13. (In Russ.)
15. Khisamov R.S., Bachkov A.P., Voitovich S.E., Akhmetshin A.Z., Sukhov K.A. Geological foundations for the search and exploration of super-viscous oil deposits in the central part of the Volga-Ural oil and gas province. Kazan. Nasledie nashego naroda. 2022. 184 p. (In Russ.)
16. Shvydkin E.K. Active epigenetic processes in sections above hydrocarbon deposits and formation of geochemical and geophysical fields. Monitoring of the geological environment: active endogenous and exogenous processes. In: *Proceedings of the First All-Russian Conference*. Kazan. Kazan University. 2000. pp. 371–375. (In Russ.)
17. Ellern S.S. On the periodicity of reef formation and the distribution of reef formations in sedimentary-rock basins of platforms. In: *Sedimentary basins and their oil and gas potential*. Moscow. Nauka. 1983. pp. 94–104. (In Russ.)
18. Kumar P.C., Sain K. Machine learning elucidates the anatomy of buried carbonate reef from seismic reflection data. *Artificial Intelligence in Geosciences*. 2023. Vol. 4. pp. 59–67. DOI: 10.1016/j.aiig.2023.04.001.
19. Kuznetsov V.G. Reef construction in the second half of the permian and biotic crisis at the permian-triassic boundary. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2018. Vol. 26. No. 7. pp. 755–770.

20. Qi R., Xiayan T., Changhai X., Lianjin Zh., Tianjun H., Shumin L., Kongyun D., Baiyu P. Fine description of ramp-type small bioherms and breakthrough of “two bioherms in one well” in high-yield gas wells: A case study of the Changxing Formation small bioherm group in the eastern Sichuan Basin. *Natural Gas Industry B*. 2021. Vol. 8. Issue 4. pp. 384–392. DOI: 10.1016/j.ngib.2021.07.009
21. Tan L., Liu H., Tang Y., Tang Y., Luo B., Zhang Y., Yang Y., Liao Y., Du W., Yang X. Characteristics and mechanism of upper permian reef reservoirs in the eastern Longgang Area, Northeastern Sichuan Basin, China. *Petroleum*. 2020. Vol. 6. Issue 2. pp. 130–137. DOI: 10.1016/j.petlm.2019.06.008.
22. Weidlich O. Permian reefs re-examined: extrinsic control mechanisms of gradual and abrupt changes during 40 my of reef evolution. *Geobios*. 2002. Vol. 35. Suppl. 1. pp. 287–294. DOI: 10.1016/S0016-6995(02)00066-9.
23. Zhao H., Yi J., Zhang H., Zhao R., Zhang J., Dai J., Lu L., An H. Seismic geological characteristics and gas reservoir distribution of Changxing Formation biological bio-reef reservoir in the Longhuichang-Tieshan area, northeastern Sichuan Basin, China. *Journal of Natural Gas Geoscience*. 2024. Vol. 9. Issue 2. pp. 111–122. DOI: 10.1016/j.jnggs.2024.03.004.