

УДК 552.513:552.144:551.3.051

ПЕСЧАНИКИ НИЖНЕХЕТСКОЙ СВИТЫ: ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ**Черданцева Д.А.***АО «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа»,
Томск, e-mail: cherdantsevada@tomsknipi.ru*

В работе изложены основные результаты применения комплексной литолого-петрофизической методики по изучению нижнемеловых песчаных пород-коллекторов нижнехетской свиты для южной части Большехетской структурной террасы на примере Лодочного месторождения углеводородов. Приведены новые данные о внутренней структуре Лодочного вала, особенностях его строения и вещественном составе слагающих его пород. Предложена концептуальная модель геологического развития изучаемого региона в берриас – ранневаландинское время, основанная на комплексной интерпретации данных литолого-седиментологических и геофизических исследований, максимально точно описывающая условия формирования терригенных отложений изучаемой свиты. В результате проведенных исследований было установлено, что в начале раннемеловой эпохи на территории Лодочного вала господствовала обстановка барьерного побережья, в условиях которой произошло формирование вытянутых в северо-северо-восточном направлении песчаных баров, отложения которых впоследствии сформировали основные продуктивные пласты нижнехетской свиты. На основании изучения состава и геологического строения вещественных комплексов региона удалось проанализировать причины вертикальной и латеральной неоднородности продуктивных песчаных пластов-коллекторов нижнехетской свиты методом построения палеогеографических схем изучаемого региона на литолого-фациальной основе с использованием данных седиментационных срезов куба акустического импеданса продуктивных пластов. По данным петрофизического изучения песчаников установлено, что наибольшей проницаемостью обладают образцы керна, отнесенного по ряду литологических признаков к отложениям склона и гребня вдольберегового вала. Полученные данные о геологическом строении и условиях формирования песчаников нижнехетской свиты могут быть использованы при построении геологической и гидродинамической моделей Лодочного нефтегазоконденсатного месторождения.

Ключевые слова: песчаник, обстановки осадконакопления, нижнехетская свита, диагенез, Красноярский край

THE NIZHNEKHET SUITE SANDSTONES: GEOLOGICAL FEATURES AND SEDIMENTARY ENVIRONMENT**Cherdantseva D.A.***Tomsk oil and gas research and design institute, Tomsk,
e-mail: cherdantsevada@tomsknipi.ru*

The paper presents the main results of the integrated lithological and petrophysical methodology application for the Lower Cretaceous sandstone reservoirs from the Nizhnekhet suite studying by using core material from well in the Lodochnoye hydrocarbon field in southern part of the Bolshekhet terrace. The paper presents new data on the Lodochny Arch geological structure and the rock material composition. The author proposed a new conceptual model of the geological development for the studied region in the Berriasian – early Valanginian time, based on a comprehensive interpretation of the lithological-sedimentological and geophysical data, which most accurately describes the sedimentary environment of the studied suite. As a result, it was established that at the beginning of the Early Cretaceous epoch, the barrier coast environment was dominated on the Lodochny Arch territory, in the conditions of which sand bars extended in the northeast direction were formed, that deposits subsequently formed the main productive strata of the Nizhnekhet suite. Based on the sediment complexes of the region composition material data and geological structure, it was possible to analyze the reasons for the vertical and lateral heterogeneity of productive sandstone reservoirs of the Nizhnekhet suite by drawing paleogeography schemes of the region using sedimentation sections and seismic research data. According to the petrophysical data, it was found that the highest permeability is character for the core samples which were identified as sediments of the slope and crest of sandy bar by a number of lithological features.

Keywords: sandstone, sedimentary environment, Nizhnekhet suite, diagenesis, Krasnoyarsk region

Активное геологическое изучение северо-восточной части Западно-Сибирской плиты связано с ее перспективностью на углеводороды [1, 2]. Здесь в пределах Большехетской структурной террасы открыты сразу несколько нефтегазоконденсатных месторождений, объединенных в Ванкорский кластер. Для данного региона составлены принципиальные схемы расчле-

нения меловых отложений и установлены основные закономерности их распространения, однако большинство деталей строения остаются слабоизученными в силу вертикальной и латеральной неоднородности продуктивных толщ. Сложное фациальное строение продуктивных свит данного региона затрудняет корреляцию пластов в скважинах по данным ГИС, интерпрета-

цию сейсмических данных, а также построение геологических моделей месторождений углеводородов [3]. При разработке месторождений актуальным остается вопрос о локальных закономерностях распространения песчаных тел и возникает острая необходимость в выделении зон с наилучшими фильтрационно-емкостными параметрами [4]. Объектом проводимого автором исследования стали нижнемеловые отложения нижнехетской свиты на территории Лодочного вала в южной части Большехетской структурной террасы.

Цель исследования сводилась к выяснению особенностей геологического строения и условий формирования нижнехетской свиты на территории Лодочного вала с использованием нового комплексного подхода к интерпретации литолого-фациальных данных.

Материалы и методы исследования

Автором была осуществлена работа по аналитической интерпретации материалов лабораторных исследований: изучен керновый материал из 8 скважин, общая протяженность которого составила 550 м. По данным 2D и 3D сейсмических исследований региона и анализа керна построены палеофациальные схемы развития южной части Лодочного вала. Описание 156 петрографических шлифов произведено на поляризационном микроскопе

Olympus BX-51. Используемые в работе данные о пористости и проницаемости песчаников по гелию получены на анализаторе AP-608 – 156 образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

Современные представления о геологическом строении осадочного чехла Западно-Сибирской плиты в общем виде отражены на сейсмостратиграфическом разрезе (рис. 1). Специфика строения нижнемеловых отложений сводится к принципиальному отличию неокомского клиноформенного комплекса центральной части от субгоризонтально залегающих отложений северо-востока территории. Свое научное исследование автор посвятил решению вопроса выявления особенностей геологического строения и условий формирования нижнемеловых отложений Лодочного вала в северо-восточной части Западно-Сибирской плиты.

Известно, что в мезозое было выделено два крупных пика трансгрессии: в поздней юре и позднем мелу. А значит, все свиты, сформированные между этими двумя пиками, можно отнести к крупному регрессивному циклу. На палеогеоморфологических схемах видно, как на территории Западной Сибири менялись очертания эпиконтинентальных морей в процессе геологического развития территории (рис. 2).

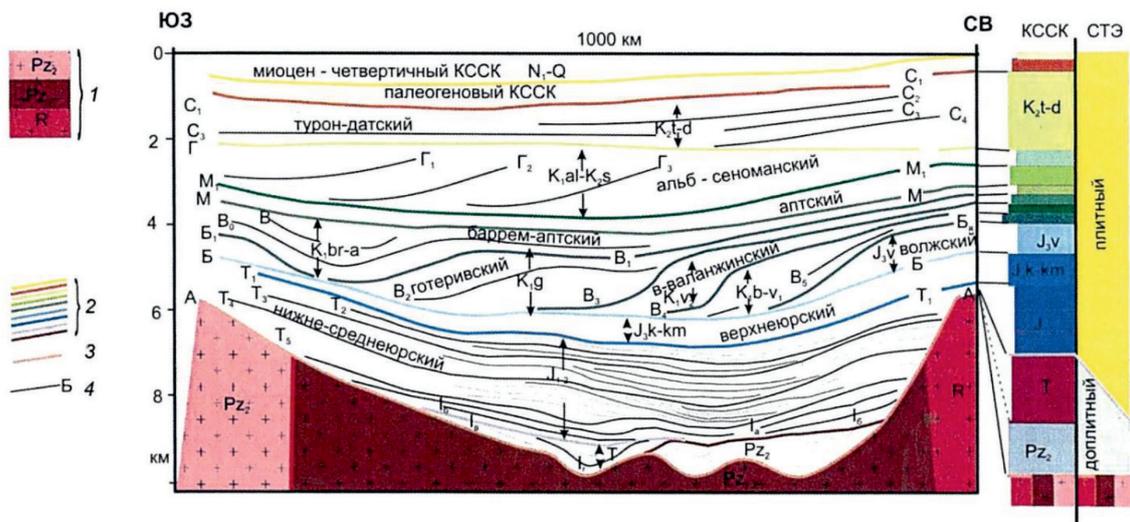


Рис. 1. Сейсмостратиграфический разрез осадочного чехла Западно-Сибирской плиты (по Н.Я. Кунину (1995) с дополнениями В.П. Алексеева [5]: 1 – консолидированная кора разного возраста; 2 – границы квазисинхронных сейсмостратиграфических комплексов; 3 – поверхность консолидированной коры; 4 – отражающие горизонты и их индексы

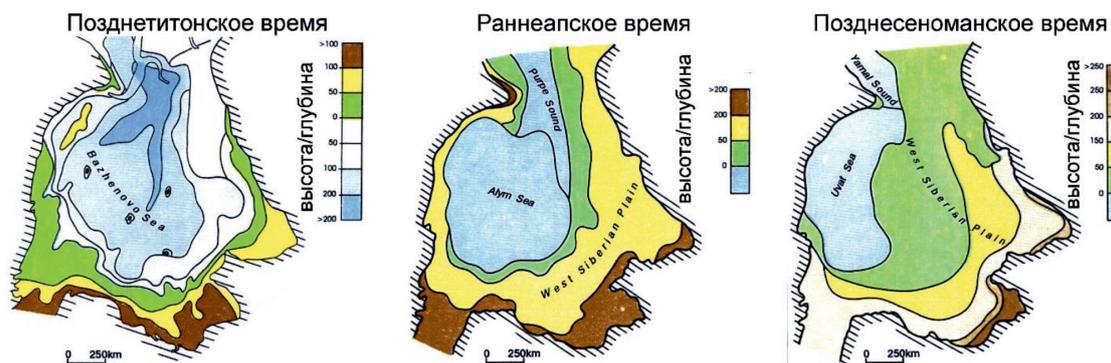


Рис. 2. Палеогеоморфологические схемы развития Западной Сибири (Сурков, 1995), отражающие регрессивный этап развития изучаемой территории. На схемах видно, как происходило постепенное отступление линии моря в западном направлении

Вслед за этим происходило изменение условий седиментации. Расшифровка пространственно-временных закономерностей, характерных для отдельных регионов, позволяет построить схемы и определиться с моделью формирования продуктивных отложений. Для определения условий формирования осадочных пород северо-востока Западно-Сибирской плиты на территории Лодочного вала в раннемеловую эпоху автором был изучен и послойно описан керновый материал из 8 глубоких скважин Лодочного месторождения углеводородов.

Изученные отложения нижнехетской свиты представлены ритмичным чередованием песчано-алевритовых и глинисто-алевритовых прослоев с преобладанием последних. По данным описания кернового материала песчаные и песчано-алевритовые прослои сложены в нижней и верхней частях преимущественно алевритами, в средней – песчаниками; цвет пород – от светло-серого до темно-серого, нефтенасыщенные песчаники имеют бурый оттенок, голубовато-белое свечение в УФ и слабый по интенсивности запах. Автором изучено 550 м кернового материала, в том числе 408,64 м песчаных пластов Нх-I, Нх-III-0 и Нх-III-IV. На рис. 3 представлен составленный автором сводный литологический разрез нижнехетской свиты. Основные продуктивные песчаные пласты с точки зрения фациальной принадлежности были отнесены к отложениям, сформированным в условиях гребней и склонов вдольбереговых баров по ряду характерных признаков:

1) хорошие сортированность и окатанность обломков, преимущественное развитие волнистых и разнонаправленных ко-

слоистых текстур, свидетельствующих о формировании изучаемых песчаных отложений под воздействием волновой и приливно-отливной деятельности осадочно-бассейна;

2) в обломках раковинного детрита были отмечены ростры белемнитов и раковины двустворок. Среди биотурбационных текстур в керне присутствуют следы зарывания двустворок. Ихнофациальный анализ и наличие следов прибрежно-морской фауны позволили отнести песчаники к прибрежной зоне мелководья. Среди многообразия ихнофоссилий были отмечены: *Chondrites*, *Planolites*, *Macaronichnus*, *Phycosiphon*, *Skolithos*, *Teichichnus*, *Zoophycos*, *Diplocraterion*;

3) песчаные пласты выдержаны по мощности и простираению;

4) микротекстуры песчаников гребня и склона вдольбереговых баров преимущественно ориентированные и слойчатые, для пород из отложений межбаровых ложбин характерна биотурбационная микротекстура с ходами илоедов, выполненных глинисто-хлорит-сидеритовым цементом и обломками алевритовой размерности;

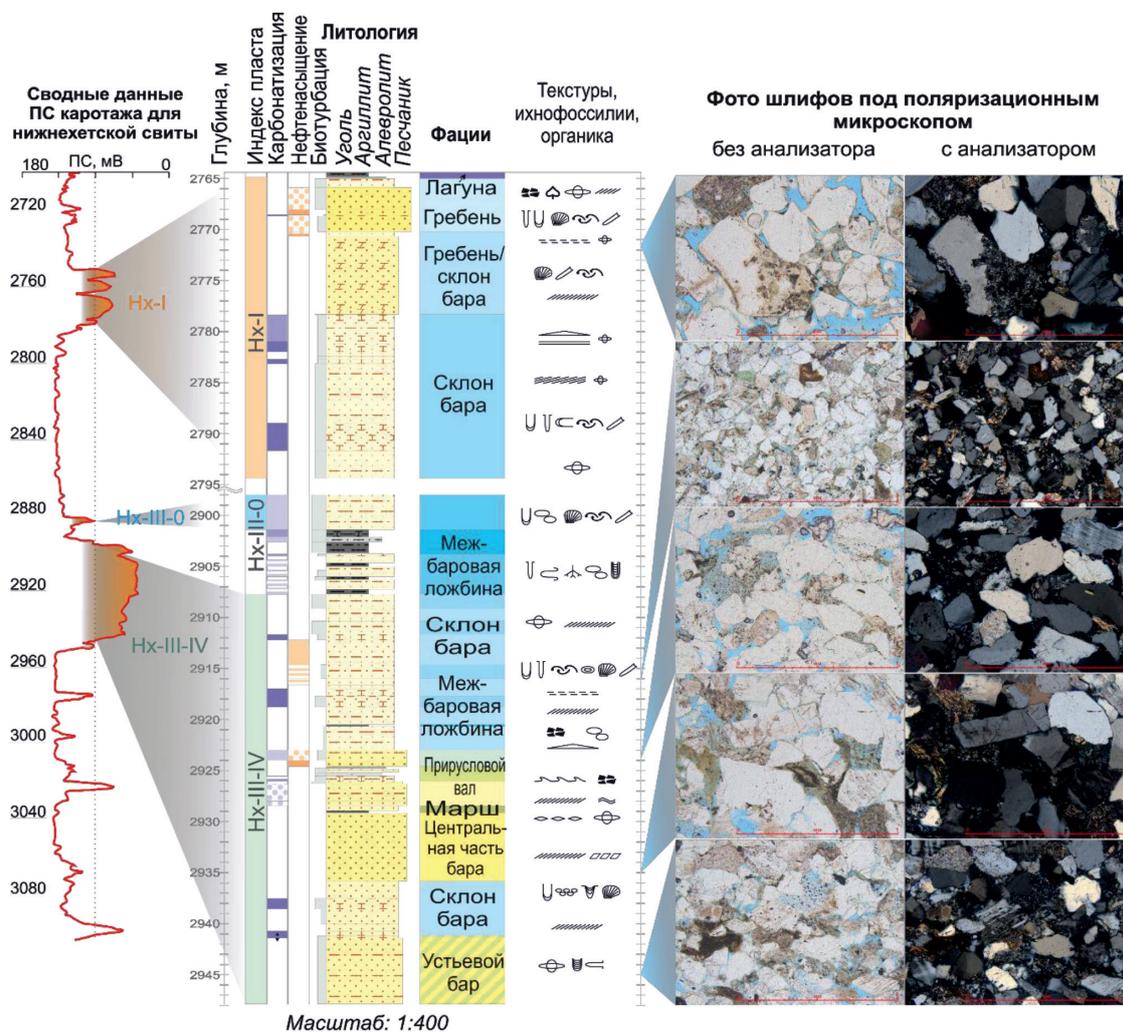
5) в шлифах всех продуктивных пластов нижнехетской свиты встречаются окатанные зерна глауконита и стяжения пирита, что также указывает на первичный прибрежно-морской генезис отложений.

Комплексная интерпретация полученных литологических данных в совокупности с данными интерпретации ГИС и сейсмических исследований позволила построить палеогеографические схемы. На рис. 4 видно, что для отложений нижнехетской свиты в пределах изучаемой территории характер-

но наличие вытянутых в северо-северо-восточном направлении аккумулятивных прибрежных форм.

Срезы 20 и 30 мс ниже кровли песчаного пласта Нх-III-IV отражают наличие бара северо-восточного простирания. В западной части происходит смена осадков отложениями

открытого моря. С восточной стороны Лодочного вала ожидается преобладание лагунных отложений. Юго-западную часть изучаемого региона стоит рассматривать как зону с преобладанием морских, преимущественно глинистых, отложений открытого моря.



Масштаб: 1:400

Текстуры и типы слоистости		Ихнофоссилии		Органические остатки	
----- прерывистая	⊕ биотурбационная	⚡ Chondrites	⌋ Teichichnus	⌋ белемниты	
===== горизонтальная	~ оползневая	≡ Planolites	⌋ Zoophycos	⊖ раковины червей Ditrupa	
⊖ линзовидная	⊖ интракластовая	⌋ Macaronichnus	⌋ Diplocraterion	⌋ раковины двустворок	
~ волнистая		⌋ Phycosiphon	⌋ следы зарывания двустворок	~ неопределимый раковинный детрит	
==== косая плоско-параллельная		⌋ Skolithos		⌋ остатки корней	
==== косая однонаправленная		⌋ Неопределимые вертикальные и горизонтальные ходы		⌋ отпечатки флоры	
⌋ градационная		⌋ Schaubcylindrichnus		⌋ неопределимый растительный детрит	

Рис. 3. Сводный литологический разрез нижнехетской свиты, построенный по данным изучения кернового материала, дополненный данными фациального и петрографического анализов

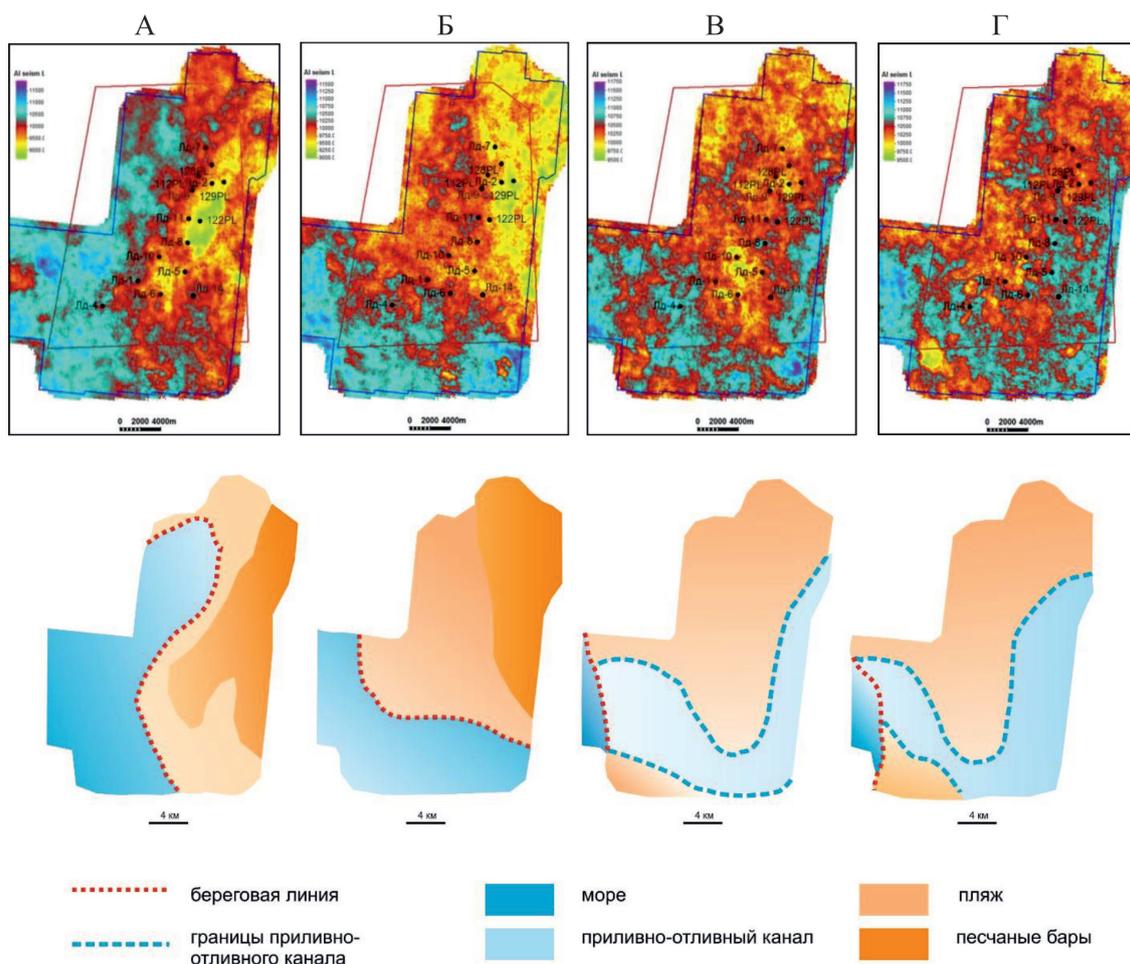


Рис. 4. Палеогеографические схемы, отражающие этапы формирования отложений нижнехетской свиты, на литолого-фациальной основе с использованием данных седиментационных срезов куба акустического импеданса пласта Нх-III-VI (берриас – ранний валанжин): А – 30 мс ниже кровли, Б – 20 мс ниже кровли, В – 10 мс ниже кровли, Г – 0 мс ниже кровли пласта Нх-III-VI

На основании лабораторных данных изучения кернового материала и интерпретации седиментационных срезов, построенных по акустическому импедансу, было установлено, что на момент формирования нижнехетской свиты на территории Лодочного вала существовали три основные зоны осадконакопления: лагуны с отложением глинистого и тонкоалевритового материала на востоке; пляж, где происходило формирование вытянутых в северо-северо-восточном направлении песчаных тел; переходная зона с алевро-песчаными и глинистыми отложениями в западной части региона. В результате крупного регрессивного цикла происходило постепенное смещение береговой линии в западном направлении. Концептуальная модель формирования от-

ложений нижнехетской свиты в условиях регрессивного цикла развития изучаемого региона представлена на рис. 5.

Анализ данных ФЕС кернового материала показал, что максимальной проницаемостью в отложениях нижнехетской свиты (в среднем свыше 1000 мД) обладают песчаники гребня и склона бара за счет крупной зернистости материала, высокой пористости и низкого содержания аутигенных цементов. Постоянная смена фаций в отложениях вышележащих по разрезу свит позволила сделать выводы о том, что небольшие колебания уровня моря наблюдались во всех изученных отложениях вплоть до начала позднего мела. Однако крупных колебаний уровня моря в изученных отложениях не выявлено и в целом наблюдается постепенная регрессия моря.

Баровое побережье в регрессивный цикл развития региона



Рис. 5. Созданная автором концептуальная модель прибрежной зоны мелководья в условиях регрессии моря, отражающая условия седиментации на территории Лодочного вала на момент формирования отложений нижнехетской свиты (берриас – ранний валанжин)

Заключение

По результатам совместной интерпретации: данных литолого-седиментологических исследований (петрографического анализа шлифов, морфологической и генетической типизации слоистости, фациального анализа) и данных геофизических исследований региона (ГИС, сейсмических исследований) была подобрана наиболее подходящая седиментационная модель, максимально точно описывающая условия формирования терригенных отложений нижнехетской свиты. Текстурный и вещественный анализ песчаников, изучение остатков флоры и фауны, а также комплекса аутигенных минералов позволили выбрать условия осадконакопления, характерные для изучаемого региона на момент формирования продуктивных осадочных отложений. Установлено, что продуктивные песчаные пласты нижнехетской свиты на территории Лодочного вала были сформированы в условиях гребня и склона вдольберегового бара, что привело к образованию относительно однородных и выдержанных по мощности пластов хорошо сортированных песчаников, флюидоупором

для которых стали сильно биотурбированные, обогащенные глинистым материалом отложения межбаровых ложбин.

Список литературы / References

1. Скоробогатов В.А., Давыдова О.Г., Кананыкина Е.С. Нефтеносность Западно-Сибирской мегапровинции // Вести газовой науки. 2017. № 3(31). С. 13–28.
Skorobogatov V.A., Davydova O.G., Kananykhina E.S. Oil-bearing capacity of the West Siberian megaprovince // Vesti gazovoy nauki. 2017. № 3 (31). P. 13–28 (in Russian).
2. Ershova A.V. The environmental problems of the oil industry in Krasnoyarsk // Innovative trends in the development of Russian science: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Krasnoyarsk State Agrarian University. 2019. P. 260–262.
3. Казаис В.И. Арктика: геологоразведка будущего // Региональная энергетика и энергосбережение. 2017. № 3. С. 116.
Kazais V.I. Arctic: geological prospecting of the future // Regional energy and energy saving. 2017. № 3. P. 116 (in Russian).
4. Романов Д.В., Гринченко В.А., Натеганов А.А., Розбаева Г.Л. Современные методики детального изучения геологического строения Сузунского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2010. № 11. С. 20–23.
Romanov D.V., Grinchenko V.A., Nateganov A.A., Rozbaeva G.L. Use of Modern Methods to Make a Detailed Study of Suzunskoye Field Geologic Structure. Oil Industry. 2010. № 11. P. 20–23 (in Russian).
5. Алексеев В.П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-Югра). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 284 с.
Alekseev V.P. Atlas of subaqueous facies of the Western Siberia Lower Cretaceous deposits (KMAOkrug-Yugra). Yekaterinburg: UGGU Publishing House, 2014. 284 p. (in Russian).