

Возможности прогнозирования перспективных зон развития коллекторов осинского горизонта на Среднеботуобинском месторождении

С.С. Пронкина¹, П.В. Калинин¹, Е.Е. Маслова¹,
А.С. Чиргун^{1,2}, А.В. Юхневич^{1,2}

¹ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча», Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Прогнозирование коллекторских свойств в осинском горизонте по площади, является одной из основных задач при доразведке Среднеботуобинского месторождения. На данный момент существует значительная статистика по данным ГИС, описанию и исследованию керна. Сделаны предположения о формировании и строении осинского горизонта в пределах Среднеботуобинского месторождения. Подготовлена петрофизическая модель и выполнена интерпретация данных ГИС в осинском горизонте. На основе имеющейся информации выполнено петрофизическое обоснование расчета инверсии. При реализации оптимального подхода к прогнозу свойств по сейсмическим данным с использованием инверсионных преобразований предполагается более точный прогноз эффективных параметров пласта Б1 и минимизация рисков текущего эксплуатационного бурения.

Ключевые слова: карбонатные отложения, осинский горизонт, кольцевая аномалия, зоны с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), углеводороды (УВ).

Forecasting Possibilities for Promising Zones of Collectors Development in the Osinsky Horizon of the Srednebotuobinsky Deposit

S.S. Pronkina¹, P.V. Kalinin¹, E.E. Maslova¹, A.S. Chirgun^{1,2}, A.V. Yukhnevich^{1,2}

¹LLC Taas-Yuryakh Neftegazodobycha, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. The prediction process of reservoir properties is one of the significant targets during an exploration stage on the Srednebotuobinskoye field. At the moment, there are a lot of well data, including log and core data. The authors get conclusions regarding a formation and structure of the osinsky horizon within the Srednebotuobinskoye field. The petrophysical model and the log data interpretation in osinsky horizon based on actual information were completed. The petrophysical basis of seismic inversion was completed. It is proposed that the employment of the optimal approach to seismic inversion process can help to get more precise prediction reservoir maps than earlier and to minimize exploitation drilling risks.

Keywords: carbonate deposits, Osinsky horizon, ring anomaly, zones with improved porosity and permeability properties (PPP), hydrocarbons (HC).

Введение

С началом эксплуатации нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий Океан (ВСТО) начался новый виток в развитии нефтегазового комплекса Восточной Сибири и Рес-

публики Якутия. Ресурсная база углеводородов региона основана на крупных месторождениях, приуроченных к Непско-Ботуобинской антеклизе, таких как Ярактинское, Верхнечонское, Среднеботуобинское, Талаканское. Наиболее продуктивные

терригенные коллектора этих месторождений практически полностью охвачены эксплуатационным бурением и активная их разработка требует интенсификации геолого-разведочных работ для компенсации добычи углеводородов новыми запасами. На сегодняшний день вовлечение в разработку неосновных объектов, таких как осинский горизонт, является одним из приоритетных направлений. Достаточная степень изученности и успешность бурения способствовала увеличению фонда запланированных скважин. Основная проблема планирования разработки осинского горизонта заключается в сложности понимания распространения зон улучшенных фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). Это обусловлено литологической неоднородностью, особенностями строения пустотного пространства и невысокой проницаемостью данных карбонатных отложений.

Исследование, базирующееся на современных технологиях и комплексном подходе к анализу данных керна, ГИС и сейсморазведочных работ (СРР) МОГТ-ЗД, имеет своими основными целями прогноз перспективных зон на количественном уровне, детализацию распределения ФЕС в осинском горизонте в пределах Среднеботуобинского месторождения и оптимальное планирование эксплуатационного фонда.

Характеристика осинского горизонта

Осинский горизонт представляет собой интервал, сложенный известняками и доломитами с различной степенью преобразованности. Пустотное пространство в большинстве случаев представлено порами и мелкими кавернами (Максимова и др., 2021).

Анализ кернового материала позволяет провести деление осинского горизонта на три цикла седиментации. Основание цикла 1 и цикл 3, согласно фотографиям и описаниям керна и шлифов, представлены в основном доломитами приливно-отливной зоны и, преимущественно, характеризуются низкими значениями ФЕС.

Формирование карбонатных отложений цикла 2 осинского горизонта происходило в мелководно-морских обстановках, на небольших глубинах и при хорошей освещенности (Максимова и др., 2021). На глубине первых метров обитали цианобактерии (Renalcis, Eriphyton и др.), которые формировали внутришельфовые органогенные постройки. Во время периодов падения относительного уровня моря и выхода в зону волновой абразии органогенные постройки разрушались под действием морских волн. Продукты их разрушения являлись источником зернистого карбонатного материала, формирующего отмели. Таким образом, зоны с улучшенными ФЕС можно ожидать как в пределах органогенных построек, так и отмелей (рис. 1).

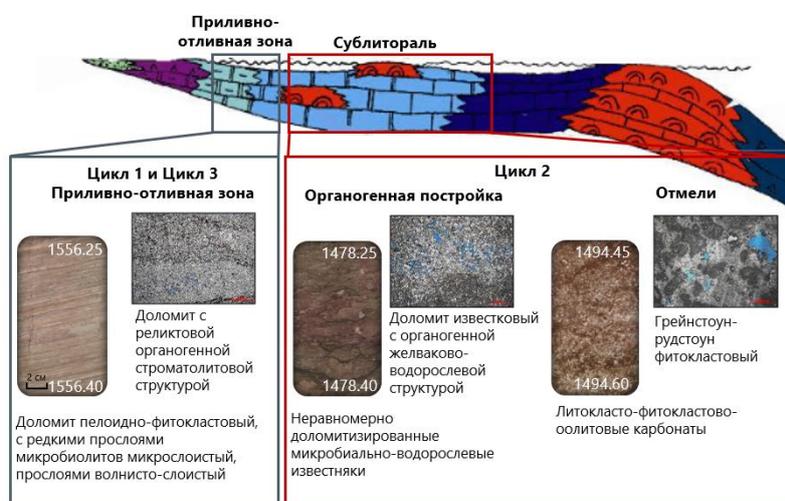


Рис. 1. Модель формирования карбонатных отложений осинского горизонта в Среднеботуобинском НГКМ.

Fig. 1. Model of the formation of carbonate deposits of the Osinsky horizon in the Srednebotuobinsky oil and gas condensate deposit.

Необходимо отметить, что существование органогенных построек не гарантирует наличие коллекторов с высокими ФЕС. Зачастую коллектор составляет только часть постройки, где структура каркасов более «рыхлая», а межкаркасное пространство заполнено зернистым материалом. Самые лучшие коллекторские свойства приурочены к зернистым интервалам, представленным грейнстоунами и пакстоунами, где ожидается хорошая сообщаемость между пустотами.

Также характерным отличием зон улучшенных ФЕС является вещественный состав — здесь преобладает доломит. Причиной этого являются вторичные процессы, которые протекают интенсивнее в интервалах с относительно более высокой первичной пористостью вследствие их большей способности пропускать флюиды. То есть, первичные седиментационные характеристики оказывают решающее влияние на характер пустотного пространства. С одной стороны, взаимодействие с рассолами из вышележащих солевых толщ приводит к частичному уничтожению пустотного пространства вследствие сульфатизации и галитизации. С другой стороны, процессы выщелачивания способствуют увеличению пустотного пространства.

Кольцевые структуры

Новый этап в понимании строения пласта Б1 начался с интерпретации данных СРР-3Д, по результатам которой в границах залежи пласта Б1 закартированы сейсмические аномалии, имеющие в плане кольцевую форму и характеризующиеся отличительными динамическими характеристиками волнового поля (Максимова и др., 2021; Уренко, Вахромеев, 2021; Черепанова и др., 2022).

Комплексный анализ амплитудно-частотных атрибутов (амплитуда ОГ min или ОГ max, мгновенная частота и др.) показал, что для наличия интервала с улучшенными ФЕС должно выполняться два условия одновременно: наличие ОГ min (переход от плотных пород к коллекторам) и ОГ max (обратный переход от коллекторов к плотным карбонатам) (Рис. 2).

Зоны улучшенных ФЕС на картах амплитудно-частотных атрибутов выглядят как кольцевые структуры, которые в разрезе, в большинстве случаев, приурочены к средней части пласта (Рис. 2). Этот вывод сделан на основе интерпретации данных ГИС, поскольку разрешающая способность данных сейсморазведки не позволяет выделить перспективные интервалы с такой же точностью (Черепанова и др., 2022).

В настоящее время идёт эксплуатационное бурение в выделенных кольцевых структурах, наличие улучшенных ФЕС в которых уже подтверждено.

Следует отметить, что поисково-разведочным бурением подтверждена нефтенасыщенность пород осинского горизонта практически по всей площади Среднеботуобинского месторождения. Однако, в связи с низкой проницаемостью пласта Б1, зачастую по результатам испытаний в межкольцевом пространстве получены непромышленные притоки УВ, а в некоторых случаях, притоки смогли получить только после соляно-кислотной обработки (СКО) или подземных ядерных взрывов (ПЯВ).

Таким образом, необходимо всестороннее исследование имеющихся данных по пласту Б1 и выход на прогноз перспективных зон вне кольцевых структур на количественном уровне.

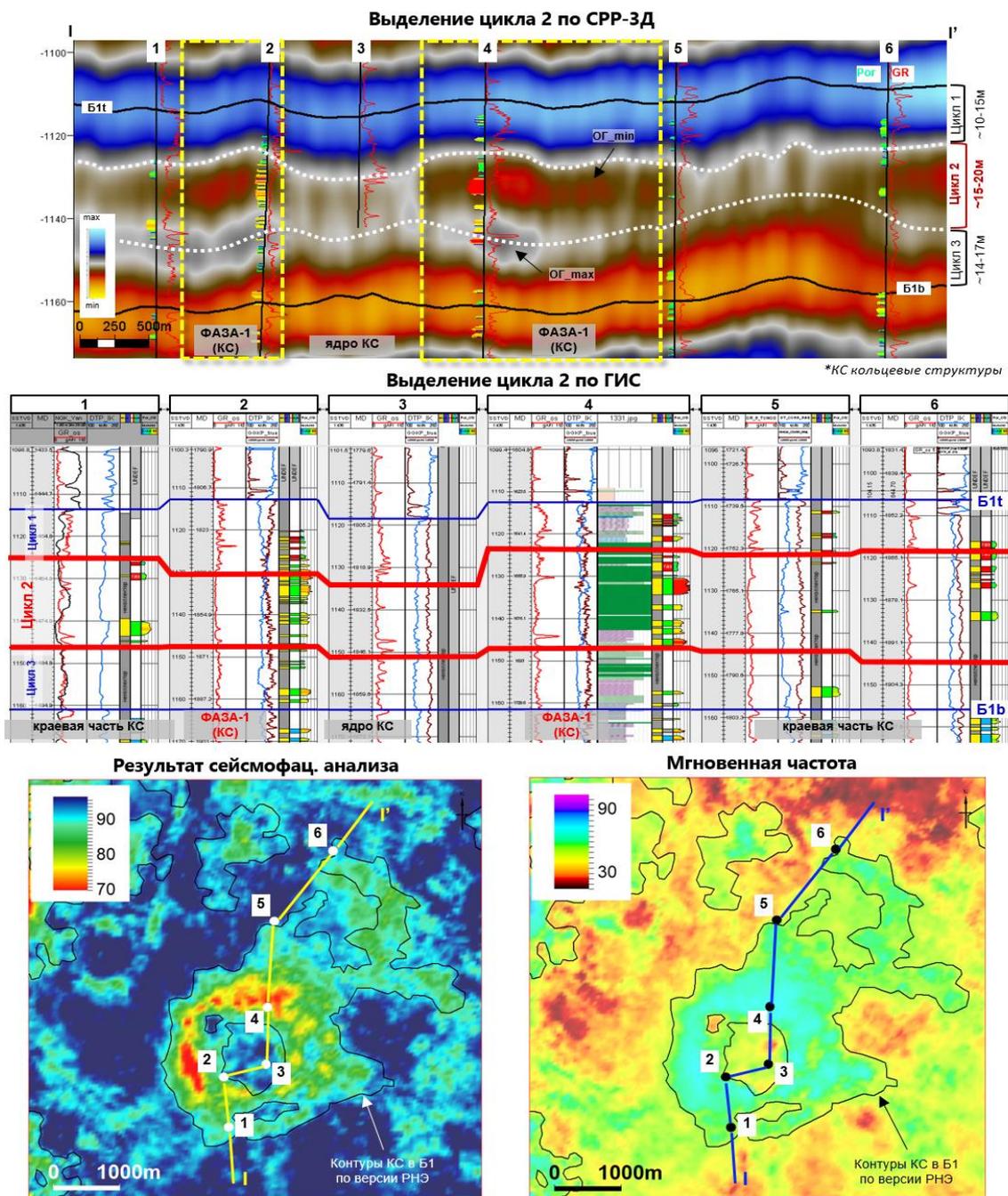


Рис. 2. Выделение кольцевых структур по данным ГИС и СРР-3Д.

Fig. 2. Identification of ring structures according to GIS and SRR-3D data.

Прогнозирование зон улучшенных ФЕС

Анализ данных ГИС в цикле 2 (в интервале, где ожидаются улучшенные ФЕС (Черепанова и др., 2022)) показал достаточно надёжную зависимость между значениями средневзвешенного коэффициента пористости (Кп) и значениями акустического импеданса (АИ, произведение скорости продоль-

ной волны и плотности) (рис. 3). При этом на графике точки скважин, пробуренных в зонах кольцевых структур, укладываются в отдельный тренд. Увеличение пористости коррелирует с преобладанием доломита в отложениях цикла 2 пласта Б1. Таким образом, доломитизация является одним из критериев выделения зон улучшенных ФЕС (Рис. 4, Рис.).

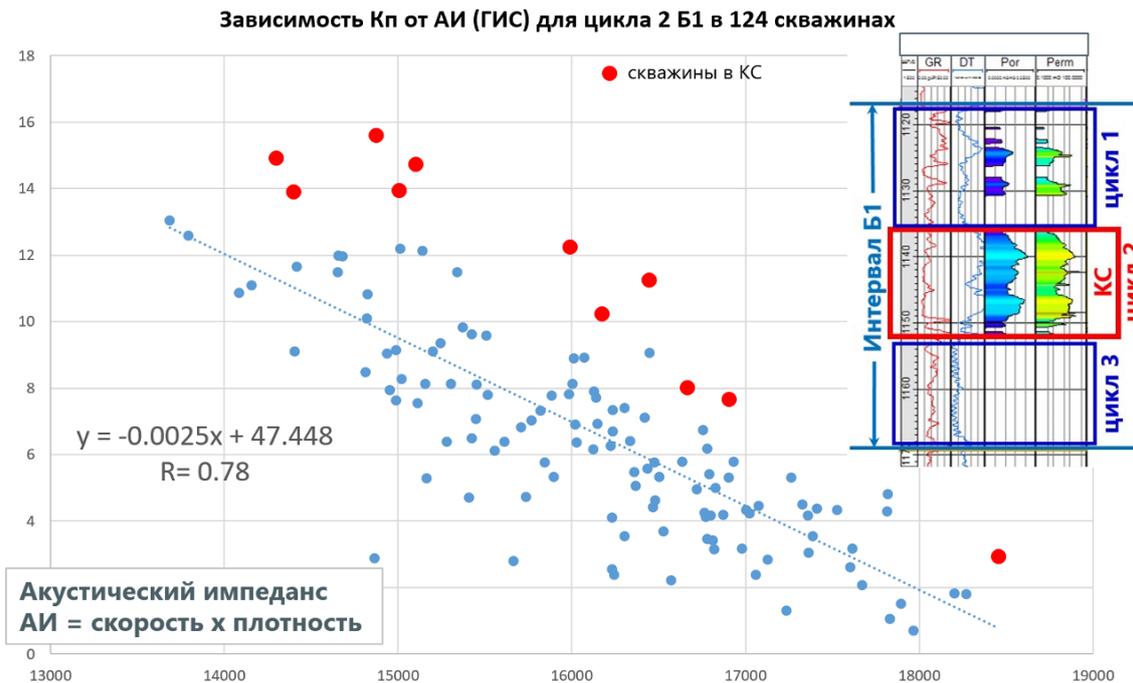


Рис. 3. Зависимость Кп от АИ (по ГИС) в цикле 2 осинского горизонта на Среднеботуобинском НГКМ.

Fig. 3. Dependence of Kp on AI (from GIS) in cycle 2 of the Osinsky horizon at the Srednebotuobinsky oil and gas condensate deposit.

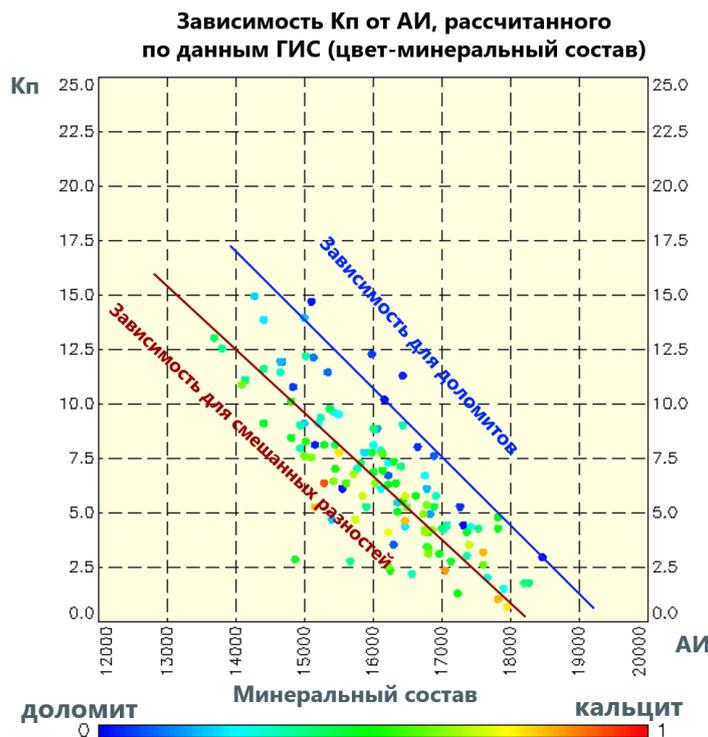


Рис. 4. Зависимости Кп от АИ (по ГИС) с учётом минерального состава отложений.

Fig. 4. Dependences of Kp on AI (from GIS), taking into account mineral compositions of sediments.

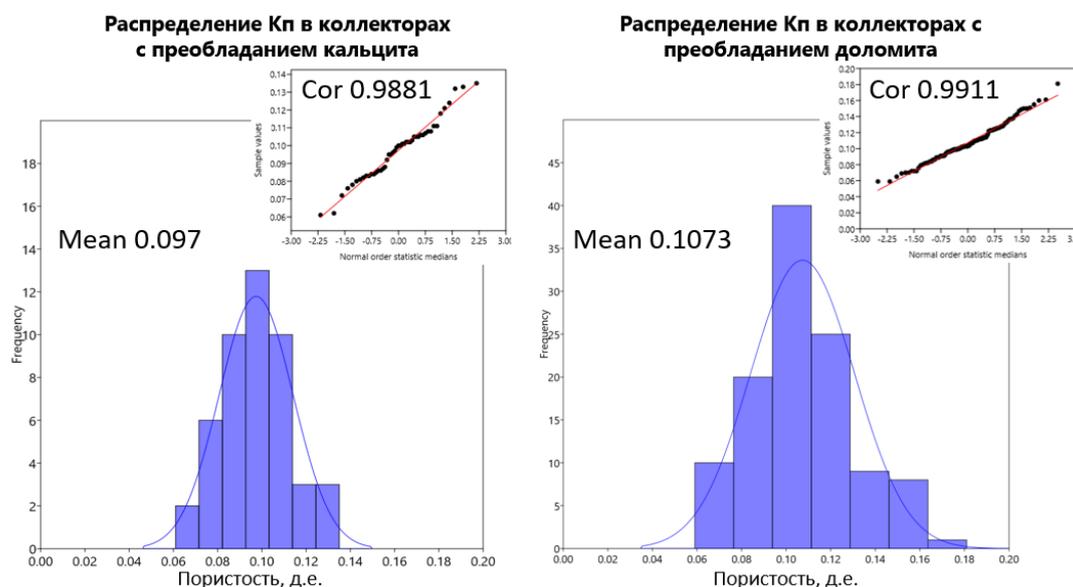


Рис. 5. Гистограммы распределения Кп в коллекторах цикла 2 пласта Б1 с разной степенью доломитизации.

Fig. 5. Histograms of Kp distribution in collectors of cycle 2 of layer B1 with different degrees of dolomitization.

На гистограмме распределения значений акустического импеданса (АИ) по данным ГИС отчетливо прослеживается разделение доминантных значений, соответствующих коллекторам и неколлекторам (Рис. 6). При переходе в сейсмический диапазон частот

(Рис. 7) разделение доминантных значений коллектор/неколлектор сохраняется, а значит, существует потенциальная возможность картирования коллекторов по акустическому импедансу в объеме данных СРР-3Д с определенной степенью вероятности.

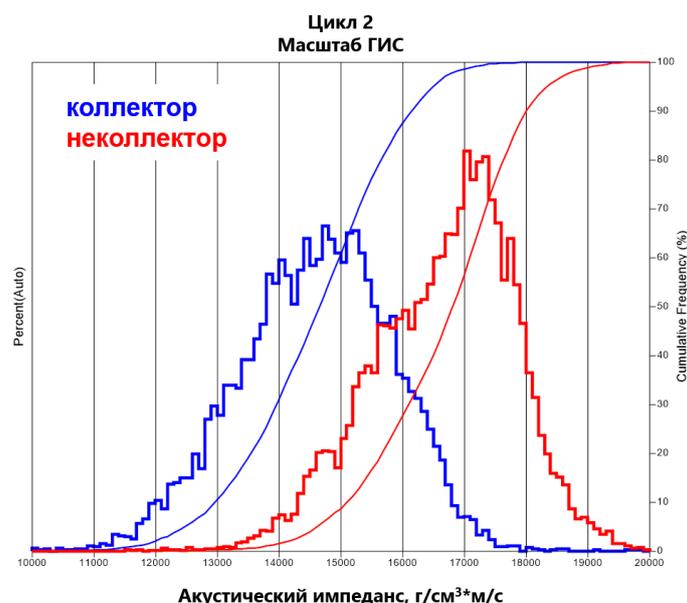


Рис. 6. Разделение коллектор/неколлектор по значениям АИ в масштабе данных ГИС.

Fig. 6. Collector/non-collector discrimination by AI values at the scale of GIS data.

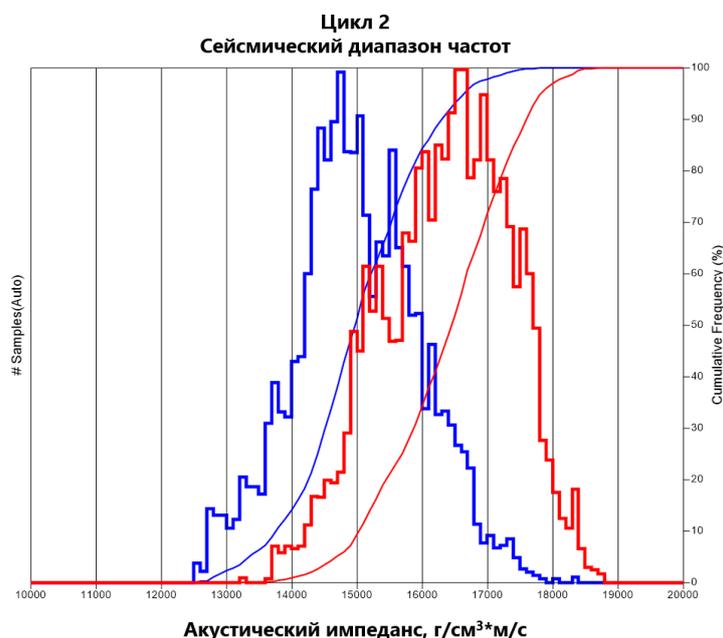


Рис. 7. Разделение коллектор/неколлектор по значениям АИ в сейсмическом диапазоне частот.

Fig. 7. Discrimination of collector/non-collector by AI values in the seismic frequency range.

При этом, в циклах 1 и 3 подобного разделения коллектор/неколлектор в сейсмическом диапазоне частот не наблюдается, а значит, прогноз по данным СРР-3Д возможен только для средней части пласта Б1.

Достоверность прогноза зависит от точности петрофизических зависимостей. К настоящему времени керн из осинского горизонта отобран в 16 скважинах, как в кольцевых структурах, так и в межкольцевом пространстве; проведены расширенные исследования керна; во всех скважинах с отбором керна выполнен расширенный комплекс ГИС. На основе последних актуальных данных обновляется петрофизическая модель (ПФМ) и актуализируется интерпретация данных ГИС (РИГИС), что позволит более надёжно выделять коллектора в осинском горизонте.

В дальнейшем предполагается проведение инверсионных преобразований данных СРР-3Д на основе новых петрофизических данных. При условии построения надёжных зависимостей K_p и $N_{эф}$ от значений АИ в сейсмическом масштабе частот ожидается более оптимальный площадной прогноз перспективных зон с целью постановки эксплуатационного бурения.

Выводы

1. Зоны улучшенных ФЭС осинского горизонта на Среднеботуобинском НГКМ приурочены, преимущественно, к кольцевым аномалиям.
2. Поиск зон улучшенных ФЭС в межкольцевом пространстве для вовлечения запасов УВ в разработку становится все более и более актуальным для обеспечения строительства эффективных эксплуатационных скважин.
3. Обоснованы предпосылки к выделению коллекторов по данным СРР-3Д на количественном уровне, что предполагает возможность площадного прогноза перспективных зон с высокой вероятностью.

Литература

Максимова Е.Н., Чертина К.Н., Бобылев К.Д., Зюзев Е.С., Торгашова Л.В., Крохалева О.А. Литологическое строение осинского подгоризонта и выявление перспективных зон развития коллекторов по методике Дж. Лусиа на примере Среднеботуобинского месторождения // Нефтяная провинция. 2021. № 1(25). С. 18–40. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.18-40>

Уренко Р.С., Вахромеев А.Г. Выделение органических построек осинского горизонта по

данным 2D- и 3D-сейсморазведки в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы. Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 1. С. 30–38. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-1-30-38>

Черепанова К.В., Пормейстер Я.А., Долгова Е.И., Гайдук А.В., Чиргун А.С., Перевозчиков С.Н. Анализ фильтрационно-емкостных свойств и методика выделения кольцевых аномалий осинского горизонта Среднеботуобинского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2022. № 3. С. 8–11. DOI: 10.24887/0028-2448-2022-3-8-11

References

Maksimova E.N., Chertina K.N., Bobylev K.D., Zyuzev E.S., Torgashova L.V., Krokhalova O.A. Lithological structure of the Osinsky subhorizon and identification of promising zones of collectors de-

velopment by the method of J. Lusia on the example of the Srednebotuobinsky field // Oil province. 2021. No. 1 (25). P. 18–40. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.18-40>

Urenko R.S., Vakhromeev A.G. Identification of organogenic structures of the Osinsky horizon according to 2D and 3D seismic data in the northeastern part of the Nepa-Botuobinsky antecline. Earth sciences and subsoil use. 2021. Vol. 44, No. 1. P. 30–38. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-1-30-38>

Cherepanova K.V., Pormeister Ya.A., Dolgova E.I., Gaiduk A.V., Chirgun A.S., Perevozchikov S.N. Analysis of porosity and permeability properties and a method for identifying ring anomalies of the Osinsky horizon in the Srednebotuobinsky field // Oil economy. 2022. No. 3. P. 8–11. DOI: 10.24887/0028-2448-2022-3-8-11

Пронкина Светлана Сергеевна,

Главный специалист геолого-геофизической службы,
119049 г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Якиманка, ул. Шаболовка, д. 10,
тел. +8(495)7808050 доб. 4103,
email: sspronkina@rn-exp.rosneft.ru.

Pronkina Svetlana Sergeevna,

Senior specialist of the geological and geophysical service of LLC "RN-Exploration",
119049 Moscow, vet. g. Yakimanka municipal district, Shabolovka str., 10,
tel. +8(495)7808050 ext. 4103,
email: sspronkina@rn-exp.rosneft.ru.

Калинин Павел Владимирович,

Главный специалист геолого-геофизической службы,
ООО «РН-Эксплорейшн»,
119049 г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Якиманка, ул. Шаболовка, д. 10,
тел. +8(495)7808050 доб. 4168,
email: pvkalinin@rn-exp.rosneft.ru.

Kalinin Pavel Vladimirovich,

Senior specialist of the geological and geophysical service of LLC "RN-Exploration",
119049 Moscow, vet. g. Yakimanka municipal district, Shabolovka str., 10,
Tel. +8(495)7808050 ext. 4168,
email: pvkalinin@rn-exp.rosneft.ru.

Маслова Елизавета Евгеньевна,

Главный специалист геолого-геофизической службы,
ООО «РН-Эксплорейшн»,
119049 г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Якиманка, ул. Шаболовка, д. 10,
тел. +8(495)7808050 доб. 4235,
email: emaslova@rn-exp.rosneft.ru.

Maslova Elizaveta Evgenievna,

Senior specialist of the geological and geophysical service of LLC "RN-Exploration",
119049 Moscow, vet. g. Yakimanka municipal district, Shabolovka str., 10,
tel. +8(495)7808050 ext. 4235,
email: emaslova@rn-exp.rosneft.ru.

Чиргун Александр Сергеевич

Аспирант,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
Начальник управления геологоразведочных работ, ресурсной базы и лицензирования,
ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча»,
тел.: +7 (3952) 648-620 доп. 3495,
г. Иркутск, ул. Байкальская, 291, БЦ «Солнечный»,
email: ChirgunAS2@tyngd.rosneft.ru.

Chirgun Alexander Sergeevich,

Graduate student,

664003 Irkutsk, Lenin str., 3,

Irkutsk State University, Faculty of Geology,

Head of Department of Geological Exploration, Resource Base and Licensing

ООО Таас-Юрях Нефтегазодобыча,

tel.: +7 (3952) 648-620 ext. 3495,

Irkutsk, st. Baikalskaya, 291, business center "Solnechny",

email: ASChirgun@mail.ru.

Юхневич Алексей Викторович,

аспирант,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,

Иркутский государственный университет, геологический факультет,

Начальник отдела геологоразведочных работ,

ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча»,

тел.: +7 (3952) 648-620 доп. 3495,

г. Иркутск, ул. Байкальская, 291, БЦ «Солнечный»,

email: white_bear9@mail.ru.

Yukhnevich Alexey Viktorovich,

Graduate student,

664003 Irkutsk, Lenin str., 3,

Irkutsk State University, Faculty of Geology,

Head of Section of Geological Exploration,

ООО Таас-Юрях Нефтегазодобыча,

tel.: +7 (3952) 648-620 ext. 3495,

Irkutsk, st. Baikalskaya, 291, business center "Solnechny",

email: white_bear9@mail.ru.