

Прогнозирование литолого-физических свойств геологических разрезов северной части Предверхоянского прогиба с помощью оптимизационной технологии динамической интерпретации

Е.М. Якупова

научный сотрудник отдела геологии и мониторинга ГРП новых регионов РФ
emyakupova@gmail.com

ФГБУ «ВНИГНИ», Москва, Россия

Многие геологи считают предгорные прогибы перспективными в плане обнаружения залежей нефти и газа. История развития рассматриваемой северной части Предверхоянского прогиба говорит о ряде предпосылок, позволяющих считать данную территорию благоприятной для формирования различных типов ловушек. Изучаемая территория имеет аномально низкую степень геолого-геофизической изученности. На основе новых геолого-геофизических работ, проведенных в 2014–2016 гг. в северной части Предверхоянского прогиба, были получены новые данные о геологическом строении изучаемой территории. В результате был дан прогноз нефтегазоперспективных зон. В связи с актуальностью прогноза фильтрационно-емкостных свойств перспективных отложений была применена методика ОТДИ (оптимизационная технология динамической интерпретации). Данная технология на качественном уровне выявляет зоны с улучшенными коллекторскими свойствами, и тем самым, в будущем, позволит более эффективно проводить поисково-разведочные работы.

Материалы и методы

Геологическая интерпретация сейсмоакустических разрезов, полученных с помощью методики ОТДИ

Ключевые слова

Предверхоянский прогиб, сейсмические исследования, динамическая интерпретация

Многие ученые-геологи (Гайдук В.В., Соборнов К.О., Худолей А.К. и др.) считают, что предгорные прогибы являются крупнейшими зонами аккумуляции углеводородов. На сегодняшний день, в связи с необходимостью восполнения отечественной минерально-сырьевой базы углеводородов, существует потребность в освоении малоизученных нефтегазоперспективных площадей. Северная часть Сибирской платформы представляет собой совокупность территорий с большим нефтегазогенерационным потенциалом и неразведанными ресурсами. Одной из них является северная часть Предверхоянского прогиба.

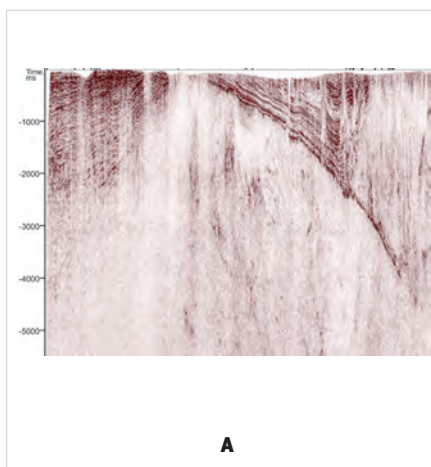
Перспективы возможности обнаружения залежей углеводородов в северной части Предверхоянского прогиба подтверждают многочисленные проявления нефти, газа и битумов на рассматриваемой и соседних территориях. Кроме того, на соседних территориях открыты месторождения углеводородов на Вилюйской синеклизе, месторождения углеводородов в центральной части Предверхоянского прогиба и Оленекское месторождение битумов на Анабарской антеклизе. Основные перспективы нефтегазоносности Предверхоянского прогиба связаны с отложениями палеозоя и нижнего мезозоя.

Степень геолого-геофизической изученности территории северной части

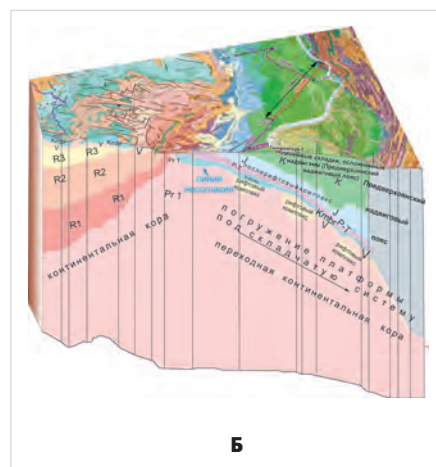
Предверхоянского прогиба (площадь составляет около 100 тыс. км²) аномально низкая. Плотность сейсмических профилей составляет 0,03 км/км², в пределах изучаемой территории пробурено всего пять скважин.

В северной части Предверхоянского прогиба в 2014–2016 гг. были проведены геолого-геофизические работы, включающие региональные сейсморазведочные работы МОГТ 2Д в объеме 1600 пог. км [1, 2, 3]. Анализ и геологическая интерпретация данных материалов позволила существенно уточнить геологическую модель изучаемого прогиба: уточнено тектоническое строение рассматриваемого прогиба, уточнены границы зон распространения кембрийских отложений, а также геологическая модель Кютингдинского грабена, изучение которого имеет огромное значение при оценке нефтегазоперспективности северной части Предверхоянского прогиба [3].

Территория Предверхоянского прогиба прошла несколько этапов развития, характерных для предгорных прогибов. Первый этап — это этап рифейско-раннепалеозойского накопления мощных осадочных толщ на пассивном континентальном шельфе. Далее территория развивалась в условиях среднепалеозойского рифтогенеза, позднепалеозойско-ранне-среднемезозойской лавинной седиментации и позднеюрско-раннемелового складчато-надвигового



А



Б

Рис. 1 — Современный геологический разрез северной части Предверхоянского прогиба: А) на сейсмическом разрезе профиля 2014–2016 гг.; Б) блок-диаграмма северной части Предверхоянского прогиба (построила Якупова Е.М., 2017 г.)

Fig. 1 — The modern geological section of the Predverkhoyansky foredeep northern part on the: А — seismic section of the profile 2014–2016, В — block diagram of the Predverkhoyansky foredeep northern part. (Built by Elena Yakupova, 2017).

геохронология	рифей	венд	кембрий	девон	карбон	пермь	триас	юра	мел.
процессы и элементы									
нефтегазоматринские породы				только в пределах					
коллектора				карбонатные		терригенные			
флюидопоры				эвапориты		аргиллиты			
перекрывающие толщи									
формирование ловушек				над-, меж-, подэвапоритовые	литолого-	при надвиговых			
генерация-миграция-аккумуляция									
критический момент (только по грабену)						для восточной части грабена	для западной части грабена		

Рис. 2 — Схема нефтегазоносной системы северной части Предверхоанского прогиба (построила Якупова Е.М., 2018 г.)
Fig. 2 — The scheme of the petroleum systems of the Predverhoyansky foredeep northern part, built by Elena Yakupova, 2018.

тектонотенеза. На сейсморазрезах профилей 2014–2016 гг. достаточно четко можно выделить границы, отражающие основные этапы развития данной территории (рис. 1).

Результаты анализа новых геолого-геофизических данных 2014–2016 гг. и уточненной геологической модели северной части Предверхоанского прогиба, а также различные предпосылки формирования залежей говорят о перспективах выявления зон нефтегазоаккумуляции на исследуемой территории.

Вновь созданная геологическая модель северной части Предверхоанского прогиба позволяет проанализировать ее нефтегазоносную систему. На основе этого анализа автором построена схема нефтегазоносной системы северной части Предверхоанского прогиба (рис. 2).

Дан прогноз нефтегазоперспективных зон и локальных объектов северной части

Предверхоанского прогиба на основании анализа следующих критериев: структурный, литологический, геохимический, оценка качества резервуаров, прогноз зон потенциального углеводородонакопления по палеорекострукциям, проведение аналогии прогнозируемых ловушек с месторождениями Сибирской платформы (Бысытахское месторождение, месторождения Ангарской зоны складок) и месторождений Днепровско-Донецко-Припятского грабена.

Ни в одной из пяти пробуренных скважин северной части Предверхоанского прогиба не было получено промышленных притоков углеводородов. Фильтрационно-емкостные свойства верхнепалеозойских-нижнемезозойских отложений всех скважин в среднем составляют: коэффициент пористости на приплатформенной части прогиба — 12%, на прискладчатом крыле — около 7%. Коэффициент проницаемости на приплатформенной

части прогиба — до 130 мД, на прискладчатом крыле — не превышает десятых долей миллдарси. Лишь в опорной скважине Джарджанская-1 фильтрационно-емкостные свойства составляют: коэффициент пористости песчаников — 7–18% и коэффициент проницаемости до 28 мД, но это связано с тем, что скважина расположена на платформенной части Предверхоанского прогиба (рис. 3).

Таким образом, определение коллекторских свойств геологических разрезов является актуальной задачей для территории северной части Предверхоанского прогиба. В связи с этим для прогнозирования литолого-физических свойств была применена оптимизационная технология динамической интерпретации (далее — ОТДИ), разработанная Кондратьевым И.К., и успешно применяемая для территорий с низкой геолого-геофизической изученностью [4, 5].

Динамическая интерпретация с помощью оптимизационной технологии динамической интерпретации состоит из следующих этапов:

1. построение геоакустических моделей скважин и привязка их к сейсмическим временным разрезам;
2. установление связей акустических параметров с литологическим составом пород;
3. дополнительная обработка временных разрезов с целью уменьшения влияния ВЧР (верхней части разреза) и повышения отношения сигнал/помеха;
4. преобразование сейсмических разрезов в разрезы пластовых скоростей $V(t,x)$ (сейсмоакустические разрезы) программой пластовой акустической инверсии;
5. интерпретация сейсмоакустических разрезов с целью прогнозирования литолого-физических свойств пластов.

Автором статьи была проведена геологическая интерпретация полученных с помощью технологии ОТДИ сейсмоакустических разрезов с целью выделения на качественном уровне зон с улучшенными коллекторскими свойствами. Зоны с улучшенными коллекторскими свойствами были выделены в прогнозируемых локальных объектах, рекомендуемых для проведения первоочередных поисково-разведочных работ (антиклинальные структуры в зоне Сетасской структуры, антиклинальные структуры в Узль-Сиктахской зоне в пределах Кютингдинского грабена [1, 2, 3] — рис. 4 и 5), что позволит в будущем более эффективно провести бурение параметрических и поисковых скважин.

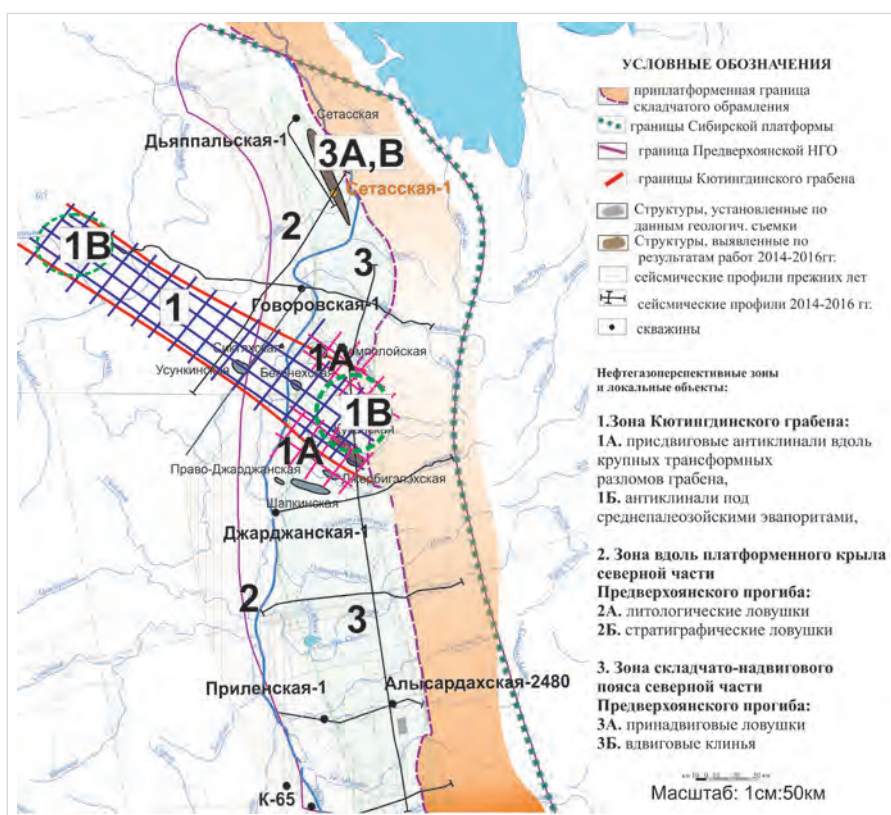


Рис. 3. Схема нефтегазоперспективных зон и локальных объектов северной части Предверхоанского прогиба (составила Якупова Е.М., 2018 г.)

Fig. 3 — Scheme of prospective oil and gas areas and local objects of the Predverhoyansky foredeep northern part, built by Elena Yakupova, 2018.

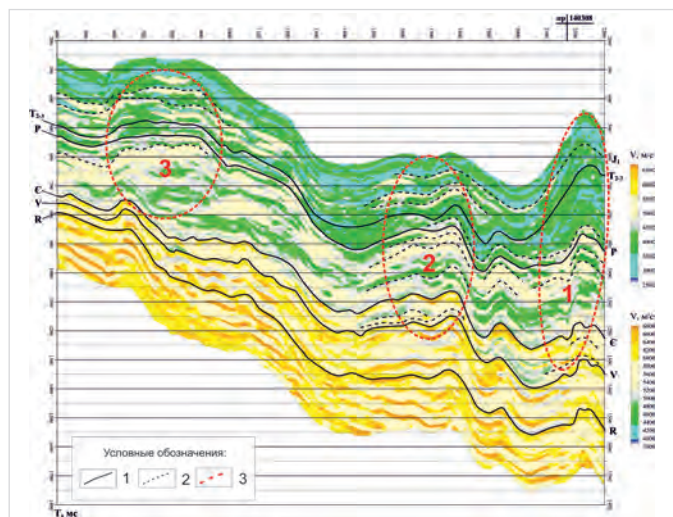


Рис. 4 — Геологическая интерпретация сейсмоакустического разреза по профилю 140304а в зоне Сетасской структуры (геологическая интерпретация — Якупова Е.М., построение сейсмоакустических разрезов — Кондратьев И.К., Киссин Ю.М., 2017 г.)

1 — кровля прослеживаемых сейсмограниц, 2 — кровля прогнозируемых зон с повышенным содержанием коллекторов, 3 — объекты ГРП (1 — первоочередной, 2–3 — объекты в пределах которых рекомендуется проведение сейсморазведочных работ 2Д)

Fig. 4 — Geological interpretation of seismoacoustic section 140304a 1-the roof is traceable seismicogenic, 2 — roof projected with very high maintenance of reservoirs, 3-objects of exploration works (1 — priority, 2-3 — objects within which it is recommended to carry out seismic works 2D), geological interpretation — Elena Yakupova, the construction of seismic and acoustic cuts — Kondrat'ev I. K., Kissin Y.M., 2017

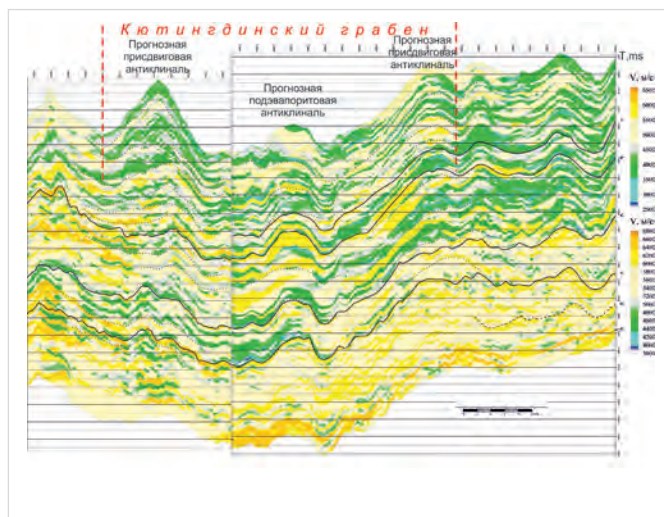


Рис. 5 — Геологическая интерпретация фрагмента сейсмоакустического разреза по профилю 140306, район Уэль-Сиктяхской зоны в пределах Кютингдинского грабена (геологическая интерпретация — Якупова Е.М., построение сейсмоакустических разрезов — Кондратьев И.К., Киссин Ю.М., 2017 г.)

1 — кровля прогнозируемых зон с повышенным содержанием коллекторов, 2 — прогнозируемые присдвиговые антиклинали, 3 — прогнозная подэвапоритовая антиклиналь

Fig. 5 — Geological interpretation of a fragment of the seismoacoustic section 140306 (district Uel'-Siktyahsky areas within Kutingdinsky Graben). 1 — the roof of the predicted areas with a high content collectors, 2 — projected shift-line anticline, 3 — predictive under evaporite anticline, geological interpretation — Elena Yakupova, the construction of seismic and acoustic cuts — Kondrat'ev I. K., Kissin Y.M., 2017.

Итоги

Дан прогноз зон с улучшенными коллекторскими свойствами в пределах первоочередных объектов поисково-разведочных работ в северной части Предверхоанского прогиба.

Выводы

В результате анализа материалов геолого-геофизических работ 2014–2016 гг. в северной части Предверхоанского прогиба было уточнено геологическое строение рассматриваемой территории. На основе уточненной геологической модели северной части прогиба дан прогноз нефтегазоперспективных зон и локальных объектов. В связи с актуальностью прогноза фильтрационно-емкостных свойств перспективных отложений, для уточнения литолого-физических свойств геологических разрезов северной части Предверхоанского прогиба была применена методика ОТДИ. В результате комплексного применения геологической

интерпретации сейсмических разрезов профилей 2014–2016 гг. и геологической интерпретации сейсмоакустических разрезов по результатам динамической интерпретации с помощью ОТДИ дан прогноз наиболее перспективных зон для проведения первоочередных поисково-разведочных работ в северной части Предверхоанского прогиба. В будущем при прогнозировании литолого-физических свойств геологических разрезов северной части Предверхоанского прогиба и на других подобных малоизученных территориях со сложной характеристикой фильтрационно-емкостных свойств рекомендуется комплексное применение геологической интерпретации сейсмических разрезов и динамической интерпретации с помощью методики ОТДИ.

Литература

1. Мигурский Ф.А., Якупова Е.М. Обоснование региональных исследований нефтегазоносности Предверхоанского пери-

кратонного прогиба // Геология нефти и газа. 2017. №3. С. 18–25.

2. Мигурский Ф.А., Якупова Е.М. Новые данные о геологическом строении антиклинальных структур северной части Предверхоанского перикратонного прогиба // Геология нефти и газа. 2017. №5. С. 31–36.
3. Мигурский Ф.А., Якупова Е.М. Новые данные о геологическом строении Кютингдинского грабена (северо-восток Сибирской платформы) // Разведка и охрана недр. 2018. №6. С. 10–16.
4. Кондратьев И.К., Рыжков В.И., Бондаренко М.Т., Лапина Е.В. Эффективность прогнозирования коллекторов способами динамической интерпретации в Восточной Сибири // Технологии сейсморазведки. 2010. №4. С. 26–34.
5. Кондратьев И.К., Киссин Ю.М., Лисицын П.А. Детальность и точность решений в задаче сейсмической волновой инверсии // Геофизика. 2005. №3. С. 19–25.

ENGLISH

GEOLOGY

Prediction of the lithological and physical properties of geological sections of the Predverhoyansky foredeep northern part by means of optimization technology of dynamic interpretation

Authors:

Elena M. Yakupova — research fellow of Department of Geology and monitoring of exploration of new regions of the Russian Federation; emyakupova@gmail.com

FSBI "VNIGNI", Moscow, Russian Federation

Abstract

Many geologists think about foredeep promising for exploration of oil and gas.

The history of the development of the Predverhoyansky foredeep northern part shows a number of prerequisites allowing

to consider this area favorable for the formation of various types of traps. The study area has an abnormally low degree of

geological and geophysical study. Based on the new geological and geophysical works which was conducted in 2014–2016 in the Predverhoyansky foredeep northern part, new data on the geological structure of the study area were obtained. The result was the forecast of oil and gas prospective zones. In connection with the relevance of the forecast of filtration-capacitance properties of promising deposits, the technique of ODI (optimization technology of dynamic interpretation) was applied. This technology identifies zones with improved collection properties at a qualitative level, thus, in the future, it will allow to carry out geological exploration more effectively.

Materials and methods

Geological interpretation of seismoacoustic sections obtained using the OTDI technique

Results

The forecast of zones with improved reservoir properties within the priority objects of geological exploration in the Predverhoyansky foredeep northern part is given.

Conclusions

The analysis of data of geological and geophysical works which was conducted in 2014–2016 in the northern part of Predverhoyansky foredeep has been updated geological structure of the study territory. On the basis of the refined geological model of the foredeep northern part, the forecast of oil and gas potential zones and local objects is given. In connection with the relevance of the forecast of filtration-capacitance properties of promising deposits, to clarify the lithological and physical properties of geological sections of the Predverhoyansky foredeep northern part was applied the technique of OTDI. As a

result of integrated application of geological interpretation of seismic sections profiles 2014–2016 and geological interpretation of seismoacoustic sections according to the results of dynamic interpretation with the help of OTDI given a forecast the most promising areas for geological exploration in the Predverhoyansky foredeep northern part. In the future, when predicting the lithological and physical properties of geological sections of the geological exploration and other similar poorly studied areas with a complex characteristic of the filtration-capacitive properties, it is recommended to use a comprehensive geological interpretation of seismic sections and dynamic interpretation using the method of OTDI.

Keywords

Predverhoyansky foredeep, seismic surveys, dynamical interpretation.

References

1. Migurskiy F.A., Yakupova E.M. *Obosnovanie regional'nykh issledovaniy neftegazonosnosti Predverkhoyanskogo perikratonnogo progiba* [The rationale for regional studies of petroleum Predverhoyansky foredeep]. *Geology of oil and gas*, 2017, issue 3, pp. 18–25.
2. Migurskiy F.A., Yakupova E.M. *Novye dannye o geologicheskoy stroenii antiklinal'nykh struktur severnoy chasti Predverkhoyanskogo perikratonnogo progiba* [New data on the geological structure of anticlinal structures of the Predverhoyansky foredeep]. *Geology of oil and gas*, 2017, issue 5, pp. 31–36.
3. Migurskiy F.A., Yakupova E.M. *Novye dannye o geologicheskoy stroenii Kyutingdinskogo grabena (severo-vostok Sibirskoy platformy)* [New data on the geological structure of the Kutingdinsky Graben (North-East of the Siberian platform)]. *Exploration and protection of mineral resources*, 2018, issue 6, pp. 10–16.
4. Kondrat'ev I.K., Ryzhkov V.I., Bondarenko M.T., Lapina E.V. *Effektivnost' prognozirovaniya kolektorov sposobami dinamicheskoy interpretatsii v Vostochnoy Sibiri* [Efficiency of forecasting collectors ways dynamic interpretation in Eastern Siberia]. *Seismic Technology*, 2010, issue 4, pp. 26–34.
5. Kondrat'ev I.K., Kissin Yu.M., Lisitsyn P.A. *Detal'nost' i tochnost' resheniy v zadache seismicheskoy volnovoy inversii* [Detail and accuracy of the solutions in the problem of seismic wave inversion]. *Geophysics*, 2005, issue 3, pp. 19–25.



Уважаемые коллеги! Друзья!

От имени коллектива АО «Самарского завода электромонтажных изделий» разрешите сердечно поздравить Вас с днем работников нефтяной и газовой промышленности!

Топливные ресурсы обеспечивают энергией не только всю промышленность любой страны мира, но и практически все сферы человеческой жизнедеятельности. Важнейшей частью топливно-энергетического комплекса России являются нефтяной и газовый сектор.

Именно благодаря вашему профессиональному труду современному человеку доступен тот комфорт, к которому он привык, и те



возможности, без которых ему уже нельзя. Вы – настоящие герои современности! Вместе с ровными огоньками на газовой плите, с надежным гулом мотора, сопровождающим нас в пути, с теплом в уютных квартирах, приходит к нам ваш труд.

В этот праздничный день хотим вам искренне сказать: СПАСИБО! Желаем Вам здоровья, стабильности и хорошего дохода. Пусть каждый миг вашей жизни будет наполнен радостью и счастьем, успехов и профессионального роста во благо страны!

С уважением,
Генеральный директор АО «СЗ ЭМИ»
И.Ф. Шаров