

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

GEOLOGY AND GEOECOLOGY

Научная статья
УДК 550.834.52
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-61-66>
EDN VEOFYD

Обоснование подсчетных параметров запасов нефти и газа с учетом результатов геофизических исследований

Жанетта Владимировна Калашник[✉],
Владимир Юрьевич Калашник, Виктория Викторовна Исакова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, kalashnik_10@mail.ru*[✉]

Аннотация. В ходе интенсивной разработки месторождения возникает потребность в пересчете геологических запасов нефти и газа с учетом интерпретации результатов геофизических исследований скважин. Необходимость такого исследования обусловлена стремлением получения достоверной информации для литолого-стратиграфического расчленения разрезов и выделения пород-коллекторов, изучения их свойств. В статье дана характеристика месторождения, геологическая история развития. Кратко описаны его нефтегазоносные объекты. Приведены результаты сейсморазведочного изучения площади прошлых лет. Особое внимание уделено результатам сейсморазведочных работ по методике МОВ ОГТ-3Д. Материалы, полученные на Восточной площади южной части Приобского месторождения, послужили основой для ведения дальнейших детальных работ. Выявление тектонических нарушений проводилось с помощью программного комплекса Petrel. При этом использовался шаг через 5 сечений. Кратко дано описание процедуры получения куба AntTrack, этапы его формирования. Куб позволил выявить изменения волновой картины при выделении линейных аномалий внутри сейсмического куба. Использование метода отраженных волн в модификации общей глубинной точки широко используется с середины прошлого века и является эффективным методом, способствующим открытию нефтегазоносных ловушек. Описана физическая сущность и области применения методов геофизических исследований скважин. Для контроля работ на заключительном этапе каротажных работ в вертикальных разведочных и наклонных эксплуатационных скважинах использовался метод высокочастотного индукционного изопараметрического зондирования. Приведена необходимая аппаратура, программные комплексы для интерпретации промыслово-геофизических материалов. Данные, полученные в результате геофизических исследований, положены в основу расчета геологических запасов нефти объемным методом.

Ключевые слова: геологическое строение, недра, подсчетные параметры, запасы нефти и газа, геофизические исследования, интерпретация, месторождение

Для цитирования: *Калашник Ж. В., Калашник В. Ю., Исакова В. В.* Обоснование подсчетных параметров запасов нефти и газа с учетом результатов геофизических исследований // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2024. № 4. С. 61–66. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-61-66>. EDN VEOFYD.

Original article

Justification of the estimated parameters of oil and gas reserves taking into account the results of geophysical research

Zhanetta V. Kalashnik✉, Vladimir Yu. Kalashnik, Victoria V. Isakova

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, kalashnik_10@mail.ru✉

Abstract. During the intensive development of the field, there is a need to recalculate the geological reserves of oil and gas, taking into account the interpretation of the results of geophysical studies of wells. The need for such a study is due to the need to obtain reliable information for lithological and stratigraphic dissection of sections and isolation of reservoir rocks, studying their properties. The paper describes the characteristics of the deposit and the geological history of its development. Its oil and gas-bearing facilities are briefly described. The results of the seismic survey of the area of previous years are presented. The use of the reflected wave method in the modification of the common depth point has been widely used since the middle of the last century and is an effective method that contributes to the discovery of oil and gas traps. Special attention is paid to the results of seismic surveys using the OGT-3D MOV technique. The materials obtained in the Eastern Area of the Southern part of the Priobskoye field served as the basis for further detailed work. The detection of tectonic disturbances was carried out using the Petrel software package. At the same time, a step through 5 sections was used. The procedure for obtaining an AntTrack cube and the stages of its formation are briefly described. The cube made it possible to identify changes in the wave pattern when highlighting linear anomalies inside the seismic cube. The use of the reflected wave method in the modification of a common deep point has been widely used since the middle of the last century and is an effective method that contributes to the discovery of oil and gas traps. The physical nature and applications of well geophysical research methods are described. The necessary equipment and software complexes for the interpretation of field and geophysical materials are provided. The data obtained as a result of geophysical studies formed the basis for calculating geological oil reserves using the volumetric method.

Keywords: geological structure, subsurface, calculation parameters, oil and gas reserves, geophysical research, interpretation, deposit

For citation: Kalashnik Zh. V., Kalashnik V. Yu., Isakova V. V. Justification of the estimated parameters of oil and gas reserves taking into account the results of geophysical research. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2024;4:61-66. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2024-4-61-66>. EDN VEOFYD.

Введение

Геофизические исследования скважин (ГИС) широко используются при выполнении комплекса работ в эксплуатационных скважинах. Материалы интерпретации ГИС дают возможность для более полного изучения геологического строения вскрытого разреза отложений. Полученные характеристики о литологическом составе пород необходимы для использования в качестве основы объемной модели по ГИС.

Изучаемая территория Приобского месторождения находится в Ханты-Мансийском районе Тюменской области. Месторождения нефти и газа были подтверждены разведочным бурением в юрских и меловых отложениях [1]. В настоящее время площадь месторождения принято разделять на две части: северную и южную.

В данной статье излагается методика буровых геологоразведочных работ, применительно к южной части.

Геологическая характеристика месторождения

Работы по проведению поисково-разведочного бурения были проведены после успешного получения материалов сейсморазведочных работ мето-

дом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ, МОВ-ОГТ).

Основными нефтегазоносными объектами в разрезе южной части месторождения являются отложения неокома, в частности, серия пластов АС7–АС12, черкашинской свиты, толщина которой варьируется от 360 до 680 м. Исследуемые пласты приурочены к литологически экранированным ловушкам, полностью нефтенасыщенным, не имеющим водо-нефтяного контакта [1].

Начиная с 50-х гг. прошлого века по настоящее время на изучаемой территории были проведены съемки различного масштаба и назначения: геолого-геоморфологическая съемка масштабов 1 : 100 000, 1 : 200 000; гравиметрическая съемка масштабов 1 : 100 000, 1 : 200 000; аэромагнитная съемка масштабов 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 50 000.

Проведенные в разные годы исследования послужили основой для продолжения дальнейших детальных работ по изучению запасов нефти и растворенного газа на месторождении. В начале 2000 г. была выполнена съемка МОГТ 2D, масштабом 1 : 50 000, а в последующие годы, в 2011–2012 гг., были проведены сейсморазведочные работы масштаба 1 : 25 000 по методике МОВ-ОГТ 3D на Во-

сточной площади южной части Приобского месторождения [1].

Комплексная геолого-геофизическая интерпретация сейсморазведочной информации выполнена с использованием интерпретационных пакетов GeoFrame (Schlumberger), Petrel (Schlumberger). Был получен большой объем информации, который позволил: детально изучить геологическое

строение площади по 18-и отражающим горизонтам осадочного чехла и кровли доюрского основания (рис. 1); выделить и протрассировать тектонические нарушения в пределах выступов фундамента, приуроченных к юрским пластам, при постепенном затухании их вверх по разрезу.

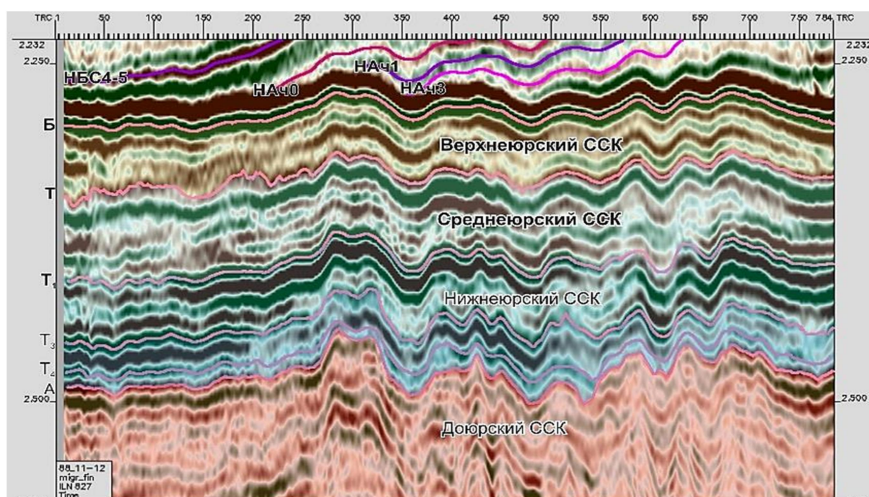


Рис. 1. Отождествление основных отражающих границ в юрском и доюрском интервале на примере составного вертикального сечения [2]

Fig. 1. Identification of the main reflecting boundaries in the Jurassic and Pre-Jurassic interval by the example of a composite vertical section [2]

Выделение тектонических нарушений осуществлялось в программном продукте Petrel с шагом через 5 сечений. Для корректного выделения тектонических нарушений был рассчитан куб AntTrack, который позволил подчеркнуть изменения волновой картины при выделении линейных аномалий внутри сейсмического куба. Процедура получения куба AntTrack включала несколько этапов. Сначала амплитудный куб был подвергнут процедуре структурного сглаживания, для того чтобы устранить помехи, не затрагивая при этом неоднородности, отображающие реальное строение разреза. Далее, для придания устойчивости результатам при прослеживании разломов сглаженные данные трансформировались в кубы Variance и Chaos. И затем куб Chaos, как наиболее ярко отображающий изменения в волновой картине, трансформировался в высокочувствительный куб AntTrack.

Выделенные по разрезам основные направления тектонических нарушений сопоставлялись с картами различных динамических атрибутов и структурных преобразований поверхностей, рассчитанных вдоль отражающих границ (рис. 2). Затем выделенные разрывные нарушения были объединены в полигоны.

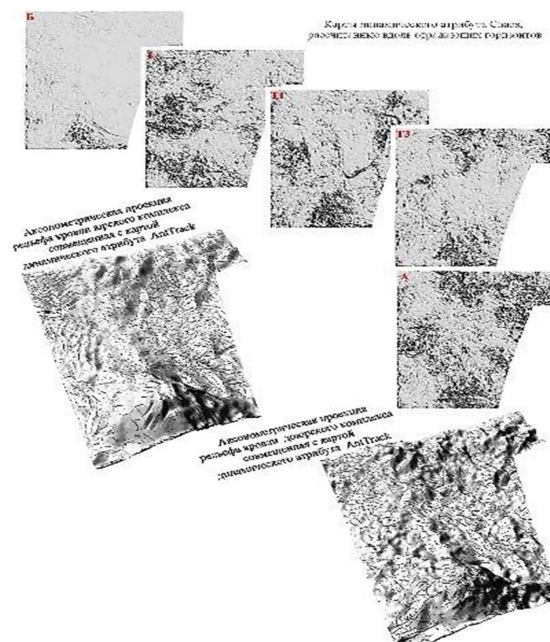


Рис. 2. Отображение тектонического строения участка работ на примере карт структурных преобразований [2]

Fig. 2. Mapping of the tectonic structure of the work site using the example of structural transformation maps [2]

В процессе динамической интерпретации рассчитаны сейсмические атрибуты в интервалах, приуроченных к перспективным и потенциально перспективным пластам. Результаты сейсмических исследований использовались не только для структурных построений, но и для прогноза петрофизических параметров целевых горизонтов.

Динамический анализ сейсмической записи основан на изучении изменений динамических параметров сейсмических волн на качественном и количественном уровне и установлении корреляционных зависимостей между динамическими параметрами сейсмической записи и геолого-промысловыми характеристиками основных продуктивных и перспективных объектов на Приобском месторождении. Свойства пород изменчивы по площади, что находит отражение в волновой картине сейсмической записи. Каждый из анализируемых атрибутов имеет свои ограничения и не в полной мере описывает изменения параметров геологического разреза, поэтому было проанализировано огромное количество атрибутов

совместно (карты атрибутов, сейсмофаций, изохор, изопакит и скважинных данных), т. к. одни атрибуты дополняли или уточняли другие для получения наиболее достоверного прогноза свойств среды.

Выполненные сейсморазведочные работы масштаба 1 : 25 000 по методике МОВ-ОГТ 3D на Восточной площади южной части Приобского месторождения (2012 г.) позволили: уточнить геометрию залежей пластов АС₁₂¹, АС₁₂³⁻⁵, ЮС₂; построить прогнозные карты эффективных толщин по пластам АС₁₂¹, АС₁₂³⁻⁵, Ач₀, Ач₁₋₂, Ач₃; карты нефтенасыщенных толщин по пластам АС₁₂¹, АС₁₂³⁻⁵, Ач₀, Ач₁₋₂, Ач₃; выполнить подсчет запасов нефти по пластам АС₁₂¹, АС₁₂³⁻⁵, Ач₀, Ач₁₋₂, Ач₃; выполнить оценку ресурсов по отложениям донорского основания пластам ЮС₁₁, ЮС₁₀, ЮС₅₋₆, ЮС₂₋₄, ЮС₀, Ач₃, Ач₁₋₂, Ач₀. С целью подтверждения выявленных ловушек было рекомендовано бурение 4-х разведочных скважин (рис. 3). По результатам работ подготовлена электронная база данных [3].



Рис. 3. Перспективная ловушка углеводородов (УВ) Ач₁₋₂ [2]

Fig. 3. Promising hydrocarbon trap (HC) Ah₁₋₂ [2]

Однако при разбуривании площади месторождения в результате эксплуатации скважин был получен дополнительный объем геолого-геофизической информации, послуживший основой для оперативной переоценки запасов нефти и растворенного газа.

Проведение интерпретации результатов геофизических исследований скважин

На месторождении были выполнены следующие геофизические исследования скважин: стандартная электрометрия (СП, КС), боковое каротажное зондирование (БКЗ), боковой каротаж (БК), индукционный каротаж (ИК), инклинометрия (Инк), радиоактивный каротаж (ГК, ННК-Т).

Комплекс ГИС позволяет выделять эффективные толщины коллекторов, определять характер их насыщенности, оценивать коэффициенты пористости и нефтегазонасыщенности. При исследовании в открытом стволе в некоторых скважинах использовалась аппаратура серии АМК-Горизонт-90-К5, включающая два низкочастотных индукционных зонда, два зонда БК, три симметричных градиент-зонда, резистивиметр [1].

Радиоактивный каротаж (гамма-каротаж и нейтронный каротаж по тепловым нейтронам) проводился после спуска эксплуатационной колонны с использованием приборов серии РК5-76, 2ННК-М2, ТЛМ2-М2. Расширенный комплекс ГИС, включаю-

ший методы микрокаротажа, кавернометрии, акустический каротаж (АК), плотностной гамма-гамма каротаж (ГГК-П), был проведен с использованием аппаратуры серии КЗа-723, МК-ГМ, ПФ-73, 4СКП, 4АК-Д, СГП-76.

Обработка и интерпретация геофизических данных осуществлялась с применением программного комплекса «ГЕОПОИСК».

Удельное электрическое сопротивление (УЭС) пластов определяется стандартным методом – с помощью зондов БКЗ, БК и фокусированных зондов индукционного каротажа (ИК). В качестве дополнительного метода при заключительном каротаже вертикальных разведочных и наклонных эксплуатационных скважин проводят высокочастотное индукционное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ).

Литологическое расчленение и выделение коллекторов проводилось с помощью методов ГК, АК, ГГК-П. В эксплуатационных скважинах выделение коллекторов при отсутствии микрометодов проводилось в основном по данным ВИКИЗ, БК и ГК [1].

Определение подсчетных параметров

Определение подсчетных параметров сводилось к определению глинистости коллекторов, коэффициента пористости, коэффициента нефтенасыщенности K_n [1].

Глинистость коллекторов рассчитывалась по двойному разностному параметру ГК с учетом глу-

бины залегания коллекторов (методика Ахиярова).

При определении коэффициента пористости K_p использовались данные нейтронного каротажа (ННКт). Работы велись по методике «двух опорных пластов» и уравнению связи водородосодержания от пористости и глинистости.

Определение коэффициента нефтенасыщенности K_n выполнялось по данным подсчета запасов Приобского месторождения ООО «РН-Уфанинефть» в 2008 г.

Для горизонтов АС при расчете K_n была использована зависимость $\rho_n = F(\omega_n)$, установленная по скважинам, пробуренных на известково-битумном растворе на неокомские отложения пластов группы АС месторождений Среднего Приобья.

На рис. 3 приведено сопоставление водонасыщенности по данным ГИС и керн по капилляриметрии. При высоких значениях пористости 23–24 % коэффициент водонасыщенности K_v равен 16–14 %, таким образом, коэффициент нефтенасыщенности может достигать 84–86 %. Причем, для данных, полученных путем лабораторных исследований методом центрифуги, характерно расположение точек значений K_v выше линии, полученной усредненной кривой как по вертикали, так и по горизонтали, что говорит, об их максимальных значениях. Точки выше линии кривой, верхняя часть графика – максимальные значения K_v и K_p , определенные по данным лабораторных исследований методом центрифуги [3].

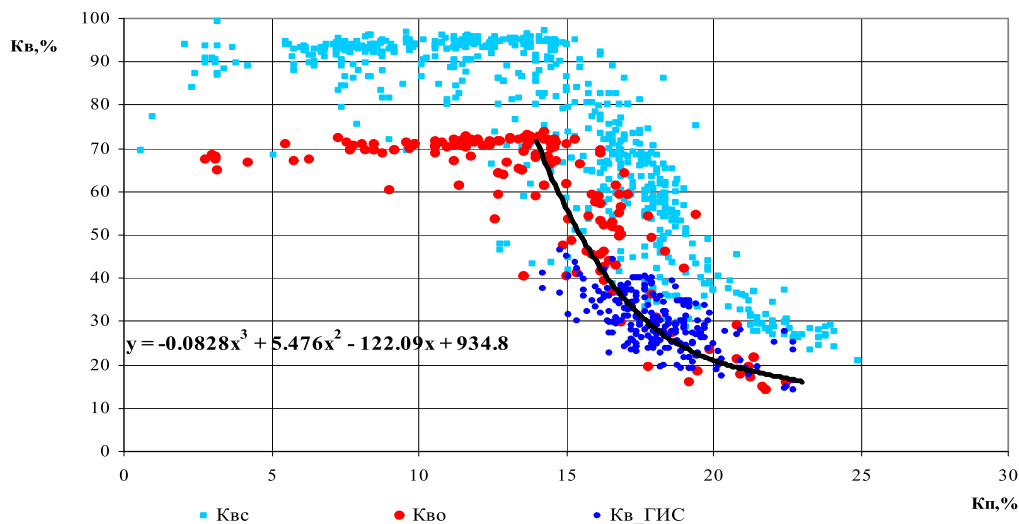


Рис. 4. Сопоставление остаточной водонасыщенности K_{vo} по капилляриметрии (точки на боковых участках кривой с $K_v = 40-75\%$) и водонасыщенности по ГИС (точки в центральной части кривой с $K_v = 14-40\%$) с открытой пористостью

Fig. 4. Comparison of residual water saturation K_{vo} by capillarimetry (points on the side sections of the curve with $K_v = 40-75\%$) and GIS water saturation (points in the central part of the curve with $K_v = 14-40\%$) with open porosity

Полученные параметры были использованы для подсчета геологических запасов нефти объемным методом. Суммарный прирост запасов нефти по

пласту АС10 по категории В + С1 составил 52 170 / 23 838 тыс. т [1, 3].

Заключение

Благодаря применению геофизических методов резко повысилась детальность исследований: в разрезе выделяются не только пласты большой мощности, но и сравнительно тонкие прослои пород, литологический состав и коллекторские свойства которых резко отличаются от состава и свойств продуктивной части пласта. Это дает возможность определять характер строения продуктивных горизонтов, что крайне важно при выборе системы разработки месторождения, в частности режима закачки в пласт

воды для поддержания пластового давления.

Каротажные диаграммы являются основными и часто единственными документами, на основании которых составляют план дальнейших работ в скважине. В результате геофизических работ получен значительный объем геологической информации по площади исследований. Плотность полученной информации достаточно высокая и требует дальнейшего осмысления и мониторинга в процессе получения новых данных по скважинам.

Список источников

1. Калашник Ж. В. Использование геофизических исследований на месторождении «Х-ского» // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского моря: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 10–11 октября 2024 г.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2024. С. 169–171.

2. Корочкина Н. С., Прохоров В. Л., Яневиц Е. А. и др.

Геологический отчет ТЭД, ТЭО, ТЭС «Сейсморазведочные работы 3D на Восточной площади южной части Приобского месторождения (сезон 2011–2012 годов)». Тюмень, 2013.

3. Зырянов С. А. и др. Оперативный подсчет начальных геологических запасов нефти и растворенного газа по итогам эксплуатационного бурения в 2013 году на южной части Приобского месторождения. Ханты-Мансийск, 2014.

References

1. Kalashnik Zh. V. Ispol'zovanie geofizicheskikh issledovaniy na mestorozhdenii «H-skogo» [The use of geophysical research at the “X-skogo” field]. *Novejshie tehnologii osvoeniya mestorozhdenij uglevodorodnogo syr'ya i obespechenie bezopasnosti jekosistem Kaspijskogo morja: materialy XV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Astrahan', 10–11 oktjabrja 2024 g.)*. Astrahan', Izd-vo AGTU, 2024. Pp. 169–171.

2. Korochkina N. S., Prohorov V. L., Janevic E. A. i dr. *Geologicheskij otchet TJeD, TJeO, TJeS “Sejsmorazvedochnye raboty 3D na Vostochnoj ploshhadi juzhnoj chasti Priobskogo mestorozhdenija (sezon 2011–2012 godov)”*

[Geological report of TED, Feasibility study, TPP “3D seismic exploration on the Eastern area of the southern part of the Priobskoye field (2011–2012 season)”]. Tjumen', 2013.

3. Zyrjanov S. A. i dr. *Operativnyj podschet nachal'nykh geologicheskikh zapasov nefiti i rastvorenного gaza po itogam jekspluatacionnogo bureniya v 2013 godu na juzhnoj chasti Priobskogo mestorozhdenija* [Operational calculation of initial geological reserves of oil and dissolved gas based on the results of production drilling in 2013 in the southern part of the Priobskoye field]. Hanty-Mansijsk, 2014.

Статья поступила в редакцию 25.08.2024; одобрена после рецензирования 05.10.2024; принята к публикации 30.10.2024
The article was submitted 25.08.2024; approved after reviewing 05.10.2024; accepted for publication 30.10.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Жанетта Владимировна Калашник – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; kalashnik_10@mail.ru

Владимир Юрьевич Калашник – аспирант кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; Астраханский государственный технический университет; oka873@bk.ru

Виктория Викторовна Исакова – аспирант; ассистент кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; isakovavv@mail.ru

Zhanetta V. Kalashnik – Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; kalashnik_10@mail.ru

Vladimir Yu. Kalashnik – Postgraduate Student of the Department of Shipbuilding and Energy Complexes of Marine Technology; Astrakhan State Technical University; oka873@bk.ru

Victoria V. Isakova – Postgraduate Student; Lecturer of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; isakovavv@mail.ru

