

Геологическая эффективность сейсморазведки 2D на площади Кошадаш Северо-Апшеронского нефтегазоносного района Азербайджана

Тофик Рашид оглы АХМЕДОВ*

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация

Объект исследования – структура Кошадаш, имеющая общекавказское простирание (т. е. простирается с северо-запада на юго-восток), осложнена 9 тектоническими нарушениями, проходящими в основном по простиранию структуры и разделяющими ее на блоки.

Методология. В статье рассматриваются результаты сейсмических 2D-исследований на площади Кошадаш разных лет, по которым построены структурные карты пяти сейсмических горизонтов, приуроченных к разным стратиграфическим уровням, из них выбраны две карты, отображающие строение поверхности мела и поверхности миоцена, которые в статье описаны подробно. На структурных картах отображены западные части таких крупных тектонических элементов, как Северо-Апшеронская зона поднятий, где расположены структуры Кошадаш, Западный Апшерон и Северный Апшерон, Сумгаит-Келькорская синклиналь и Северо-Апшеронская впадина.

Выводы. Сейсмическая запись на сводовых и присводовых частях структуры характеризуется хаотическим расположением осей синфазности, наблюдается сложная интерференционная волновая картина, местами со слабым уровнем записи. Вдобавок редкая сеть профилей, расположенных не всегда вкрест простирания, пространственная разнонаправленность плоскостей распространения отраженных волн, обилие волн, приходящих на сейсмические профили не в плоскости разреза (т. е. не в вертикальной плоскости, боковые волны), не дали возможности детально изучить строение структуры Кошадаш. Поэтому для изучения этой структуры, имеющей сложное строение, рекомендуется проведение сейсморазведочных 3D-работ.

Ключевые слова: сейсморазведка 2D и 3D, структура Кошадаш, миоцен, мел, сейсмический горизонт, скважина, структурная карта.

Введение

Структура Кошадаш расположена севернее Апшеронского полуострова, на Азербайджанской акватории Каспийского моря [1]. На этой площади неоднократно проводились сейсморазведочные исследования: в 1987 и 1993 гг. здесь проводились сейсморазведочные 2D-работы трестом «Каспморнефтегеофизразведка», а в 1996, 1999 и 2005 гг. – СП Caspian Geophysical. Обзорная схема обработанных сейсмических профилей приведена на рис. 1.

Постановка проблемы. Антиклинальная складка Кошадаш входит в состав структур Апшеронского архипелага, где нефтегазопроявления связаны с тектоническими нарушениями и грязевыми вулканами [1, 2]. На соседних площадях получены промышленные притоки нефти и газа с калинской и кирмакинской свит продуктивной толщи нижнего плиоцена. В сводовой и присводовой частях складки Кошадаш размыта большая часть продуктивной толщи до отложений надкирмакинской глинистой свиты. Поэтому с точки зрения нефтегазоносности нижние отделы продуктивной толщи, учитывая, что на Сиазанской моноклинали, находящейся к северо-западу от площади исследований, нефть добывается из отложений чокрака, майкопа, эоцена и верхнего мела, высокоперспективны по отложениям неогена и мела.

Исследовательские вопросы. Настоящие исследования включают в себя переинтерпретацию полученных данных трестом «Каспморнефтегеофизразведка», а в 1996, 1999 и 2005 гг. СП Caspian Geophysical. Перед нами стояли задачи, связанные с выяснением качества и информативности сейсмических материалов, полученных в разные годы, и уточнением геологического строения площади с использованием наиболее качественных полевых сейсмических материалов.

Цель исследований

Целью является критический анализ результатов обработки разных систем, проведенный разными организациями с выбором наиболее информативных материалов для переинтерпретации. Обработка полевых записей производилась в вычислительных центрах треста «Каспморнефтегеофизразведка» в системах обработки сейсмических данных ГОС-10, СЦС-3, ProMax и СП Caspian Geophysical в системе OMEGA [3–5, 6, 7].

Методология

В обоих вычислительных центрах использованы, даже с учетом вспомогательных процедур, одинаковые графы обработки. Основные процедуры:

*Akhmedov.tofik@bk.ru

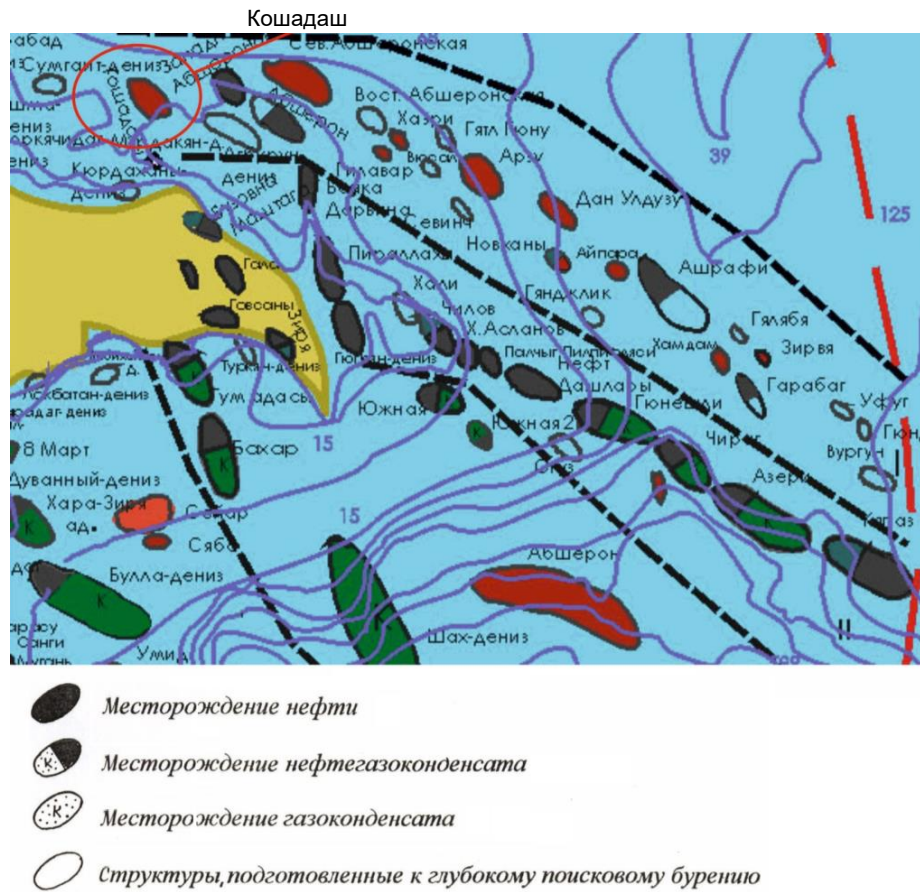


Рисунок 1. Обзорная схема отработанных сейсмических профилей
 Figure 1. Overview diagram of the processed seismic profiles

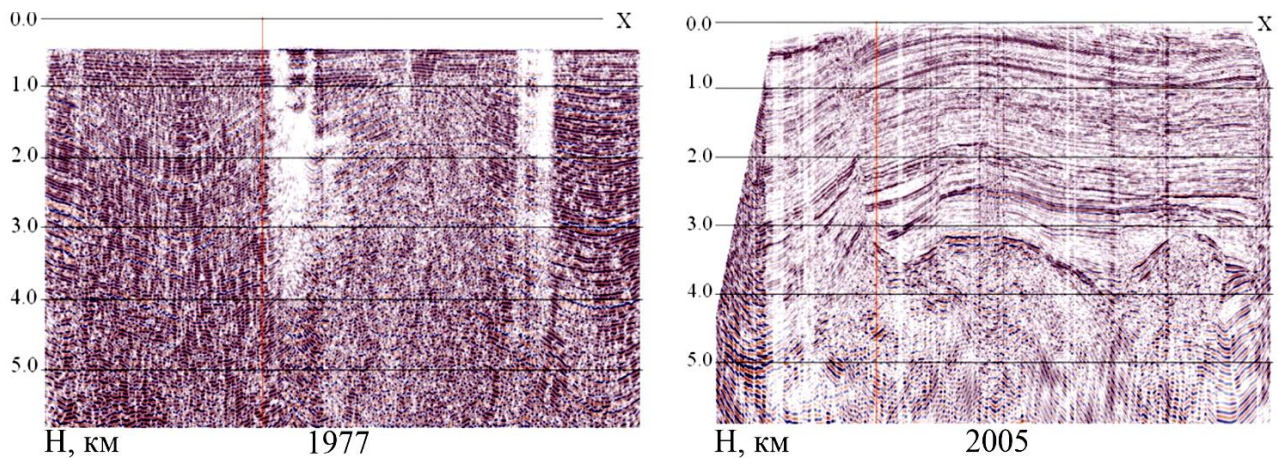


Рисунок 2. Сравнение динамических глубинных разрезов, полученных в 1977 г. трестом «Каспморнефтегеофизразведка» и в 2005 г. совместным предприятием Caspian Geophysical (профили этих лет практически дублируют друг друга с небольшими отклонениями)

Figure 2. Comparison of dynamic deep sections obtained in 1977 by the Kaspormneftegeofizrazvedka trust and in 2005 by the Caspian Geophysical joint venture (the profiles of these years practically duplicate each other with minor deviations)

- подавление кратных волн;
- ввод и коррекция кинематических поправок;
- суммирование по ОГТ (ОСТ);
- сейсмическая миграция до суммирования (входит в граф обработки сейсмических записей 2005 г.);
- миграция временных разрезов.

Как видно, миграция до суммирования применима только к материалам 2005 г. Скоростная модель среды для этой процедуры составлена по данным скоростей суммирования ОГТ [6, 8–10]. Примененный граф обработки оптимальный и обеспечил получение качественных временных разрезов.

Сравнительный анализ волновых полей, наблюдае-

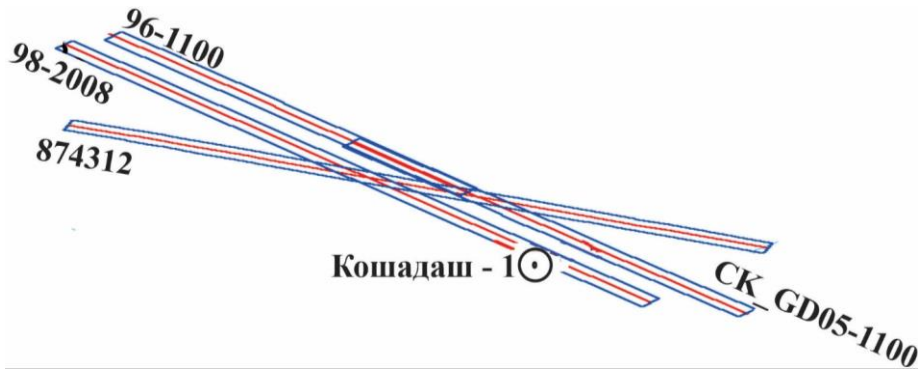


Рисунок 3. Схема расположения сейсмических профилей, временные разрезы вдоль которых приводятся на рис. 4, 5
 Figure 3. The layout of seismic profiles, time sections along which are shown in fig. 4, 5

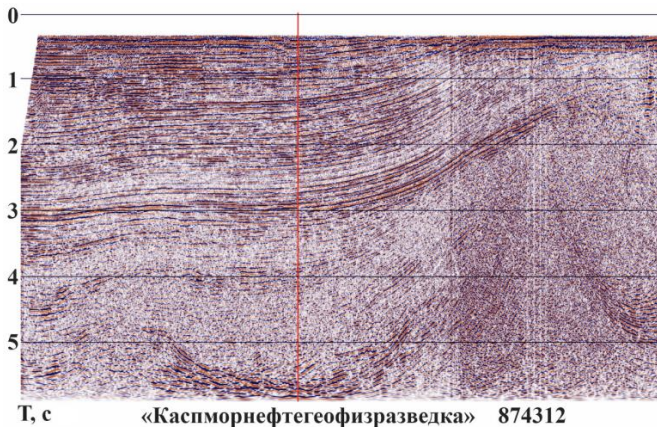


Рисунок 4. Временной разрез 874312 треста «Каспморнефтегеофизразведка», полученный в 1987 г.
 Figure 4. Time section 874312 of the Kasporneftegeofizrazvedka trust, obtained in 1987.

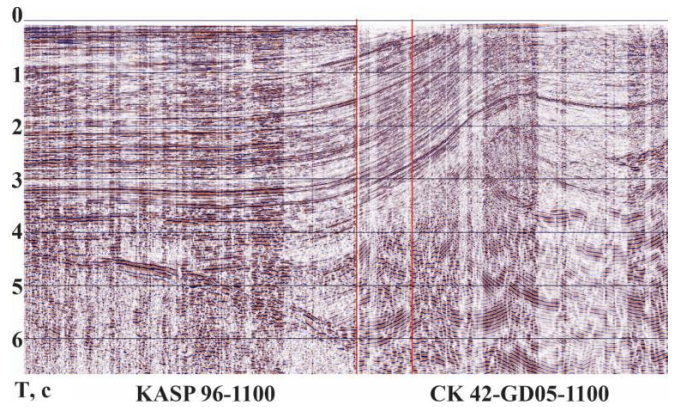


Рисунок 5. Объединенный вариант временных разрезов, построенных по сейсмическим записям 1996 и 2005 гг. СП Caspian Geophysical
 Figure 5. Combined version of time sections constructed from seismic records of 1996 and 2005. Caspian Geophysical Joint Venture

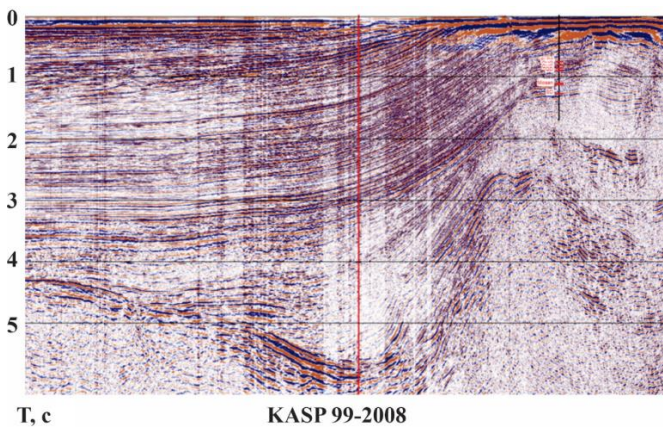


Рисунок 6. Временной разрез, построенный по сейсмическим записям 1996 г. СП Caspian Geophysical
 Figure 6. Time section constructed from seismic records of 1996. Caspian Geophysical Joint Venture

мых на временных разрезах 1987 и 1993 гг. треста «Каспморнефтегеофизразведка» СП Caspian Geophysical 1996, 1999 и 2005 гг., показал, что существует большая разница между кинематическими, динамическими параметрами волн и разрешенностью сейсмических записей (рис. 2).

Параметры волн временных разрезов треста «Каспморнефтегеофизразведка» были привлечены к интерпретации в качественном отношении [11, 12].

Причину и оправданность такого подхода демонстрируют и следующие динамические глубинные сейсмические разрезы (рис. 4–6), схема расположения которых дается на рис. 3.

Плотность наблюдения сейсмических профилей, использованных при переинтерпретации, составила $Q = 0,8 \text{ км/км}^2$. Такая плотность позволила нам построить карты в масштабе $M 1 : 50\ 000$. Естественно, несмотря на то что эти карты характеризуют общее геологическое строение площади работ, они не смогут отображать с полной детальностью отдельных элементов строения (углов падения границ, пространственное положение тектонических нарушений, их рангов и т. д.). Для стратиграфической привязки сейсмических горизонтов основой послужили реперные глубины, определенные на скважине Кошадаш-1. Стратификация сейсмического горизонта, приуроченного к поверхности размыва мела, осуществлялась в скважине YLX-1, а в межскважинном пространстве – на основе кинематических и динамических параметров отраженных волн [13, 14]. Погрешности, допущенные

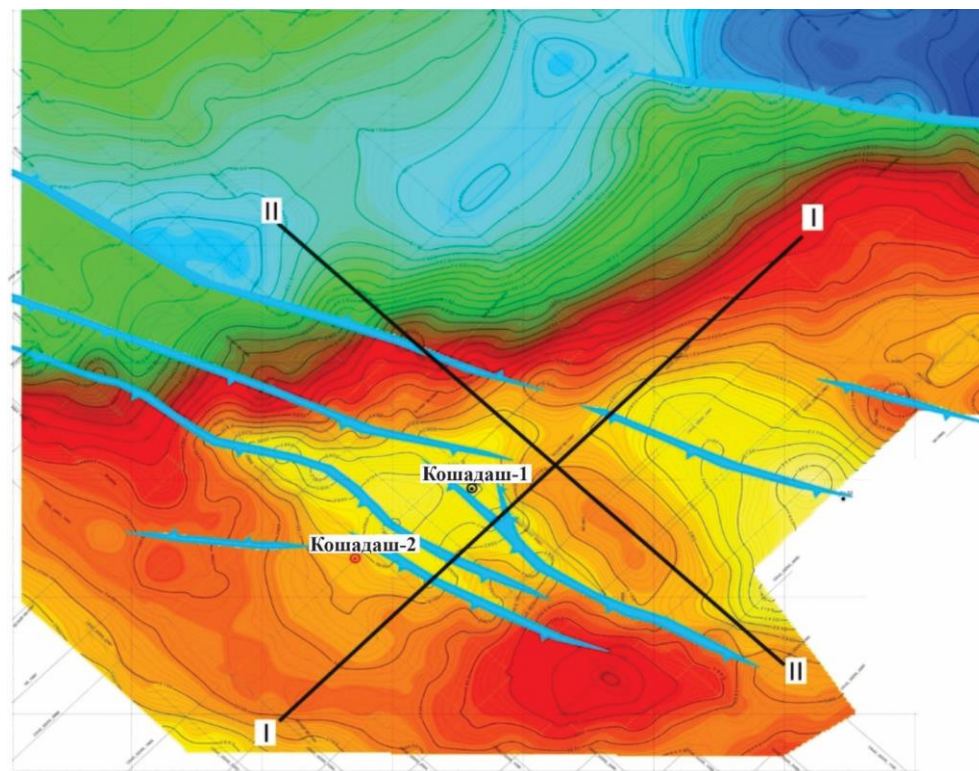


Рисунок 7. Структурная карта по сейсмическому горизонту, приуроченному к отложениям мела
Figure 7. Structural map of the seismic horizon associated with chalk deposits

в определении средних скоростей, использованных при стратификации сейсмических горизонтов, не превышали ± 50 – 100 м. Погрешности, допущенные при корреляции сейсмических горизонтов, – также в этих пределах. Таким образом, погрешности структурных карт не превышают ± 50 – 100 м. Погрешности структурных карт, появляющиеся из-за редкой сети сейсмических профилей, учтены на основе общих геологических соображений.

Интерпретация сейсмических данных выполнена с помощью пакета программ KingDomSuite. Корреляция сейсмических горизонтов выполнена на основе дизъюнктивной модели среды с учетом кинематических и динамических признаков дизъюнктивной дислокации.

Результаты исследований

На площади исследований выделены и прокоррелированы пять сейсмических горизонтов, отображающих строение пяти целевых отложений, и по ним построены соответствующие карты [15, 16]: 1. Свита перерыва ПТ (продуктивной толщи); 2. Кирмакинская свита (КС); 3. Подкирмакинская свита; 4. Калинская свита (КаС); 5. Сейсмический горизонт, приуроченный к поверхности размыва мела и миоценовым отложениям. Из этих отложений наибольший практический интерес представляют последние два, для описания которых остановимся здесь.

На площади работ выделяются и прослеживаются 10 тектонических нарушений (в основном взбросового типа). Пять из них, являясь причиной осложнения строения структуры Кошадаш, и считаются основными тектоническими элементами.

На структурной карте, соответствующей поверхности

размыва меловых отложений, видно, что складки Кошадаш, Акбурун, Западный Апшерон и Северный Апшерон являются структурными образованиями второго ранга единого крупного поднятия (рис. 7).

Глубинные разрезы вдоль линий I–I и II–II (рис. 7), представленные на рис. 8, 9, подтверждают сказанное.

Северные и северо-западные крылья структур Кошадаш, Западный Апшерон и Северный Апшерон, получившие свои отображения в зоне поднятий, залегают под крутыми углами (40° – 50°) и падают в северном направлении в сторону Северо-Апшеронской впадины в виде моноклинали. Все это очень хорошо наблюдается на рис. 6, 9. Западная периклинали Западно-Апшеронского поднятия, расположенная на востоке структуры Кошадаш, выделяется изогипсами 2150–3000 м. Южнее, юго-западнее зоны поднятий получила отражение западная часть синклинали Сумгаит–Келькор. В центральной части площади исследований расположена относительно хорошо изученная структура (антиклиналь) Кошадаш СЗ–ЮВ (обшекавказского) простирания. Структура Кошадаш имеет сложное строение и разделена на тектонические блоки разрывными нарушениями в основном тоже СЗ–ЮВ простирания. Свод антиклинали замыкается юго-западнее свжаины Кошадаш-1 изогипсой 2050 м, а на северо-восточном крыле 2950 м. Северо-восточное крыло структуры с восточной стороны отделяется седловиной от западной периклинали структуры Западный Апшерон (рис. 7, 10). Седловина, погружаясь в северо-восточном направлении, переходит в синклинали, замыкающуюся изогипсами 3350–3050 м. Сводовая и присводовая части структуры, выраженные изогипсами 2050–2850 м, характеризуются

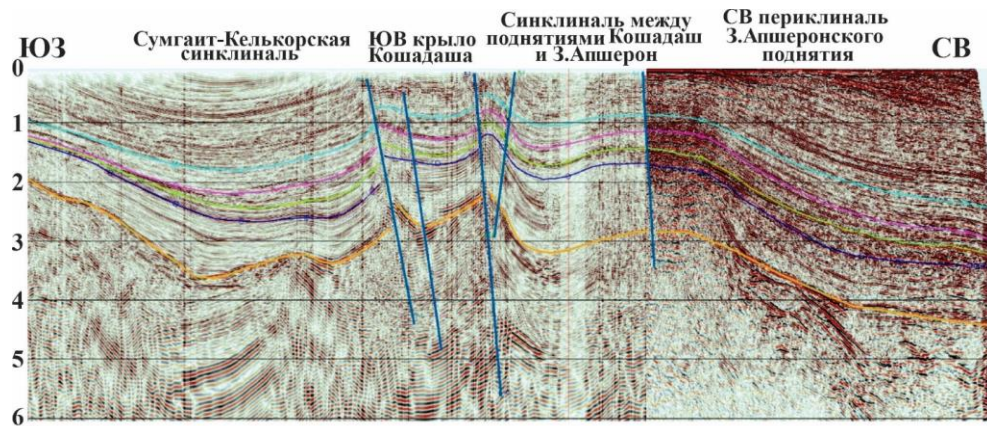


Рисунок 8. Глубинный разрез по линии I-I, приведенный на рис. 7
 Figure 8. Deep section along line I-I shown in fig. 7

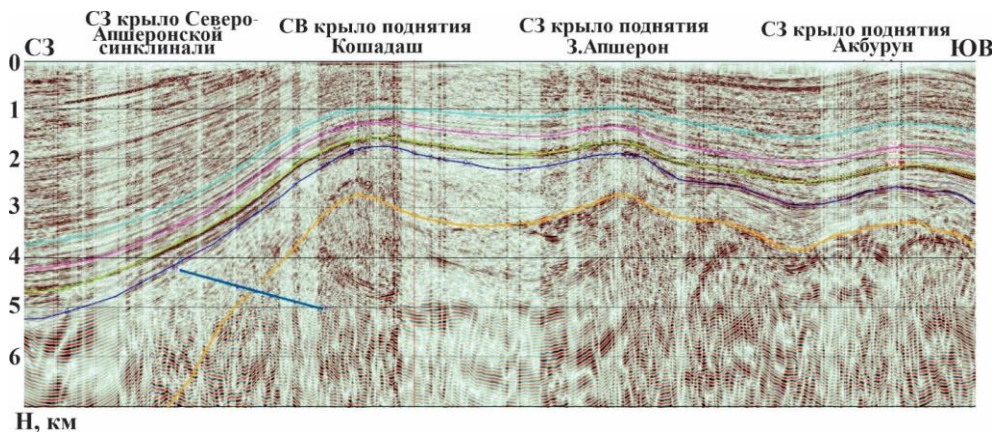


Рисунок 9. Глубинный разрез по линии II-II, приведенный на рис. 7
 Figure 9. Deep section along line II-II shown in fig. 7

очень сложным строением. Элементы, которые удалось картировать, имеют условный характер, так как они получили очень слабое отображение на сейсмическом волновом поле и изучены редкой сетью профилей (межпрофильные расстояния 2–3,5 км).

Блок, образованный в западном крыле в результате тектонических процессов, может считаться перспективным с точки зрения ввода в разведочное бурение на нефть и газ. Этот блок площадью 35 км² (размеры 13 × 5 км), амплитудой более 900 м, упираясь с северо-востока на тектоническое нарушение, замыкается изогипсой 3500 м, достаточно уверенно выделяется и прослеживается на глубинных разрезах и ЮВ–СЗ, и ЮЗ–СВ направлений.

На карте соответствующей поверхности размыва меловых отложений Северо-Апшеронская впадина охвачена частично.

По структурной карте, отображающей строение поверхности размыва миоценовых отложений (рис. 10), хорошо видно, что геологический разрез характеризуется более простым строением, чем в части разреза, относящейся к меловым отложениям. На этом уровне количество тектонических нарушений, их длина и амплитуда заметно уменьшаются. Основной структурный элемент площади – структура Кошадаш – по поверхности миоцена

имеет сложное строение. Свод и северное крыло складки выражены изогипсами 1250–1750 м.

Южное крыло ее оконтурено изогипсой 2650 м и с северо-востока ограничено нарушением (как и в карте по поверхности размыва меловых отложений), образуя тектонически экранированную ловушку.

Восточная периклиналь Западно-Апшеронской структуры, отделяющейся от северо-восточного крыла структуры Кошадаш седловиной, выражена изогипсами 1450–1750 м. Северо-восточные крылья складок Кошадаш и Западный Апшерон, погружаясь под углами 20°–26°, соединяются с Северо-Апшеронской впадиной. Северо-Апшеронская впадина имеет простое строение по миоценовым отложениям и отображается южным бортом на карте.

Сумгаит-Келькорская синклиналь с некоторым простым строением повторяет картину поверхности мела.

Построены карты по трем свитам нижнего отдела ПТ (по калинской, кирмакинской свитам и по свите перерыва), которые генетически повторяют геологическое строение миоценовых отложений.

Заключение

Проведенные исследования привели к следующему заключению:

1. С целью уточнения геологического строения струк-

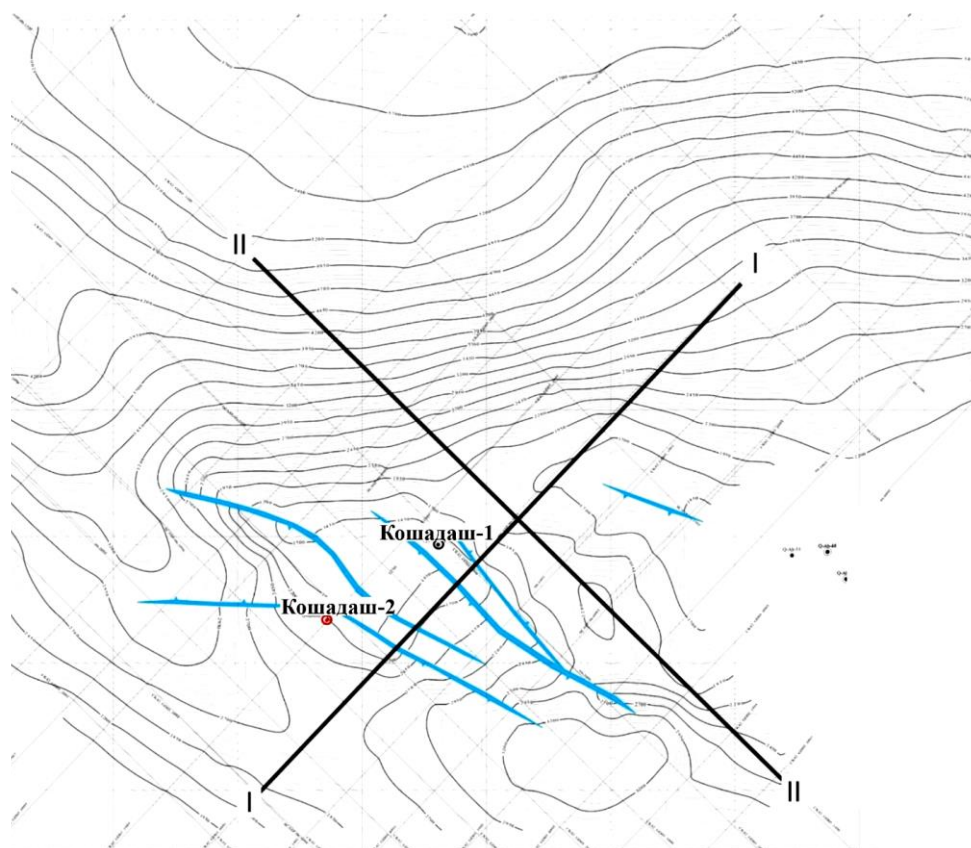


Рисунок 10. Структурная карта, отображающая строение поверхности размыта отложений миоцена
Figure 10. Structural map showing the structure of the erosion surface of Miocene deposits

туры Кошадаш по неогено-меловым отложениям и изучения связи между складками Акбурун и Западный Апшерон, а также для определения направления дальнейших поисково-разведочных работ рекомендуется проведение

сейсморазведочных 3D-работ на площади 300 км²;

2. Рекомендуется также пробурить поисково-разведочную скважину глубиной 3500 м для выявления перспектив нефтегазоносности неоген-меловых отложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология нефтяных и газовых месторождений Азербайджана / А. А. Ализаде [и др.]. М.: Недра, 1966. 384 с.
2. Ахмедов Т. Р., Ахундлу А. А., Гиясов Н. Ш. Некоторые результаты наземной и скважинной сейсморазведки Говсанинского месторождения углеводородов // Каротажник. 2012. Вып. 6 (216). С. 3–16.
3. Фатьянов А. Г. Методы обработки сейсмических данных для сред произвольного строения // Геомодель-2014: XVI Междунар. науч.-практ. конф. Геленджик, 2014. С. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20142188>
5. Табаков А. А., Баранов К. В., Рыковская Н. В., Копчиков А. В. Методика и некоторые результаты обработки данных МОГТ и 3D ВСП // Технологии сейсморазведки. 2006. № 2. С. 8–13.
6. Ahmedov T. R. Search for optimal velocity characteristics while seismic plotting // Geophysics news in Azerbaijan. 1994. No. 1. P. 18–23.
7. Yilmaz O. Seismic Data Analysis. Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysicists, 2001. Vol. 1, II. 2027 p.
8. Урупов А. К., Лёвин А. Н. Определение и интерпретация скоростей в методе отраженных волн. М.: Недра, 1985. 288 с.
9. Bancroft J. C., Wang S. Converted-wave prestack migration and velocity analysis by equivalent offsets and CCSP gathers: CREWES Project Research Report, 1994. Vol. 6. P. 1–7.
10. Guirigay T. Estimation of Shear wave velocities from P-P and P-S seismic data using Equivalent Offset Migration: M. S. thesis. Alberta, Canada: University of Calgary, 2012. 99 p.
11. Буряковский Л. А. Петрофизика нефтяных и газовых коллекторов продуктивной толщи Азербайджана. Баку, 1991. 205 с.
12. Мамедов П. З. Тектонотипы палеобассейнов Кавказско-Каспийского региона и основные стадии эволюционного развития Южно-Каспийского мегабассейна. Баку: АГНА, 2006. 28 с.
13. Пузырев Н. Н. Временные поля отраженных волн и метод эффективных параметров. Новосибирск: Наука, 1979. 298 с.
14. Wang S. Three-component and three-dimensional seismic imaging: M.S. thesis. Alberta, Canada: University of Calgary, 1997. 83 p.
15. Naveau P., Oh H.-S. Polynomial wavelet regression for images with irregular boundaries // IEEE Transactions on Image Processing. 2004. Vol. 13, issue 6. P. 773–781. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.821345>
16. Giroux B. Méthodes sismiques (Corrections dynamiques et analyse de vitesse) / Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environment. Version 1.2.1. Automne 2019 (GEO1303).

Статья поступила в редакцию 04 декабря 2024 года

Geological Efficiency of 2D Seismic Exploration in the Koshadash Area of the North Apsheron Oil and Gas Bearing Region of Azerbaijan

Tofik Rashid ogly AKHMEDOV*

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, the Republic of Azerbaijan

Abstract

Object of study – the Koshadash structure, which is the main object of research, has a pan-Caucasian strike (i. e., extends from northwest to southeast) and is complicated by 9 tectonic faults that run mainly along the strike of the structure and divide it into blocks.

Methodology. The article discusses the results of 2D seismic studies in the Kosadash area of different years, based on which structural maps of five seismic horizons were constructed, confined to different stratigraphic levels, from which 2 maps were selected that display the structure of the Cretaceous surface and the Miocene surface, which are described in detail in the article. The structural maps display the western parts of such large tectonic elements as: the North Absheron uplift zone, where the Koshadash, Western Absheron and Northern Absheron structures, the Sumgait-Kelkor syncline and the North Absheron depression are located.

Conclusions. Seismic recording on the vault and vault parts of the structure is characterized by a chaotic arrangement of in-phase axes; a complex interference wave pattern is observed in places with a weak recording level. In addition, the sparse network of profiles, not always located across the strike, the spatial multidirectionality of the planes of propagation of reflected waves, the abundance of waves arriving at the seismic profiles not in the section plane (i.e., not in the vertical plane, lateral waves) did not make it possible to study in detail the structure of the Koshadash structure. Therefore, to study this structure, which has a complex structure, 3D seismic exploration is recommended.

Keywords: 2D and 3D seismic exploration, Koshadash structure, Miocene, chalk, seismic horizon, well, structural map.

REFERENCES

1. Alizade A. A. et al. 1966, Geology of oil and gas fields of Azerbaijan. Moscow, 284 p.
2. Akhmedov T. R., Akhundlu A. A., Giyasov N. Sh. 2012, Some results of ground and borehole seismic exploration of the Govsaninsky hydrocarbon deposit. *Karotazhnik* [Logger], issue 6 (216), pp. 3–16.
3. Fatyanov A. G. 2014, Methods for processing seismic data for media of arbitrary structure. Geomodel 2014: 16th EAGE science and applied research conference. Gelendzhik, pp. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20142188>
4. Bersenev S. M., Zhukovsky E. L., Kiselev V. M. 1962, Processing and entropy interpretation of data. Novosibirsk, 32 p.
5. Tabakov A. A., Baranov K. V., Rykovskaya N. V., Kopchikov A. V. 2006, Methodology and some results of processing CDP and 3D VSP data. *Tekhnologiya seismorazvedki* [Seismic exploration technologies], no. 2, pp. 8–13.
6. Ahmedov T. R. 1994, Search for optimal velocity characteristics while seismic plotting. *Geophysics news in Azerbaijan*, no. 1, pp. 18–23.
7. Yilmaz O. 2001, Seismic Data Analysis. Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysicists, vol. I, II, 2027 p.
8. Urupov A. K., Levin A. N., 1985, Determination and interpretation of velocities in the reflected wave method. Moscow, 288 p.
9. Bancroft J. C., Wang S. 1994, Converted-wave prestack migration and velocity analysis by equivalent offsets and CCSP gathers: CREWES Project Research Report, vol. 6, pp. 1–7.
10. Guirigay T. 2012, Estimation of Shear wave velocities from P-P and P-S seismic data using Equivalent Offset Migration: M. S. thesis. Alberta, Canada: University of Calgary, 99 p.
11. Buryakovskiy L. A. 1991, Petrophysics of oil and gas reservoirs of the productive strata of Azerbaijan. Baku, 205 p.
12. Mamedov P. Z. 2006, Tectonotypes of paleobasins of the Caucasus-Caspian region and the main stages of evolutionary development of the South Caspian megabasin. Baku, 28 p.
13. Puzyrev N. N. 1979, Time fields of reflected waves and the method of effective parameters. Novosibirsk, 298 p.
14. Wang S. 1997, Three-component and three-dimensional seismic imaging: M.S. thesis. Alberta, Canada: University of Calgary, 83 p.
15. Naveau P., Oh H.-S. 2004, Polynomial wavelet regression for images with irregular boundaries. *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, issue 6, pp. 773–781. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.821345>
16. Giroux B. 2019, Méthodes sismiques (Corrections dynamiques et analyse de vitesse). Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environment. Version 1.2.1. Automne (GEO1303).

The article was received on December 04, 2024

✉ Akhmedov.tofik@bk.ru