

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ЛОВУШКИ УГЛЕВОДОРОДОВ АПШЕРОНСКОЙ СВИТЫ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ (НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДИ «ХАСИЛАТ» ЮГО-ВОСТОКА АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

**Тофик Рашид оглы Ахмедов**

akhmedov.tofik@bk.ru

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Азербайджан, Баку, просп. Азадлыг, 20

**Актуальность.** Основным объектом двухвековой промышленной добычи нефти и газа в Азербайджане, в частности на Апшеронском полуострове, являются отдельные свиты продуктивной толщи (ПТ) нижнего плиоцена, но наряду с этим отложения апшеронской свиты плейстоцена также нефтегазоносны на некоторых площадях, а также соседней с ней территории Нижне-Куринской впадины. Поиск и разведка ловушек нефти и газа в отложениях апшеронской свиты являются актуальнейшей задачей, стоящей перед геологами и геофизиками Азербайджана.

**Цели работы.** Выделение и прослеживание стратиграфических ловушек углеводородов в сейсмических данных при помощи процедур Таксономия и Классификация компании «Пангея» с использованием сейсмостратиграфического подхода интерпретации волновой картины.

**Методология исследования.** Дана краткая литолого-стратиграфическая характеристика отложений апшеронской свиты, описана волновая картина, наблюдаемая в интервале, охватывающем эти отложения геологического разреза. Выполнена корреляция сейсмических горизонтов в интервале залегания апшеронских отложений с использованием автоматического и «ручного» прослеживания отражающих горизонтов по временным кубам с использованием кубов сейсмических атрибутов и динамических параметров сейсмических колебаний.

**Результаты исследования.** В результате корреляции выделены шесть сейсмических горизонтов на разных временных интервалах: отражающий горизонт  $Ap\_1$  прослеживается по центру положительной фазы в интервале времен 170–1220 мс, отражающий горизонт  $Ap\_2$  прослежен по центру положительной фазы в интервале 250–1200 мс, отражающий горизонт  $Ap\_3\_1$  откоррелирован по центру положительной фазы в интервале 200–1000 мс, отражающий горизонт  $Ap\_3\_2$  приурочен к центру положительной фазы и находится в интервале 190–990 мс, отражающий горизонт  $Ap\_4$  прокоррелирован по центру положительной фазы в интервале времен регистрации 160–880 мс, отражающий горизонт  $Ap\_5$  прослеживается по центру положительной фазы в интервале времен регистрации 230–520 мс. Все указанные сейсмические горизонты коррелируются с большими трудностями из-за высокой интерференции волн и неустойчивого положения сейсмического сигнала, поэтому результаты корреляции неоднозначны. Рассматриваются результаты переобработки и переинтерпретации данных сейсморазведки 3D на одной из площадей юго-востока Апшерона.

**Выводы.** Показано, что с использованием методов безэталонной классификации компании «Пангея» удалось выделить три аномальных участка сейсмической записи, которые, скорее всего, связаны со стратиграфическими ловушками.

**Ключевые слова:** апшеронская свита; продуктивная толща; плиоцен; сейсморазведка 3D; стратиграфическая ловушка.

**В**ведение  
Апшеронский полуостров Азербайджана является одним из основных и старейших нефтегазоносных регионов мира. История промышленной добычи углеводородов здесь насчитывает около двух веков, если считать, что первая в мире «глубокая» скважина на Апшеронском полуострове пробурена ударным способом на глубину 21 м под руководством В. Н. Семёнова в 1846 г. близ Баку, в пос. Биби-Эйбате (Сабаильский район г. Баку).

Основными объектами эксплуатации на Апшеронском полуострове и в Азербайджанском секторе Каспийского моря до сих пор являются отдельные свиты продуктивной толщи (ПТ), которая долгое время относилась к среднему плиоцену, но по результатам последних исследований она приурочена к нижнему плиоцену [1, 2].

Наряду с этими отложениями в отложениях апшеронской свиты нижнего эоплейстоцена получены нефть, газ, газ+нефть, нефть+газоконденсат промышленного (коммерческого) значения на отдельных месторождениях Апшеронского нефтегазоносного района, таких как Балаханы–Сабунчи–Раманы, Сураханы, а также Нижне-Куринской впадины (Кюровадг, Карабаглы, Кюрсангя, Калмас и Нефтчала), которая расположена южнее, юго-западнее Апшеронского полуострова. Глубина залегания объектов эксплуатации варьирует в широких пределах – от 8 м до 2600 м; общая мощность пласта около 45–180 м, пористость коллекторов 15–30 %, дебит нефти от 2,0 до 20 м<sup>3</sup>/сут, а газа – 150 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Все это показывает, что отложения эоплейстоцена, т. е. апшеронской свиты, могут быть перспективными на нефть и газ и в других площадях Азербайджана, где они развиты, в том числе и в юго-восточной части Апшеронского полуострова. В 2012–2013 гг. на одной из площадей в этой части Апшеронского полуострова, условно названной автором «Хасилат», были проведены сейсморазведочные работы 3D, анализ которых дал весьма интересные результаты.

**Характеристика сейсмической записи в интервале, охватывающем апшеронские отложения**

На площади «Хасилат» целевой интервал сейсмической записи расположен в пределах до 1150 мс и включает отложения эоплейстоцена – апшеронскую свиту. Апшеронская свита представлена неравномерным переслаиванием песчаников, песков, алевролитов, алевроитов и глин с редкими пластами белых известняков. Поэтому волновое поле данного сейсмостратиграфического комплекса характеризуется переменной динамической выразительностью и представлено средне- и слабоинтенсивными отражениями, характеризующими сейсмofации, расходящиеся с выклиниванием отдельным фаз в западном направлении, представленные широким разнообразием форм сейсмической записи и взаимного расположения осей синфазности отражений от параллельного до расходящих форм с заходами, разрастанием временной мощности [3].

Корреляция сейсмических горизонтов в интервале залегания апшеронских отложений выполнялась с использованием автоматического и «ручного» прослеживания отражающих горизонтов по временным кубам с использованием кубов сейсмических атрибутов и динамических параметров (рис. 1, 2).

**Отражающий горизонт  $Ap\_1$**  – отражение прослеживается по центру положительной фазы в интервале 170–1220 мс. Отражение неуверенно выделяется вследствие того, что положительная фаза характеризуется фрагментарностью, неустойчивой амплитудой. Имеется также фрагментарное уменьшение интенсивности амплитуды отражения до полного ее исчезновения.

**Отражающий горизонт  $Ap\_2$**  – отражение, связываемое с положением Аномалии № 1, прослежен по центру положительной фазы в интервале 250–1200 мс. Корреляция данного горизонта по разрезу вызывает затруднения по тем же причинам, что и  $Ap\_1$ .

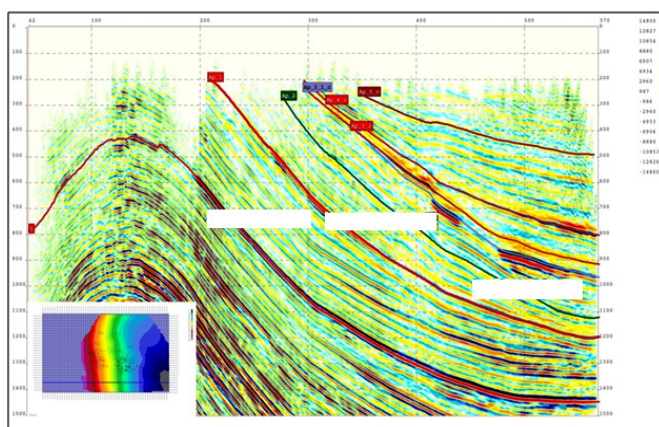


Рисунок 1. Корреляция отражающих горизонтов на примере кросслайна 80.

Figure 1. Correlation of reflecting horizons on the example cross line 80.

Отражающий горизонт *Ar\_3\_1* – отражение, связываемое с положением Аномалии № 3, откоррелирован по центру положительной фазы в интервале 200–1000 мс. Корреляция данного горизонта неоднозначна вследствие нескольких причин:

- наличие зон высокой интерференции;
- фаза волны отличается фрагментарностью и хаотичностью;
- неустойчивость амплитуды.

Отражающий горизонт *Ar\_3\_2* – отражение, связываемое с положением Аномалии № 2, приурочен к центру положительной фазы и находится в интервале 190–990 мс. Данный горизонт также неуверенно прослеживается из-за сильной интерференции.

Отражающий горизонт *Ar\_4* – отражение, прокоррелированное по центру положительной фазы в интервале времен регистрации 160–880 мс. Данный горизонт также коррелируется с большими трудностями из-за высокой интерференции волн и неустойчивого положения сейсмического сигнала.

Отражающий горизонт *Ar\_5* прослеживается по центру положительной фазы в интервале времени регистрации 230–520 мс. Корреляция затруднена из-за хаотической волновой картины, характеризуется неустойчивым поведением амплитуды и фазы вдоль линии горизонта.

Положение выделенных и прокоррелированных сейсмических горизонтов проиллюстрировано на рис. 1, 2.

#### Выделение перспективных прогнозных стратиграфических ловушек

Перспективные стратиграфические ловушки апшеронской свиты выделены использованием процедур Таксономия и Классификация компании «Пангея». Остановимся над кратким описанием этих процедур. Они осуществляют безэталонную классификацию объектов в многомерном пространстве данных путем разбиения на участки разреза, однородные по физико-геологическим свойствам [4]. Обе программы ищут некоторые однородные области в признаковом пространстве и объявляют такие области классами (таксонами). Однако в алгоритмах этих программ есть существенное различие.

Таксономия при построении разбиения на таксоны строит так называемый минимальный незамкнутый граф. Точки в многомерном признаковом пространстве считаются близкими, если найдется цепочка близких соседей,

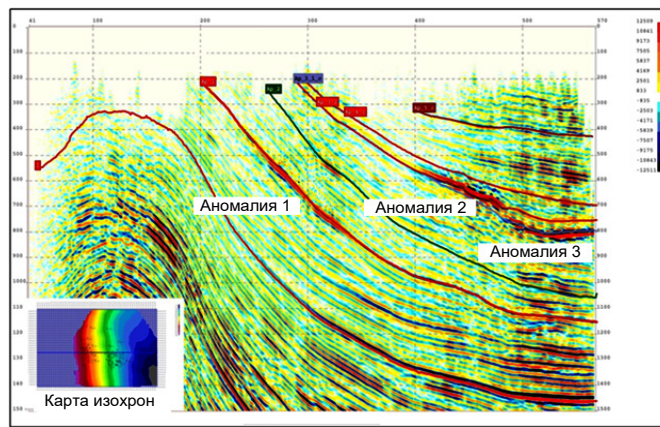


Рисунок 2. Корреляция отражающих горизонтов на примере кросслайна 180.

Figure 2. Correlation of reflecting horizons on the example cross line 180.

соединяющих эти две точки.

Совсем не так действует программа Классификация. Она в качестве меры близости использует обыкновенное евклидово расстояние, поэтому две точки считаются близкими, если расстояние между ними не больше некоторого числа. Таксономия склонна проследить горизонты даже с довольно сильным изменением сигнала (есть граф соседства). Классификация, в отличие от Таксономии, скорее склонна обрывать горизонты в тех местах, где встречается изменение в характере записи.

Аномалии сейсмической записи выделены на основании анализа куба таксономии (Пангея) с использованием сейсмостратиграфического подхода интерпретации волновой картины и выделенные аномалии представлены на рис. 3–6.

Анализ волновых картин вдоль кросслайна 180 и инлайн 255 куба таксономии показывает, что все три аномалии получили свои четкие очертания с ясными границами: размеры несколько уменьшились как по вертикали, так и по латерали по сравнению с обычным временным разрезом [5, 6].

В мировой практике существуют сейсмофациальные аналоги обнаруженных здесь неантиклинальных, т. е. стратиграфических ловушек. Опыт работ на аналогичном месторождении, имеющем подобные ловушки, показывает высокую информативность и геологическую эффективность сейсморазведки при поиске и разведке нефти и газа в терригенных отложениях [7, 8]. Хорошо было бы найти аналоги выделенных типов стратиграфических ловушек, сравнить их, определить сходства и различия между ними. Было выбрано месторождение Rem/Powell, находящееся в Мексиканском заливе [9, 10]. По сейсмогеологическим условиям данное месторождение очень близко к рассмотренному нами месторождению. На рис. 5 представлены сейсмические аналоги выделенных ловушек согласно мировому опыту.

Всестороннее рассмотрение и анализ полученных сейсмических волновых картин на вертикальных временных разрезах идеализированных схем подводных комплексов, каналов, конусов выноса терригенных отложений показывают, что такие модели волновых полей наиболее близки к нашим поисковым моделям ловушек [11], что позволяет более правильно выделить аномалии в сейсмическом волновом поле, оценить и оконтурить песчаные резервуары



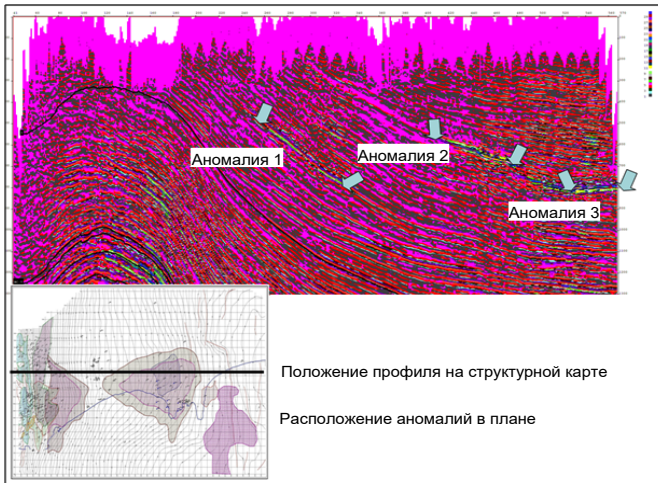


Рисунок 3. Сейсмический разрез по кросслайн 180.  
Figure 3. Seismic section along the cross line 180.

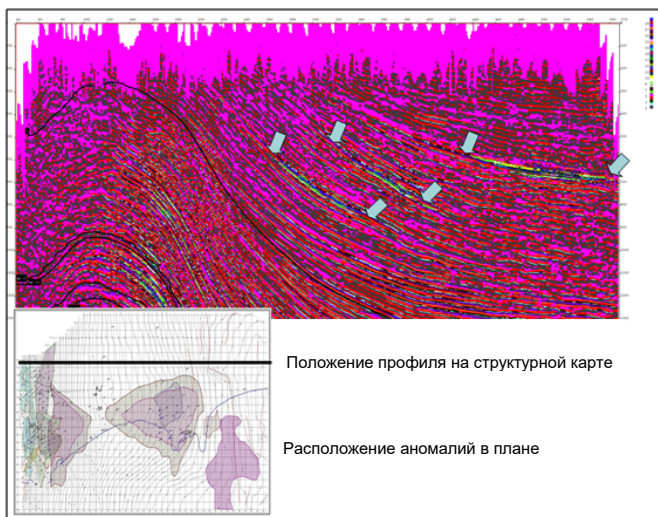


Рисунок 4. Сейсмический разрез по инлайн 255.  
Figure 4. Seismic section along the inline 255.

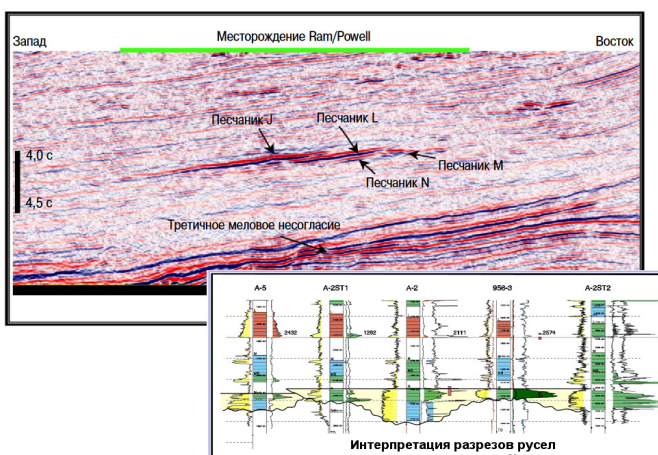


Рисунок 5. Временной разрез месторождения Ram/Powell – аналога рассмотренного нами месторождения.  
Figure 5. The temporal profile of the field Ram/Powell, which is an analog of the deposits considered.

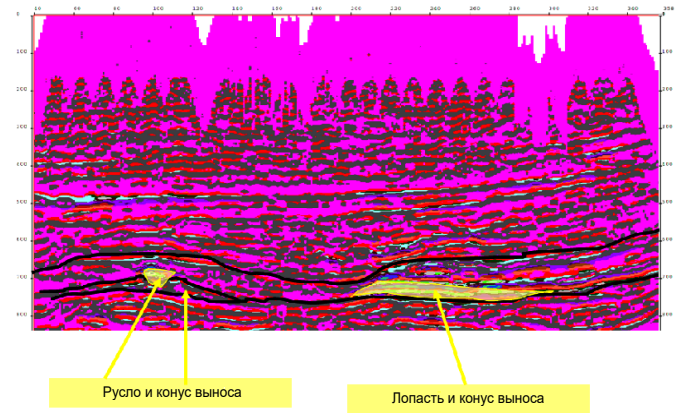


Рисунок 6. Инлайн 375 с выделенным руслом и лопастью конуса выноса.  
Figure 6. 375 inline with the allocated channel and the blade cone removal.

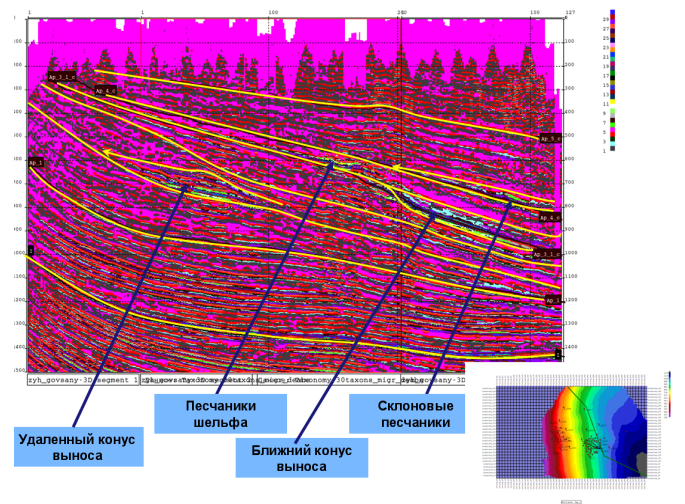


Рисунок 7. Перспективные стратиграфические ловушки, выделенные внутри апшеронской свиты.  
Figure 7. Prospective stratigraphic traps allocated within the Apsheron suite.

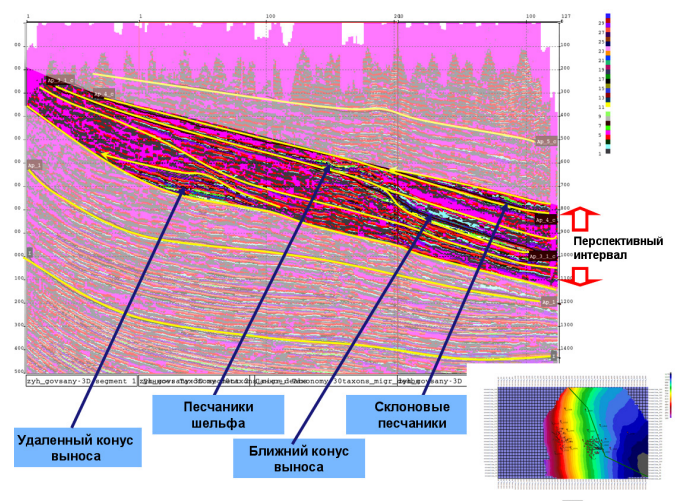


Рисунок 8. Стратиграфические ловушки, выделенные внутри перспективного интервала.  
Figure 8. Stratigraphic traps allocated within the prospective interval.

(рис. 6, 7). Конечно, было бы очень к месту проведение на выделенных аномалиях сейсмической инверсии с целью увеличения надежности проведенных исследований.

#### Сейсмические и фациальные аналоги открытых месторождений

В соответствии с принятой секвенс-стратиграфической моделью образование песчаных резервуаров приурочено к циклам низкого стояния уровня моря [12], а также к условиям мелкого шельфа рис. 7, 8. Сравнение типов стратиграфических ловушек из мирового опыта (рис. 5) с ловушками, выделенными внутри перспективного интервала апшеронской свиты, явно свидетельствует о максимальном сходстве [13].

#### Выводы

В результате исследования динамических характеристик сейсмической записи были выявлены амплитудные аномалии, которые связываются автором с зонами развития ловушек стратиграфического типа, приуроченными к поверхностям несогласия. Таких зон было выделено три. Амплитудные аномалии сейсмической записи хорошо коррелируются с аномальными наборами классов, полученных при проведении процедуры безэталонной классификации сейсмических атрибутов по методике компании «Пангея».

Смена режима и условий осадконакопления происходила при проявлении тектонической активности, вызванной, вероятнее всего, реактивацией роста процессов инъективной дислокации, точнее, глинистых диапиров. Каждый сеймостратиграфический подкомплекс разделяется поверхностями несогласия и перерывами осадконакопления, что очень важно для формирования стратиграфических ловушек.

Условием благоприятного для замыкания ловушек и заполнения ими УВ служит единство трендов – седиментационного и миграции УВ. Поскольку отложения апшеронской свиты не содержат нефтематеринских пород, то можно предположить, что миграция УВ происходит

вследствие вертикальных и латеральных перемещений нефти из нижележащих отложений.

*Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики – Grant № EIF-KETL-2-2015-1(25)-56/33/2.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедов Т. Р. О геологической эффективности сейсморазведки при изучении неантиклинальных ловушек Азербайджана разного типа // Изв. УГГУ. 2016. Вып.3 (43). С. 41–45.
2. Ахмедов Т. Р. Прогнозирование нефтегазоносности на основе нового подхода к сейсмической инверсии // Изв. УГГУ. 2017. Вып.1 (45). С. 27–31.
3. Фред Дж. Хилтерман. Интерпретация амплитуд в сейсморазведке. Тверь: Изд-во ГЕРС, 2010. 252 с.
4. Ралф Дабер, Эфрем М. Дитча и др. Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов. Тверь: Изд-во ГЕРС, 2007. 119 с.
5. Barnes A. E. Instantaneous spectral bandwidth and dominant frequency with application to seismic reflection data // Geophysics. 1993. Vol. 58. P. 419–428.
6. Haase A. B., Stewart R. R. Estimating Seismic Attenuation (Q) by an Analytical Signal Method. Calgary: The University of Calgary, 2005.
7. Iske A., Randen T. (eds.). Mathematical Methods and Modelling in Hydrocarbon Exploration and Production. Editors: Iske, Armin, Randen, Trygve (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 452 p. DOI: 10.1007/b137702.
8. Korneev V. A., Goloshubin G. M., Daley T. M., Silin D. B. Seismic low-frequency effects in monitoring fluidsaturated reservoirs // Geophysics. 2004. Vol. 69, № 2. P. 522–532.
9. Crawford M., Medwedeff D. U.S. Patent Number 5,987,388, Automated extraction of fault surfaces from 3-D seismic prospecting data, 1999.
10. Lees J. A. Constructing Faults from Seed Picks by Voxel Tracking // The Leading Edge, March 1999.
11. Pedersen S. I., Randen T., Sonneland L., Steen O. Automatic Fault Extraction using Artificial Ants // 72<sup>nd</sup> SEG Int. Conf. Salt Lake City, 2002.
12. Шиманский В. В., Ронин А. Л., Рыльков В. А., Караев Н. А., Шиманский С. В. Геологическая интерпретация данных сейсморазведки при региональных и поисковых работах в сложнопостроенных средах // Геология нефти и газа. 2011. № 4. С. 68–73.
13. Ампилов Ю. П. Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. М.: Геоинформмарк, 2004. 286 с.

Поступила 8 июня 2017 г.