

# О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК АЗЕРБАЙДЖАНА РАЗНОГО ТИПА

Т. Р. Ахмедов

## On the geologic efficiency of seismic prospecting in studying different types of non-anticlinal traps of Azerbaijan

T. R. Akhmedov

This article focuses on the application of seismic methods, the study of their capabilities in prospecting and exploration of non-anticlinal traps, which are widespread in Azerbaijan. This article describes the materials of 3D seismic exploration conducted on one of the areas of Apsheron peninsula in 2012. In the study area, the author received a temporary cube in the range of 0–6 seconds. Seismic data on the entire section covering the neogene sediments has a good quality, which makes it possible to carry out an unequivocal interpretation. Geological information and analysis of the wave pattern allowed conducting a seismostratigraphic subdivision of section of studied area. The nature of the wave field divides the entire range into two seismostratigraphic megacomplexes: miocene and pliocene. We studied mainly three types of non-anticlinal traps, which are, in our view, widespread within Azerbaijan: traps controlled by low-amplitude disturbances; zones of pinchout of individual packages of sediments; and other types of traps, such as paleorivers beds. The application of different procedures for processing 2D and 3D seismic data gives very different results in studying of different types of anticlinal traps. For example, coherence cube of 3D data does not allow identifying disjunctive dislocations, and the author had to resort to using the traditional methods of allocation and tracking of disturbances on the wave field. The study shows that in miocene and lower pliocenel low amplitude disturbances play a major role in the formation of non-anticlinal traps of small size. The article specifically describes the anticipated non-anticlinal traps in the sediments of the lower pliocene–miocene of different areas of West Apsheron. The 2D seismic survey revealed pinchout areas, most shallow of which relate to the seismic horizon SH-IV, dated to the underlying productive strata deposits, which is adjacent to the horizon SH-V, related to the upper strata of diatom. At depths of about 2800–3800 m in the underlying with diatoms sediments there are several pinchout areas. These pinching deposits expectedly belong to the oligocene sediments. The study of pinchout zones by the method of instantaneous dynamic characteristics did not give the desired results, although their data allowed to verify the existence of zones of pinchout, but was too imprecise to clarify the position of the pinchout point. Application of Q-filtering was a success: at such a great depths pinchout point position was set accurately. Dynamic 3D seismic data analysis allowed isolating and tracing of the paleo channel of the ancient Volga at the Apsheron Peninsula, which many researchers spoke about.

**Keywords:** non-structural traps; low-amplitude disturbances; pinchout zone; paleorivers riverbeds; disjunctive dislocation; 3D seismic exploration; pliocene; miocene, coherency cube; kinematic and dynamic signs of irregularities.

Настоящая статья посвящена применению сейсмических методов, изучению их возможностей при поисках и разведке неантиклинальных ловушек, которые имеют широкое распространение в Азербайджане. В ней рассмотрены материалы 3D-сейсморазведки, которая проведена на одной из площадей Апшеронского полуострова в 2012 г. На изучаемой территории получен временной куб в интервале 0–6 с. Сейсмический материал по всему разрезу, охватывающему отложения неогена, характеризуется хорошим качеством, что дает возможность провести однозначную интерпретацию. Геологическая информация и анализ волновой картины позволили провести сеймостратиграфическое расчленение разреза площади исследования. По характеру волнового поля весь интервал условно разделен на два сеймостратиграфических мегакомплекса: миоценовый и плиоценовый. Исследованы в основном три типа неантиклинальных ловушек, которые имеют, на наш взгляд, широкое распространение в пределах Азербайджана: 1 – ловушки, контролируемые малоамплитудными нарушениями; 2 – зоны выклинивания отдельных пачек отложений; 3 – другие типы ловушек, например русла палеорек. Отмечается, что применение разных процедур обработки сейсмических данных 2D и 3D дают совершенно разные результаты при изучении разных типов антиклинальных ловушек. Так, например, куб когерентности данных 3D не позволил выделить разрывные нарушения, и пришлось прибегнуть к помощи традиционных способов выделения и прослеживания нарушений на волновом поле. Установлено, что в низах плиоцена и в миоцене малоамплитудные нарушения играют большую роль в формировании неантиклинальных ловушек небольшого размера. В статье особое место отводится предполагаемым неантиклинальным ловушкам в отложениях нижнего плиоцена–миоцена разных площадей Западного Апшерона. По данным 2D-сейсморазведки, здесь выявлены зоны выклинивания, самая неглубокая из которых относится к сейсмическому горизонту SH-IV, приуроченному к подстилающим продуктивную толщу отложения, который примыкает к горизонту SH-V, относящемуся к верхам диатома. На глубинах примерно 2800–3800 м, в подстилающих диатом отложениях выделяются несколько зон выклинивания. Предполагается, что эти выклинивающиеся отложения относятся к олигоценным осадкам. Изучение зон выклинивания методом мгновенных динамических характеристик не дали желаемых результатов, хотя по их данным еще раз удалось убедиться в существовании зон выклинивания, но не представлялось возможным уточнение положения точки выклинивания. Применение Q-фильтрации увенчалось успехом: на таких больших глубинах положение точки выклинивания установлено точно. Динамический анализ данных 3D-сейсморазведки позволил выделить и проследить палеорусло древней Воги на уровне Апшеронского полуострова, о котором высказывались многие исследователи. Таким образом, по каждому типу ловушек приводятся примеры, показывающие эффективность сейсморазведки при их изучении.

**Ключевые слова:** неструктурные ловушки; малоамплитудные нарушения; зоны выклинивания; русла палеорек; дизъюнктивная дислокация; 3D-сейсморазведка; плиоцен; миоцен; куб когерентности; кинематические и динамические признаки нарушений.

## Введение

Антиклинальные ловушки углеводородов, являющиеся до сих пор основными типами ловушек во многих месторождениях мира, уже исчерпывают свои ресурсы. Несмотря на то, что не все антиклинальные ловушки разведаны на достаточном уровне, разведка неантиклинальных ловушек для Азербайджана тоже остается актуальной задачей. Известно, что в Азербайджане долгое время не проводились специальные исследования неантиклинальных ловушек [1].

Настоящая статья посвящена применению сейсмических методов, изучению их возможностей при поисках и разведке неантиклинальных ловушек. Будут рассмотрены в основном три типа неантиклинальных ловушек, которые имеют, на наш взгляд, широкое распространение в пределах Азербайджана: 1 – ловушки, контролируемые мало амплитудными нарушениями; 2 – зоны выклинивания отдельных пачек отложений; 3 – другие типы ловушек.

**1. Неантиклинальные ловушки, контролируемые малоамплитудными нарушениями**

Известно, что дизъюнктивная дислокация играет большую роль в формировании и разрушении ловушек углеводородов, и их изучение представляет практический интерес. Рассмотрим здесь материалы сейсморазведки 3D, которая проведена на одной из площадей Апшеронского полуострова в 2012 г. На изучаемой территории получен временной куб в интервале 0–6 с. Сейсмический материал по всему разрезу, охватывающему отложения неогена, характеризуется хорошим качеством, что дает возможность провести однозначную интерпретацию. Геологическая информация и анализ волновой картины позволили провести сеймостратиграфическое расчленение разреза площади исследования. По характеру волнового поля весь интервал условно разделен на два сеймостратиграфических мегакомплекса (ССМК): миоценовый и плиоценовый. Продуктивная толща (ПТ) (рис. 1), сводовые, а также крыльевые части антиклиналей осложнены нарушениями двух рангов: частичными и внеранговыми. Для выделения и трассирования нарушений применялись разные способы.

В пакете OpendTect сейсмический куб, полученный по данным сейсморазведки 3D 2012 г., был трансформирован в куб когерентности. Полученные горизонтальные срезы по этому кубу не позволили однозначно трассировать разрывные нарушения (рис. 2). Это связано с тем, что структурные планы по всем сейсмическим горизонтам представляют моноклинали с большими углами наклона, что вносит большой процент неопределенности при выделении разрывных нарушений. В связи с этим местоположение тектонических нарушений определялось визуально, по

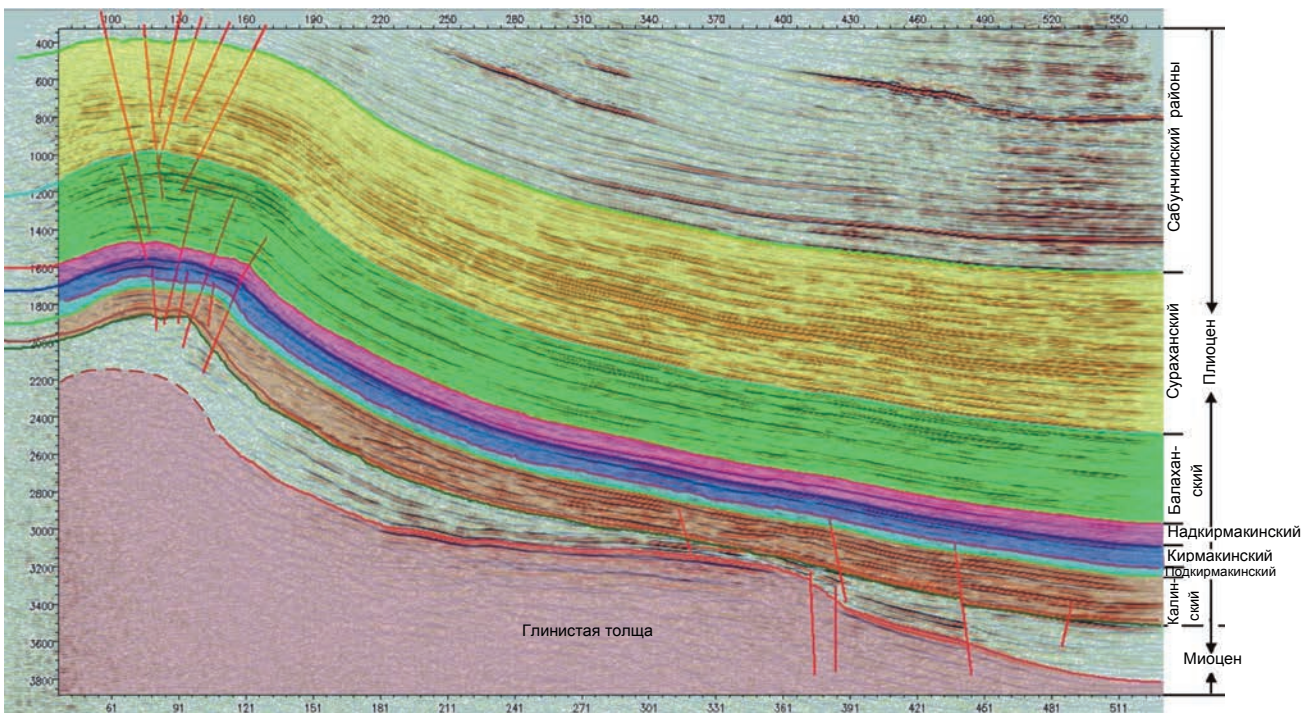


Рисунок 1. Сейсмостратиграфическое расчленение разреза площади исследования / Figure 1. Seismic stratigraphical division of the cut of research area.

разрывам корреляции и фазовым сдвигам осей синфазности отраженных волн на временных разрезах и по картам угловых несогласий (dip) соответствующих горизонтов (рис. 3). Для их трассирования были привлечены амплитудные характеристики соответствующих отражений, по снижению которых и были выявлены зоны разуплотнения (рис. 4). Субширотный разлом в куполе палеоподнятия в центре отмечается разрывом осей синфазности и представляет, несомненно, наибольший интерес для определения путей миграции углеводородов (УВ). Анализ волновой картины показывает, что на своде палеоподнятия, а также на его присводовых и крыльевых участках между малоамплитудными нарушениями можно наблюдать локальные «просадки» во временной области, увеличение временных толщин с вышележащими отражениями (рис. 5). Такое увеличение временных толщин наблюдается вдоль разных линий куба 3D на разных участках изучаемой территории, и их можно связать со скоплениями УВ. Выделенные локальные «просадки» имеют небольшие размеры как по латерали, так и по вертикали.

2. Неантиклинальные ловушки, связанные с зонами выклинивания отложений

Другим самым распространенным типом неструктурных ловушек (в том числе и в Азербайджане) являются зоны выклинивания отдельных комплексов отложений. Они встречаются во многих нефтегазоносных регионах Азербайджана: рассмотрим предполагаемые неантиклин-

нальные ловушки в отложениях нижнего плиоцена–миоцена разных площадей Западного Апшерона.

На следующем сейсмическом профиле (рис. 6) выявлены зоны выклинивания, самая неглубокая из которых относится к сейсмическому горизонту SH-IV, приуроченному к подстилающему продуктивную толщу (ПТ) отложениям, которые примыкают к горизонту SH-V, относящемуся к верхам диатома. На глубинах примерно 2800–3800 м, в подстилающих диатом отложениях выделяются несколько зон выклинивания. Предполагается, что эти выклинивающиеся отложения относятся к олигоценным осадкам [2]. Зоны выклинивания изучались мгновенными динамическими характеристиками сейсмических волн. Разрезы мгновенных динамических характеристик (МДХ) достаточно информативны. Например, на разрезе мгновенных амплитуд волны, зарегистрированные в пределах 1,2–2,2 с, характеризуются относительно высокой интенсивностью (рис. 7), и самые высокие амплитуды наблюдаются в зонах выклинивания. В разрезе мгновенных фаз и мгновенных частот выклинивающиеся сейсмические горизонты прослеживаются нечетко. Таким образом, удалось уточнить, что различные мгновенные характеристики информативны по-разному.

В целом после применения в практике сейсморазведки метода общей глубинной точки МОГТ (МОСТ) проблем с выделением зон выклинивания, можно сказать, не осталось. Единственной нерешенной задачей осталось уточнение положения точки выклинивания. Учет неупругого поглощения позволяет уточнить положение точки выклинивания, и неупругое поглощение учитывалось по данным вертикального сейсмиче-

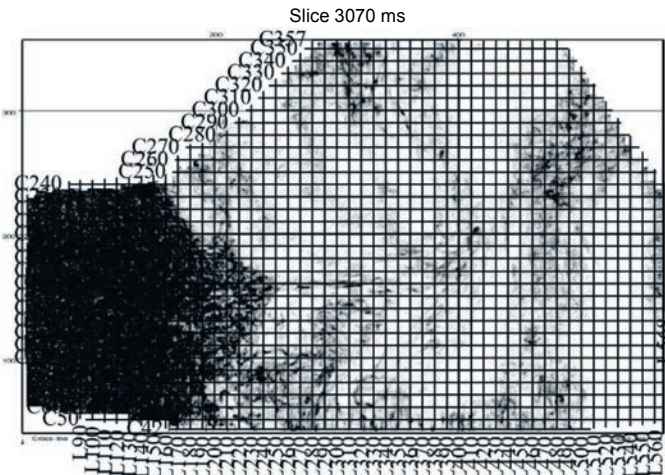
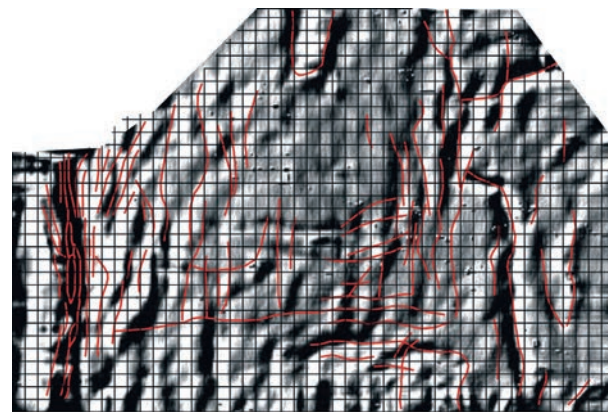


Рисунок 2. Горизонтальный срез куба когерентности / Figure 2. The horizontal section of the coherence cube.



Разрывные тектонические нарушения

Рисунок 3. Карта углов наклона / Figure 3. Map of the slope angles.

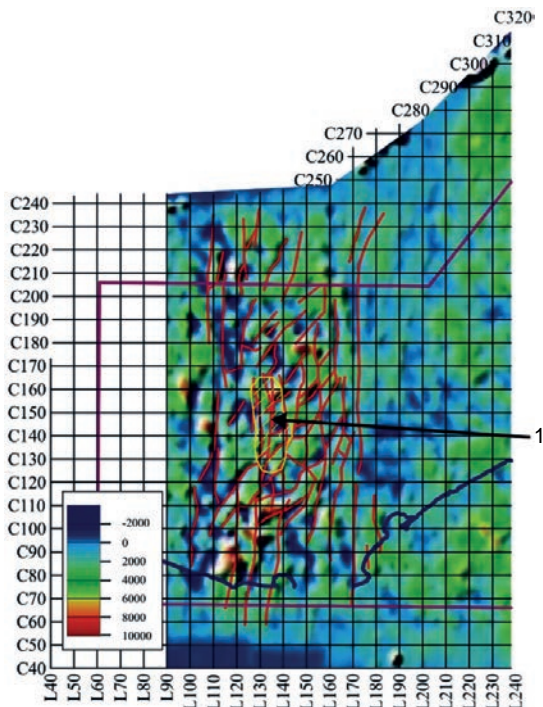


Рисунок 4. Выделение тектонических нарушений с помощью карт амплитуд. 1 – аномальная зона сейсмической записи, связанная с ловушкой неантиклинального типа / Figure 4. Isolation of tectonic disturbances using amplitude maps.

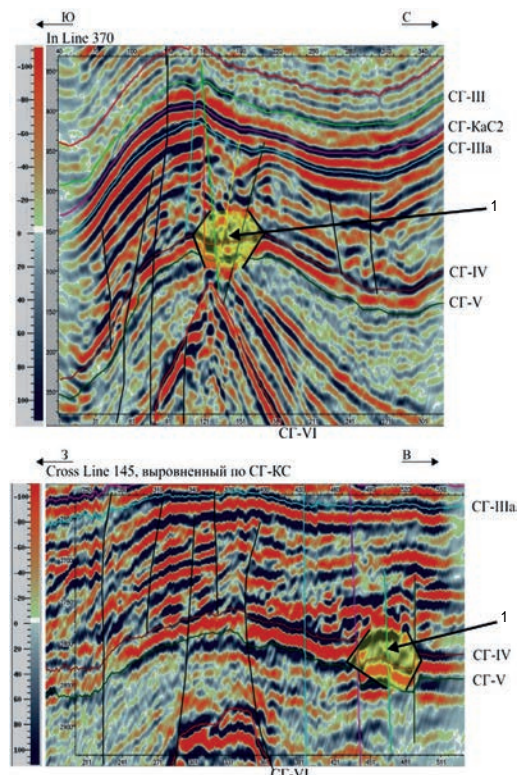


Рисунок 5. Волновая картина в Калинском интервале разреза с аномалией – 1 сейсмической записи / Figure 5. Wave pattern in the range of Kalinskiy cut with the anomaly – 1 of the seismic record.

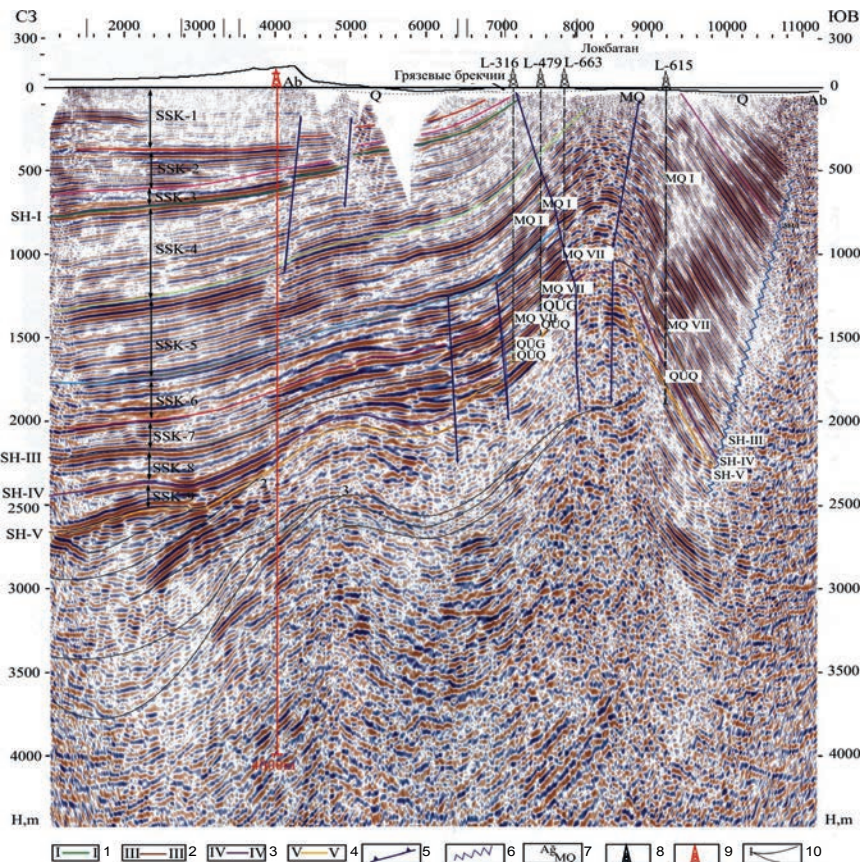
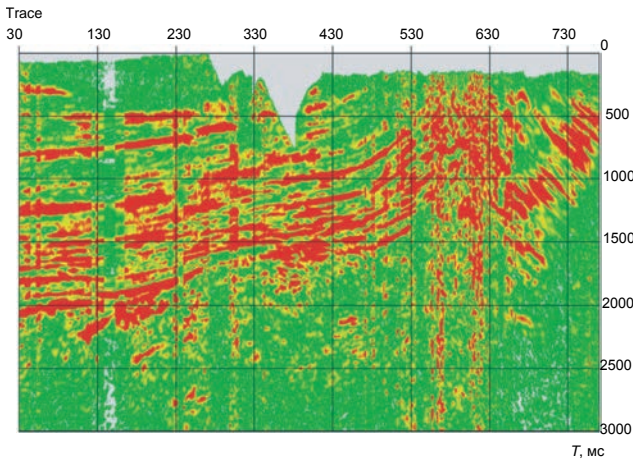
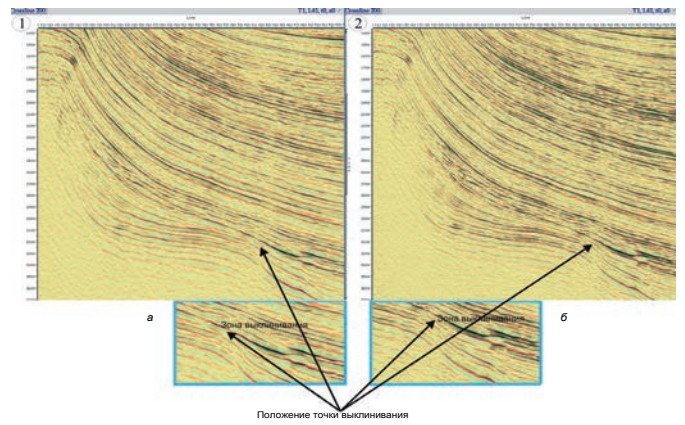


Рисунок 6. Зоны выклинивания на разрезе Западного Апшерона. 1 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам ПТ; 2 – сейсмический горизонт, приуроченный к VII горизонту ПТ; 3 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам подстилающих ПТ (понт) отложениям; 4 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам диатома; 5 – разрывные нарушения по сейсмическим данным; 6 – зона сложной сейсмической записи; 7 – выходы на дневную поверхность стратиграфических границ; 8 – скважины глубокого бурения; 9 – параметрические скважины; 10 – линия выклинивания / Figure 6. Thinning areas on the cut of the West Apsheron.



**Рисунок 7. Разрез мгновенных амплитуд:** по оси абсцисс номера сейсмических трасс вдоль профиля наблюдения; по оси ординат – время прихода волн в пункты наблюдения, мс / **Figure 7. Instantaneous amplitudes section.**

ского профилирования (ВСП). В основе определения добротности лежит анализ измеренных амплитуд падающей продольной волны на разных уровнях, между которыми и определяется параметр добротности. Для балансировки амплитудно-частотного спектра, а также учета поглощения среды по суммарному кубу была выполнена процедура обратной Q-фильтрации или деабсорбции (рис. 8). Средняя величина эффективной добротности  $Q = 145$  была использована для восстановления ослабленных частот на временных разрезах сейморазведки 3D. Результаты фильтрации показывают существенное увеличение разрешающей способности, что наглядно демонстрирует эффективные возможности ис-



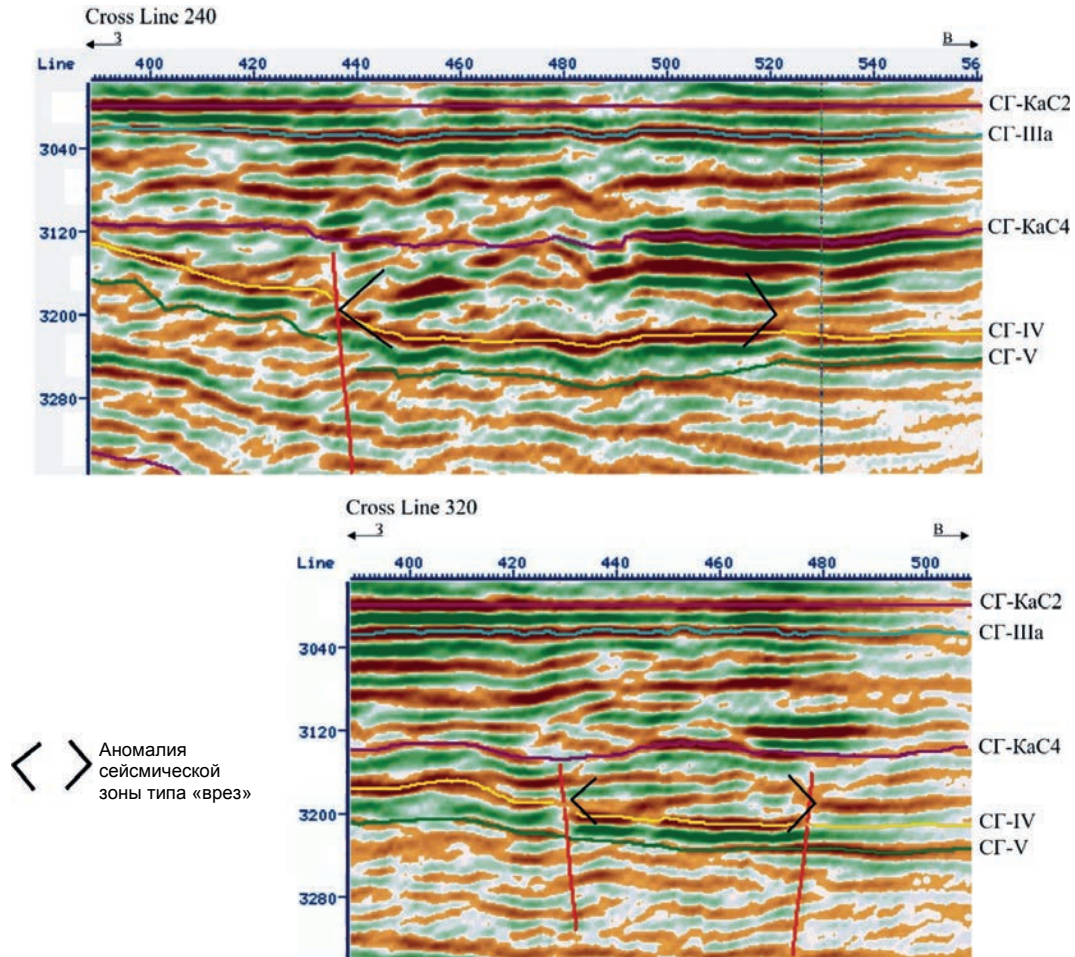
**Рисунок 8. Сравнение результата процедуры обратной Q-фильтрации по вертикальным срезам куба 3D Cross Line 200.** 1 – срез до применения Q-фильтрации (а – в увеличенном масштабе); 2 – после применения Q-фильтрации (б – в увеличенном масштабе). Заметно улучшение разрешённости сейсмической записи после применения Q-фильтрации / **Figure 8. Comparison of results of the inverse Q-filtering procedure by vertical cuts of cube 3D Cross Line 200.**

пользования некоторых параметров ВСП в обработке наземной сейморазведки. В данном случае за счет улучшения разрешающей способности глубинного динамического разреза удалось уточнить положение точки выклинивания (рис. 8, б).

Один из способов определения положения точки выклинивания в разрезе описан в данной статье, а другой изложен в работе [3].

**3. Другие типы неантиклинальных ловушек**

В Азербайджане широкое развитие получили и другие типы неантиклинальных ловушек, среди которых особо выделяются ловушки, связанные с палеоруслами древних рек. В приведенном на рис. 9 разрезе



**Рисунок 9. Фрагменты выровненных по СГ-Ka2 временных разрезов:** выделение палеоречной системы по рисунку сейсмической записи / **Figure 9. Fragments of aligned by SG-Ka2 time sections:** selection of the paleo-river system by the picture of seismic record.

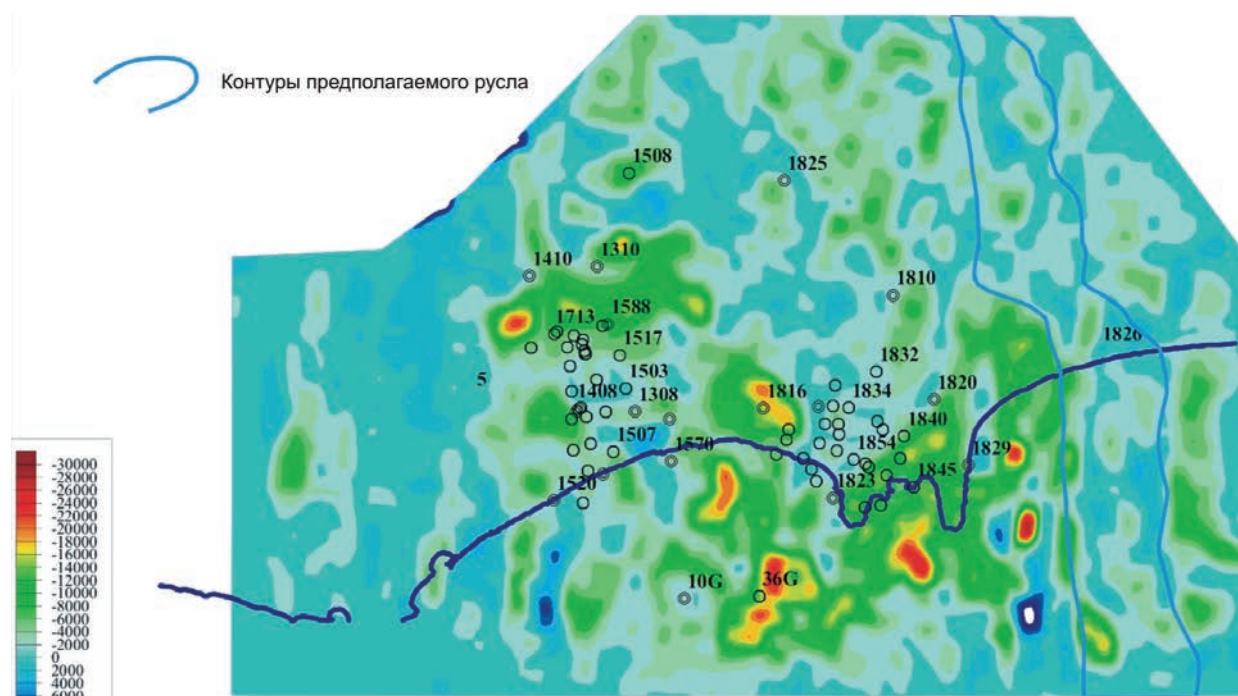


Рисунок 10. Карта минимальных амплитуд отраженных волн СГ-Ka2 (shift – 15 ms) / Figure 10. Map of the minimum amplitudes of the reflected waves SG-Ka2 (shift – 15 ms).

куба 3D, полученном в результате обработки данных трехмерной сейсморазведки [4], СГ-IV характеризует подошву нижнеплиоценовых отложений ПТ. Этот куб характеризует строение одной из нефтегазоносных площадей старейшего нефтегазоносного региона мира – Апшеронского полуострова Азербайджана. На востоке изучаемой территории, рассекая всю площадь с севера на юг, проходит аномалия типа «врез» с очень крутым западным склоном и менее выраженной восточной границей, отождествляемая с палеоруслом (рис. 9).

На карте амплитуд (горизонтальный срез куба 3D) она приурочена к пониженным значениям (рис. 10). Размеры ее 1,5 × 8,3 км, площадь 8814 тыс. м<sup>2</sup>. О перспективности данного объекта говорить весьма проблематично ввиду отсутствия на данном стратиграфическом уровне глубокого бурения. На юго-востоке площади исследования наблюдается область повышенных амплитуд.

#### Выводы

Проведенные исследования показали, что выделение и прослеживание разрывных нарушений по кубам когерентности не увенчались успехом, так как трансформация куба сейсморазведки в куб когерентности не дала желаемых результатов. На наш взгляд, это связано тем, что структурные планы по всем сейсмическим горизонтам внутри плиоценового комплекса осадков представляют моноклинали с большими углами наклона, что вносит большой процент неопределенности при выделении разрывных нарушений. Исходя из этого, нарушения выделялись традиционным способом: по кинематическим и динамическим признакам дизъюнктивных дислокаций в сейсмическом волновом поле. Установлено, что нарушения с малыми амплитудами играют роль экрана и участвуют в образовании ловушек углеводородов небольших размеров.

Многолетний опыт работ привел к заключению, что с применением МОГТ, начиная с 1970-х гг., многие проблемы выделения и прослеживания зон выклинивания исчезли. Единственной проблемой осталось уточнение положения точки выклинивания в разрезе, которая успешно решена применением обратной Q-фильтрации или деабсорбции. Есте-

ственно, это требует проведения на исследуемой площади ВСП; при его отсутствии следует прибегать к помощи спектрального или корреляционного анализа вблизи точки выклинивания.

Исследования палеорусел древних рек, потенциальных ловушек углеводородов в Азербайджане дали очень хорошие результаты: они четко выделяются и прослеживаются на сейсмическом волновом поле на вертикальных и горизонтальных срезах куба 3D.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов П. З. Тектонотипы палеобассейнов Кавказско-Каспийского региона и основные стадии эволюционного развития Южно-Каспийского мегабассейна. Баку: АГНА, 2006, 28 с.
2. Ибрагимли М. С., Ганбаров Ю. Г. Неантиклинальные ловушки, выявленные в Евлах-Агджабединском прогибе Азербайджана и их перспективность // Геофизика. 2012. № 3. С. 22–25.
3. Ахмедов Т. Р. К вопросу уточнения положения точки выклинивания на временном разрезе // Георесурсы. 2006. № 1(18). С. 21–23.
4. Yilmaz Oz. Seismic data analysis. Tulsa: SEG, 2001. 2065 p.

#### REFERENCES

1. Mamedov P. Z. 2006, *Tektonotipy paleobasseynov Kavkazsko-Kaspiyskogo regiona i osnovnye stadii evolyutsionnogo razvitiya Yuzhno-Kaspiyskogo megabasseyna* [Tectonic types of paleobasins of Caucasian-Caspian region and the main stage of the evolutionary development of the South Caspian megabasin], Baku, 28 p.
2. Ibragimli M. S., Ganbarov Yu. G. 2012, *Neantiklinal'nye lovushki, vyjavlen'nye v Evlakh-Agdzhabedinskom progibe Azerbaydzhana i ikh perspektivnost'* [Non-anticlinal traps identified in Yevlakh-Agjabedi trough of Azerbaijan and their perspective]. *Geofizika* [Russian Geophysics], no. 3, pp. 22–25.
3. Akhmedov T. R. 2006, *K voprosu utochneniya polozheniya tochki vyklinivaniya na vremennom razreze* [On the question of clarifying the location of the pinchout point on the time section]. *Georesursy* [Georesources], vol. 18, no. 1, pp. 21–23.
4. Yilmaz Oz. 2001, *Seismic Data Analysis*. Tulsa: SEG, 2001. 2065 p.

Тофик Рашид оглы Ахмедов,

akhmedov.tofik@bk.ru

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности  
Азербайджан, Баку, пр-т Азадлыг, 20

Tofik Rashid ogly Akhmedov,

akhmedov.tofik@bk.ru

Azerbaijan State University of Oil and Industry  
Baku, Azerbaijan