

# Выделение и прослеживание тектонических нарушений на площади Газанбулаг — Зиядхан атрибутивным анализом данных 3D сейсморазведки

*М. Агаева, 2020*

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Поступила 24 февраля 2020 г.

Уточнено геологическое строение структур Газанбулаг, Зиядхан и Северный Зиядхан по данным 3D сейсморазведки, т. е. по результатам атрибутивного анализа сейсмических данных. Наряду с указанным целью настоящих исследований — установление наиболее эффективных атрибутов при выделении и прослеживании дизъюнктивных дислокаций в условиях Евлах-Агджабединского прогиба Среднекуринской впадины Азербайджана. Представлены основные сведения о месторождении Газанбулаг — старого месторождения Азербайджана неантиклинального типа, описана история его изучения геолого-геофизическими методами. Некоторые аспекты геологического строения месторождения остались не изученными, поэтому в 2014 г. были выполнены сейсмические 3D исследования. Приведены результаты обработки всего материала 3D куба, а также сейсмических атрибутов, рассчитанных по мигрированному 3D кубу сейсморазведки. Проанализированы все рассчитанные кубы атрибутов, уточнено дизъюнктивное строение площади и установлены наиболее эффективные атрибуты при решении поставленной задачи. Путем сравнения обычных временных вертикальных срезов (разрезов) 3D куба сейсморазведки с рассчитанными разрезами Sweetness, RMS Amplitude, Envelope и Ant tracking вдоль тех же профилей (или линий) показано, что сейсмические отражения и особенности строения среды, выделенные на обычных разрезах, точно отображаются на разрезах атрибутов. Выделенные и трудно прослеживаемые на обычных временных разрезах нарушения с весьма малыми амплитудами очень хорошо отображаются на разрезах всех атрибутов характерным усложнением волновой картины с сопровождением хаотической формы распределения амплитуд атрибутов. Такая же картина наблюдается на картах всех рассчитанных атрибутов по поверхности горизонтов Газанбулаг I и II: подтверждены все нарушения, выделенные и прослеженные на обычных картах по этим горизонтам. Выделенные и прослеженные малоамплитудные нарушения в крыльевых участках структур внесены в структурные карты.

**Ключевые слова:** атрибутивный анализ, 3D сейсморазведка, майкопские отложения (I и II газанбулагские горизонты), куб атрибутов, площадь Газанбулаг—Зиядхан.

**Введение.** За последние годы значительно возросла разведанность нефтегазоносных бассейнов, особенно их верхних частей (до глубины 4—4,5 тыс. м). Многие открытия в ближних к Азербайджану нефтегазоносных провинциях связаны с ловушками неантиклинального типа разных ге-

незиса и морфологии. Несомненно огромное влияние «неантиклинальных» факторов на распределение залежей нефти и газа в Азербайджане и на морских его акваториях. В поисках и разведке залежей нефти и газа антиклинального, как и неантиклинального типов роль сейсморазведки

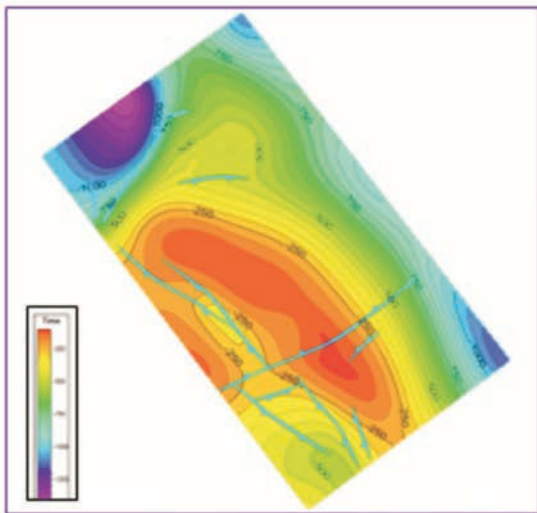
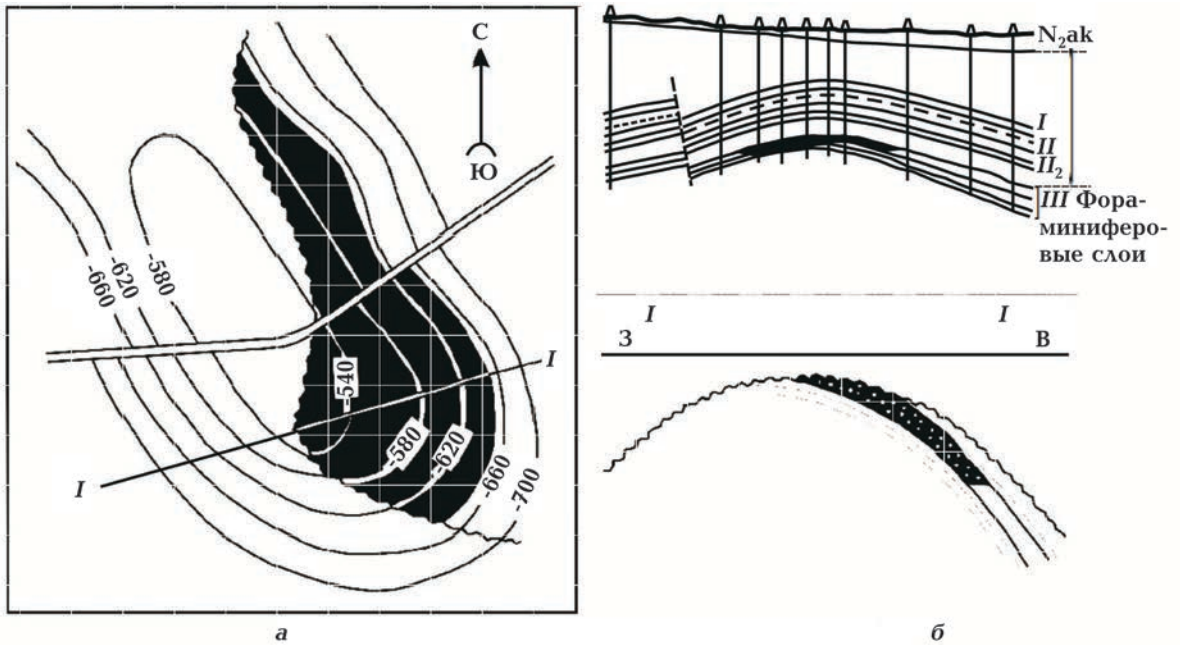
существенна, геологическая эффективность которой снижается с сокращением размеров и ослаблением морфологической контрастности выявленных и разведываемых структур. Значительно растет доля различного рода неструктурных ловушек во всем мире, происхождение которых обусловлено широким развитием разрывных нарушений и литолого-фаціальным замещением коллекторов плотными породами. Другая причина кроется в том, что при выборе мест заложения скважин используются в основном структурные построения по данным сейсморазведки без учета информации о внутреннем строении природных резервуаров, прогнозе емкостных параметров в межскважинном пространстве. Еще в меньшей степени используются прямые методы прогнозирования нефтегазоносности, т. е. динамическая интерпретация сейсмических данных, положительно зарекомендовавшая себя в ряде регионов мира. Крайне ограниченное использование сейсмических данных при размещении глубокого бурения чревато и тем, что в большинстве случаев вне поиска остаются различного рода неантиклинальные ловушки, при изучении и прогнозировании которых решающая способность сейсморазведки, к сожалению, еще недостаточно высока [Ахмедов, 2016]. Одним из старых месторождений Азербайджана неантиклинального типа является Газанбулаг. Газанбулаг и соседствующие структуры Зиядхан и Чайлы тектонически находятся в северо-западной части перед Малокавказской антиклинальной зоной. Месторождение расположено к востоку от г. Гянджа и к северо-западу от курорта Нафталан, на плато, осложненном небольшими холмами и балками [Ализаде и др., 1966].

В разные годы на площади Газанбулаг—Зиядхан были проведены геологические (структурно-картировочные, геолого-поисковые работы, бурение), а также геофизические исследования. В 1945—1947 гг. здесь осуществлялась промышленная разведка, в результате которой были выявлены залежи нефти в двух песчаных горизонтах нижнего майкопа (I и II Газанбулагские горизон-

ты) и эоценовых отложениях. В результате проведенных геолого-геофизических исследований выявленное в горизонте III фораминаферовых слоев (эоцен) месторождение Газанбулаг отнесено к залежам нефти и газа в ловушках эрозионных выступов и стратиграфических экранов (рис. 1) [Ализаде и др., 1966; Ахмедов, 2017]. Проведенные геолого-поисковые работы выявили, что в сводном геологическом разрезе площади принимают участие еще меловые и третичные отложения [Шерифф, Гелдарт, 1987; Ампилов, 2008]. Они представлены пелитоморфными трещиноватыми известняками с маломощными прослоями глин и мергелей, известняками, мергелями, известковистыми песчаниками, мергелями и глинами, крупнозернистыми песками и песчаниками. Абшеронский ярус и антропоген сложены континентальными породами.

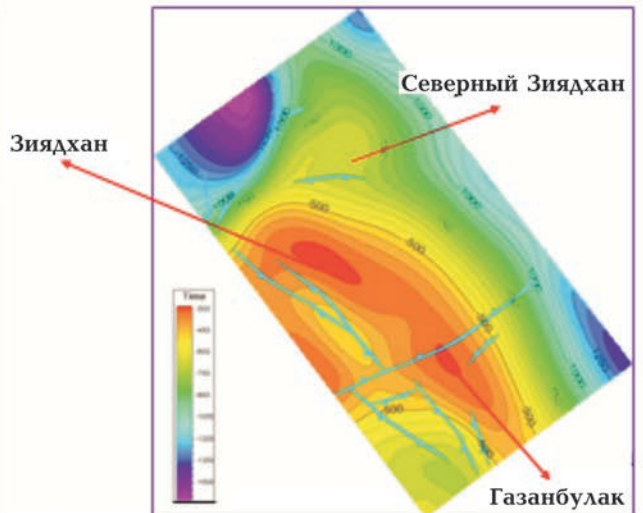
В 1993—1994 гг. на северо-восточном крыле Газанбулагской складки были пробурены две поисково-разведочные скважины — 201 и 202, но промышленные притоки нефти не получены. В 1994 г. на северо-восточной равнинной части площади проведены сейсморазведочные работы МОГТ, в результате которых картированы отложения верхнего мела—эоцена. Начиная с 40-х годов прошлого столетия на площади Газанбулаг стали широко применять геофизические методы разведки: в 1975—1984 гг. проводились электроразведка и гравиразведка, а в 1987, 1992, 1994 гг. — сейсморазведка МОГТ.

В тектоническом отношении площадь Газанбулаг—Зиядхан представляет собой асимметричную антиклинальную складку северо-западного простирания с пологим (до  $10^\circ$ ) северо-восточным и относительно крутым ( $15\text{—}16^\circ$ ) юго-западными крыльями (см. рис. 1). По слоям нижнего Майкопа складка состоит из двух небольших поднятий: Щадылинского и Газанбулагского. По данным структурно-картировочных скважин Газанбулагская складка осложнена четырьмя поперечными разрывами, приведшими к образованию отдельных тектонических полей. На Газанбулагском месторождении основными объектами для поис-



Двумерное отображение СГ, приуроченного к горизонту газанбулак I

в



Двумерное отображение СГ, приуроченного к горизонту газанбулак II

г

Рис. 1. Газанбулаг: а — структурная карта по кровле нижнего эоцена (нижние фораминиферовые слои); б — геологический профиль; в, г — карты по сейсмическим данным.

Fig. 1. Gazanbulag: a — structural map for the top of Lower Eocene (lower foraminiferal layers); б — geological profile; в, г — maps based on seismic data.

ков, как и на других площадях Средне-Куринской нефтегазоносной области, служат верхнемеловые карбонатные породы и песчано-алевритовые породы палеогена [Ализаде и др., 1966]. Всего на площади Газанбулаг—Зиядхан в мезокайнозое выявлено семь промышленно-нефтеносных объектов.

**Цели и задачи.** Несмотря на долгое изу-

чение геологического строения и эксплуатации данного месторождения, из-за сложности наблюдаемого сейсмического волнового поля многие детали его до сих пор остаются недостаточно изученными. Поэтому в 2014 г. здесь проводилась 3D сейсморазведка с целью детализации геологического строения площади Газанбулаг—

Зиядхан по верхнемеловым—палеогеновым отложениям. Данная площадь привлекательна еще и тем, что в пределах ее находится старое месторождение Газанбулаг, которое долгое время эксплуатировалось и где широко развита инфраструктура, да еще и основные нефтегазоносные объекты расположены неглубоко (в данное время оно находится в резервации).

Известно, что немаловажную роль в открытии, разведке и прослеживании неантиклинальных ловушек играет сейсмическая разведка 3D [Ампиров, 2008]. Настоящая статья посвящена применению сейсморазведки 3D, особенно атрибутивного анализа, изучению ее возможностей при поисках и разведке неструктурных ловушек, которые, как показывает опыт прошлых лет, имеют широкое распространение в Азербайджане, в частности в пределах Евлах-Агдабединского прогиба. Объект исследования Газанбулаг располагается именно в пределах этого прогиба.

**Методы.** Геологическое строение, форма структур Газанбулаг и Зиядхан, а также размеры их частично уточнены по данным сейсморазведки 3D 2014 г.; полученные результаты показывают, что эти структуры являются асимметричными брахиантиклинальными складками северо-западного—юго-восточного направления. Информативность сейсмического материала разная как по разрезу, так и по площади; майкопские отложения, залегающие сравнительно на небольшой глубине, выходят на земную поверхность в сводовых частях структур и характеризуются достаточно высоким качеством сейсмических записей, тогда как эти же отложения слабо прослеживаются в крыльях структур. Горизонты Газанбулаг I и II, характеризующие низы Майкопа, достаточно уверенно прослеживаются по площади. Строение данной площади усложняется тектоническими нарушениями разной амплитуды и направленности в пространстве и развитием зон выклинивания. В структурных картах, построенных по сейсмическим горизонтам (СГ) Газанбулаг I и II, структуры Газанбулаг и Зиядхан отображаются как единый струк-

турный элемент по изогипсам 400 и 250 м. Своды этих структур отдельно отображены в структурных картах по изогипсам 300 м (по горизонту II) и 150 м (по горизонту I). Короткое юго-западное крыло Газанбулага, характеризующееся слабым наклоном, имеет сложное строение, что вызвано несколькими нарушениями малой амплитуды юго-восточного—северо-западного направления, и в результате эти нарушения создали ступенчатое строение данного крыла. Строение крыла усложняется еще и другими поперечными нарушениями малой амплитуды (5—10 м). В результате нарушений юго-западные крылья структур Газанбулаг и Зиядхан разделены на отдельные блоки. Кроме этих тектонических нарушений на северо-западе площади исследований прослеживаются несколько разнонаправленных нарушений маленькой амплитуды [Рахманов, 2007]. Более широкие северо-восточные крылья обеих структур залегают под относительно крутыми углами и в том же направлении моноклинально погружаются до глубин 750 и 1000 м. Поперечное нарушение, берущее свое начало с юго-западного крыла структуры Газанбулаг, продолжается по горизонтам Газанбулаг I и II до северо-восточного погружения этого крыла. Структура Северный Зиядхан получила свое отображение на этом уровне в виде структурного выступа (гемиантиклинала), ограниченного малоамплитудным нарушением. Сложное тектоническое строение площади исследования, изменчивость петрофизических свойств пород, образующих отражающие горизонты и морфоструктуру поверхностей напластований, в некотором смысле усложняют корреляцию сейсмических горизонтов, но все это серьезно не повлияло на результаты кинематической интерпретации по целевым отражающим горизонтам. Как видно по вертикальным срезам inline 100 и crossline 180, достаточно высокая информативность сейсмического материала наблюдается в интервале времен 0—2100 мс, поэтому для дальнейшей обработки и интерпретации (особенно для атрибутивного анализа) выбран указанный интервал (рис. 2, а, б).

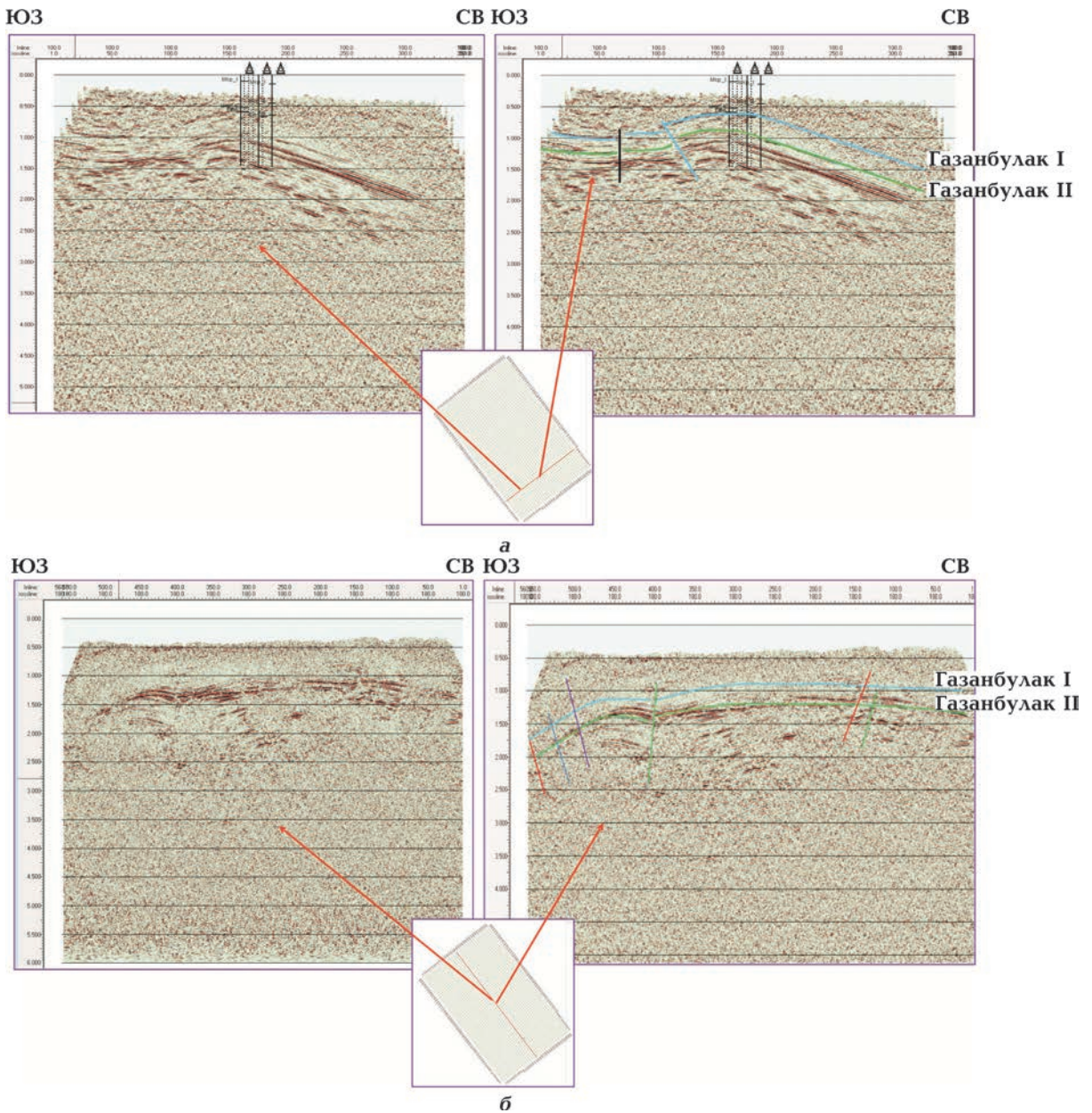


Рис. 2. Информативность сейсмических материалов. Временные срезы по inline 100 (а), crossline 180 (б).

Fig. 2. Seismic data. Time slices for inline 100 (a) and crossline 180 (b).

Анализ сейсмических временных срезов (или разрезов) свидетельствует о существовании структурных элементов (или объектов) разного типа и масштабов. Детально рассмотрим сейсмическое волновое поле, наблюдаемое на временных и глубинных разрезах (вдоль inline 100, рис. 3).

На двух вертикальных временных срезах куба (см. рис. 2 и 3), пересекающих пло-

щадь исследований в перпендикулярных направлениях, хорошо прослеживаются отмеченные продольные и поперечные нарушения, так как в нарушенных зонах вполне отчетливо наблюдаются кинематические и динамические признаки дизъюнктивных дислокаций: разрыв корреляции около плоскости сбрасывателя, сдвиг осей синфазности на крыльях нарушений и изменение

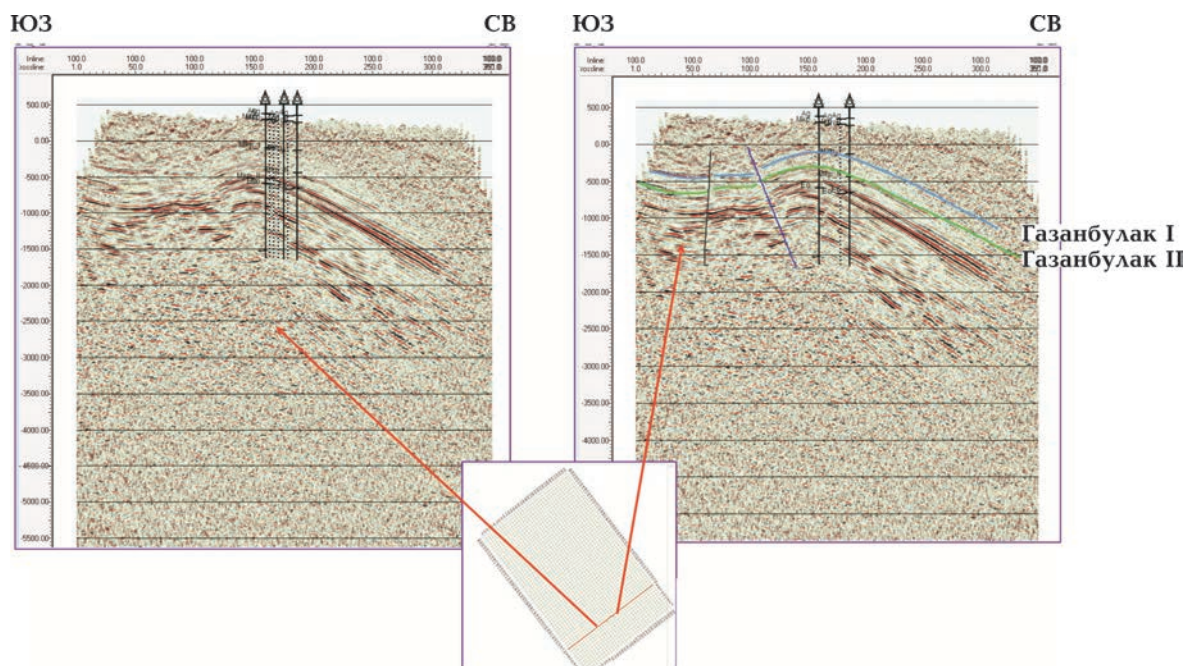


Рис. 3. Характеристические особенности сейсмического волнового поля на временном срезе вдоль inline 100.

Fig. 3. Characteristic features of seismic wave field on time slice along inline 100.

формы сейсмической записи (осложнение наблюдаемой волновой картины в нарушенных зонах), характерные изгибы сейсмических горизонтов в ту и иную сторону от плоскости сбрасывателя.

Данные 3D сейсморазведки внесли большой вклад в дело изучения геологического строения площади исследования. Тем не менее некоторые особенности дизъюнктивной дислокации, развитой здесь, остались недостаточно выясненными, что требовало дополнительных подходов к изучению нарушений малой амплитуды (порядка 5 м). Нами применен атрибутный анализ [Куприяненко и др., 2009; Воскресенский, 2010; Кирилов, Закревский, 2014], который имел две цели: во-первых, выявить и проследить малоамплитудные тектонические нарушения для уточнения строения структур Газанбулак и Зиядхан, во-вторых, установить эффективность структурных и других атрибутов при решении данной задачи в таких сложных сейсмогеологических условиях. По данным 3D сейсморазведки были рассчитаны и проанализированы атрибуты из пакета программ «Petrel», такие

как Sweetness, Ant tracking, Envelope, RMS Amplitude [Воскресенский, 2010; Логинов, Лаврик, 2010; Михайлова, 2018].

**Результаты.** Атрибут Sweetness, позволяя описать степень хаотичности наблюдаемой волновой картины, показывает горизонтальную неустойчивость отражающих границ, присутствие малоамплитудных нарушений, существование грязевых вулканов и других неоднородностей геологической среды. Этот атрибут является очень хорошим индикатором перерывности амплитуд колебаний, что позволяет хорошо выделить малоамплитудные нарушения, незаметные на обычных сейсмических записях [Кирилов, Закревский, 2014].

Действительно, малоамплитудные нарушения, незаметные на обычном временном разрезе (разрез вверху справа), очень четко выделяются и прослеживаются в разрезе атрибута Sweetness. Во время корреляции отражений с использованием атрибута Sweetness перерыв в продолжительной корреляции горизонтов дал возможность выделить и проследить очень незаметные малоамплитудные нарушения (рис. 4). Во

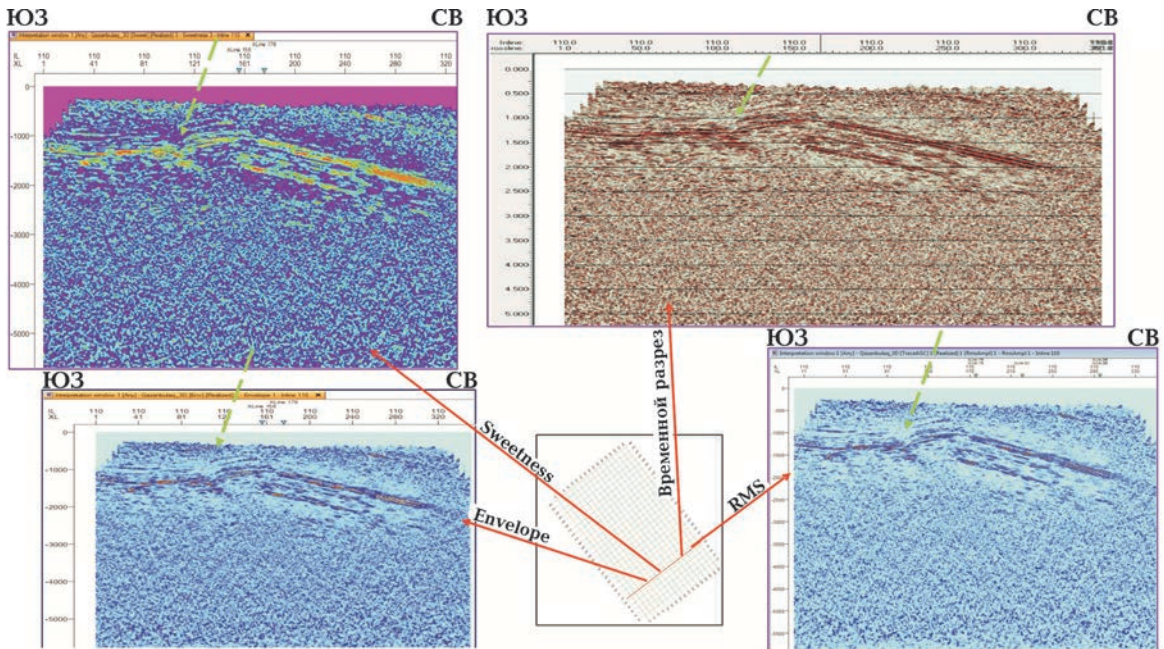


Рис. 4. Временной разрез и разрезы атрибутов вдоль inline 110.

Fig. 4. Time section and attribute sections along inline 110.

всех рисунках, отображающих атрибут Sweetness, рассчитанный по 3D кубу сейсморазведки, очень четко и хорошо видно блочное строение складок, созданное дизъюнктивной дислокацией. Такая сильная раздробленность сводовых и присводовых, а также в некотором роде крыльевых участков складок, естественно, играет важную роль при миграции, а также экранировании путей миграции углеводородов. Следует отметить, что атрибут RMS Amplitude, как и атрибут Sweetness, очень чувствителен к фаціальным изменениям отложений, так как высокие значения этих атрибутов, наблюдаемые на 3D кубе, соответствуют богатым песками фациям и это позволяет выделить участки разреза с высоким отношением песок/глина [Шерифф, Гелдарт, 1987; Balz et al., 1999; Лобусев и др., 2008].

На рис. 4 и 5 хорошо видно, что атрибуты Sweetness, Envelope, Ant Track и RMS, рассчитанные вдоль линии 3D (сейсмического профиля), рассекающей структуру Газанбулаг на юго-восточной части площади, дали практически одинаковые результаты: строение площади и нарушения, выделен-

ные на обычных временных разрезах по кинематическим и динамическим признакам ДД, подтверждены с некоторыми дополнениями, относящимися к малоамплитудным нарушениям.

Сравнение обычных временных вертикальных срезов (разрезов) куба 3D сейсморазведки, рассекающих складки Газанбулаг и Зиядханлы в продольном направлении, с рассчитанными разрезами Sweetness, RMS и Ant tracking вдоль тех же профилей (или линий) показывает, что сейсмические тражения и особенности строения среды, выделенные на обычных разрезах, получили точное отображение на разрезах атрибутов.

Выделенные и трудно прослеживаемые на обычных временных разрезах нарушения обладают слишком малыми амплитудами. Однако они очень хорошо получили свое отображение на разрезах всех атрибутов характерным усложнением волновой картины с сопровождением хаотической формы распределения амплитуд атрибутов [Neff et al., 2001; Marroquín et al., 2009]. Такая же картина наблюдается на картах

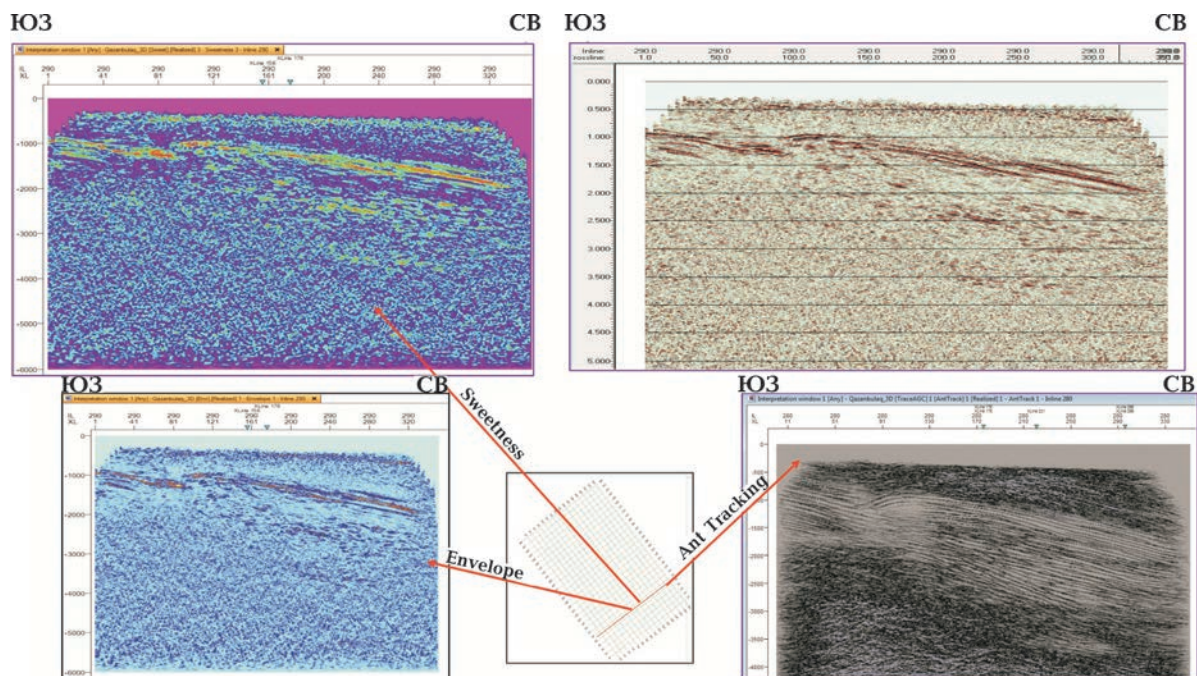


Рис. 5. Временной разрез и разрезы атрибутов вдоль inline 290.

Fig. 5. Time section and attribute sections along inline 290.

всех рассчитанных атрибутов по поверхности горизонтов Газанбулаг I и II: подтверждены все нарушения, выделенные и прослеженные на обычных картах по этим горизонтам.

Следующие исследования охватили отдельные структуры района работ, так на рис. 6—8 приведено обычные временные разрезы и разрезы атрибута Ant Tracking вдоль линии, расположенной в северо-западной части площади и пересекающей структуры Зиядхан и Северный Зиядхан.

Сравнительный анализ временного разреза, вырезанного от обычного 3D куба, с разрезами, снятыми с кубов атрибутов, показывает, что все отражения, выделенные на обычном разрезе, получили свое отображение на разрезах атрибутов более рельефно [Шерифф, Гелдарт, 1987; Neff et al., 2001]. Нарушения, выделенные и прослеженные на обычном разрезе, малоамплитудны, поэтому едва заметны, а в рассчитанных разрезах атрибутов эти же нарушения хорошо выделяются и получили свои отображения в виде раздробления амплитуд, расположения осей синфазности хаотично.

Куб сейсмического атрибута Ant Tracking приведен на рис. 7. Картины, наблюдаемые в них, свидетельствуют о горизонтальной неустойчивости осей синфазности, существовании дизъюнктивных дислокаций и других структурных осложнений [Абетова, Абетов, 2017]. В нарушенных зонах отсутствуют расчетные значения атрибута Ant Tracking (см. рис. 7). По разрезам и кубам этого атрибута можно увидеть, что исследуемые структуры имеют блочное строение в результате развитых здесь дизъюнктивных дислокаций. Нарушения, разделившие структуры на отдельные блоки, естественно играют большую роль в миграции углеводородов, но по данным 3D сейсморазведки невозможно установить, какие из них активны, а какие пассивны.

Наконец, полученные разрезы по разным атрибутам позволили уточнить строение площади исследования по двум горизонтам Газанбулаг I и II (рис. 8).

**Выводы.** 1. С целью уточнения строения площади Газанбулаг—Зиядхан по данным 3D сейсморазведки были рассчитаны че-



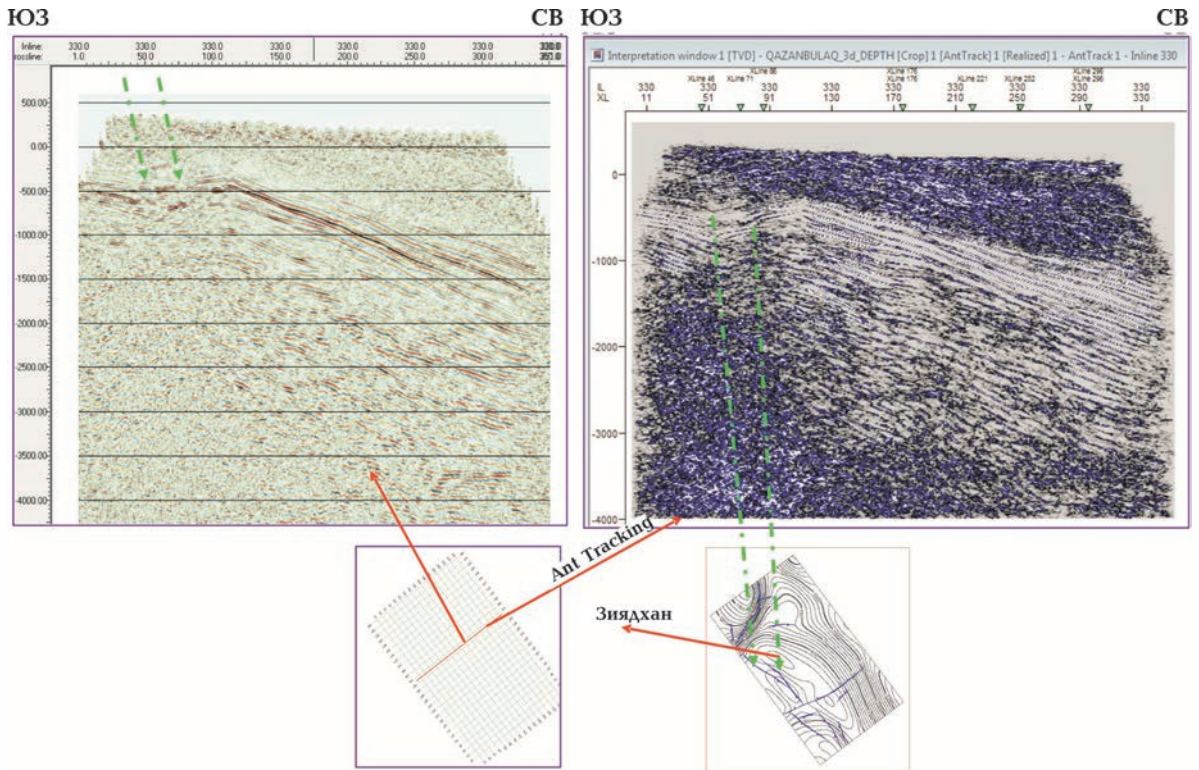


Рис. 6. Временной разрез и разрез Ant Tracking-а вдоль линии, отображающей строение структуры Зиядхан.

Fig. 6. Time section and section Ant Tracking-a along a line reflecting the setting of Ziyadkhan structure.

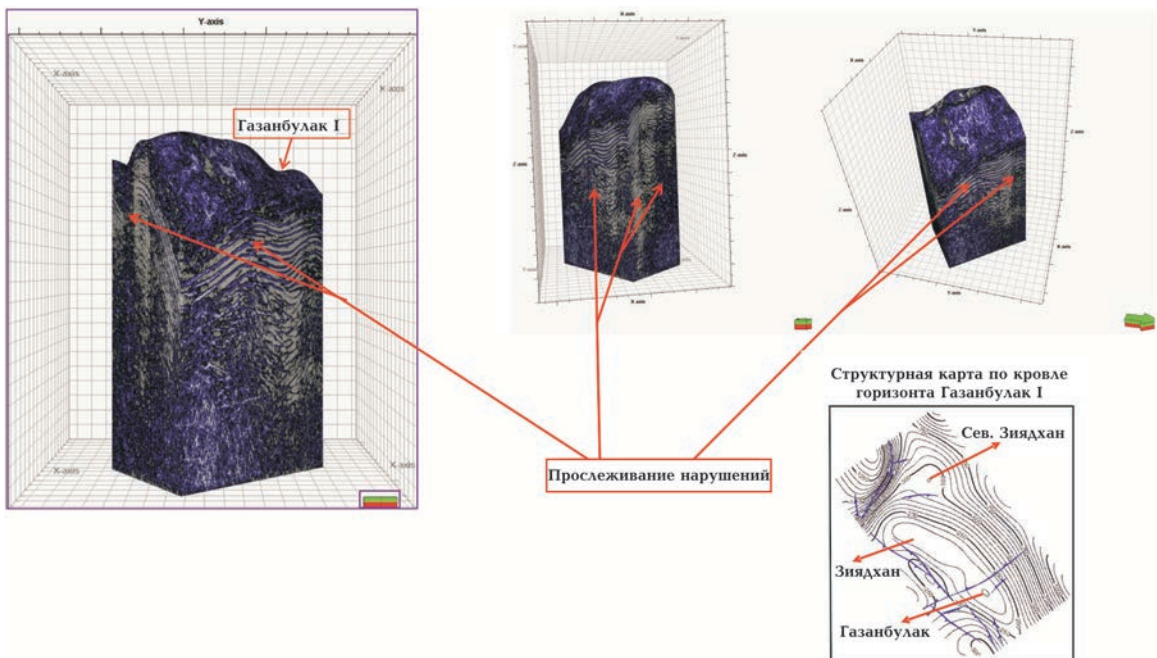


Рис. 7. Уточнение строения структур (Газанбулаг, Зиядхан и Северный Зиядхан) сейсмическими атрибутами Ant Tracking.

Fig. 7. Geological setting of three structures (Gazanbulaq, Ziyadkhan and the North Ziyadkhan) by Ant Tracking seismic attributes.

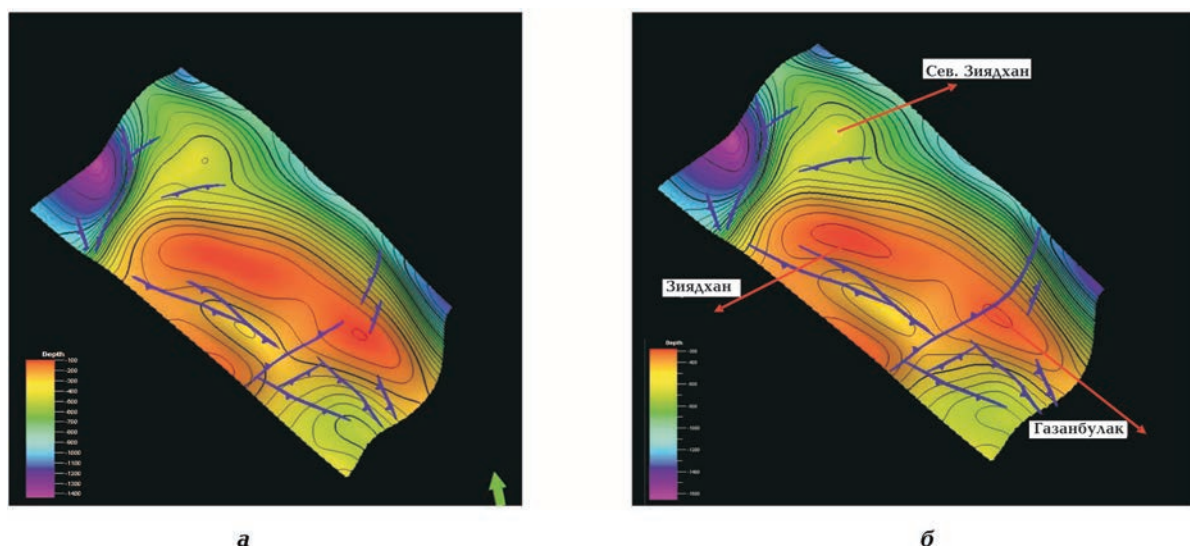


Рис. 8. Структурные карты по горизонтам Газанбулаг I (а) и Газанбулаг II (б).  
 Fig. 8. Structural maps for Gazanbulaq I (a) and Gazanbulaq II (b) horizons.

тыре атрибута (Sweetness, Envelope, RMS Amplitude и Ant Tracking) как в кубе, так и вдоль линий, пересекающих площадь исследований по разным направлениям. В зависимости от качества сейсмических материалов и поставленных задач эти атрибуты имеют разную геологическую эффективность.

2. Анализ разрезов разных атрибутов показал, что для обнаружения и прослежи-

вания нарушений наиболее универсальными и информативными атрибутами являются RMS Amplitude и Sweetness, в некоторых случаях и другие атрибуты (например, Ant Tracking) помогают провести более уверенную интерпретацию.

3. С помощью атрибутного анализа уточнено строение всех трех складок Газанбулаг, Зиядхан и Северный Зиядхан и построена трехмерная модель площади.

### Список литературы

- Абетова С.А., Абетов А.Е. Интерпретация тектонических нарушений в объектах моделирования с использованием алгоритма ant tracking в программном обеспечении petrel. *Геология и охрана недр*. 2017. № 4(65). С. 51—55.
- Ализаде А.А., Ахмедов Г.А., Ахмедов А.М., Зейналов М.М. Геология нефтяных и газовых месторождений Азербайджана. Москва: Недра, 1966. 392 с.
- Ампилов Ю.П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. Москва: Спектр, 2008. 384 с.
- Ахмедов Т.Р. Динамический анализ данных сейсморазведки 3D площади Говсан с целью выделения перспективных участков на нефть и газ. *Геоинформатика*. 2017. № 4. С. 2—6.
- Ахмедов Т.Р. О геологической эффективности сейсморазведки при изучении не антиклинальных ловушек Азербайджана разного типа. *Изв. Урал. гос. горн. ун-та*. 2016. Вып. 3(43). С. 41—45.
- Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. Москва: Недра, 2010. 479 с.
- Кирилов А.С., Закревский К.Е. Практикум по сейсмической интерпретации в PETREL. Москва: Изд-во «МАИ-ПРИНТ», 2014. 288 с.
- Куприяненко Н.В., Пономарева О.А., Тихо-

- нов Д.В. Статистика. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение. Учебное пособие: 3-е изд. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 138 с.
- Лобусев А.В., Лобусев М.А., Назарова Л.Н. Моделирование разведки и разработки виртуального нефтегазового месторождения. Москва: Недра, 2008, 124 с.
- Логонов Д.В., Лаврик С.А. Некоторые методы определения информативного набора сейсмических атрибутов для прогнозирования свойств коллекторов. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2010. № 5. С. 8—14.
- Михайлова С.В. Анализ сейсмических атрибутов — комплексный подход при концептуальном моделировании. *Рhoneфть. Профессионально о нефти*. 2018. № 2. С. 31—35.
- Рахманов Р.Р. Закономерности формирования и размещения залежей нефти и газа в мезокайнозойских отложениях Евлах-Агджабединского прогиба. Баку: Полиграфический центр «Текнур», 2007. 185 с.
- Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Обработка и интерпретация данных. Под ред. А.В. Калинина. Москва: Мир, 1987. 400 с.
- Balz, O., Pivot, F., & Veeken, P. (1999). Reservoir characterization using neural networks controlled by petrophysical and seismic modeling. *Extended Abstracts, 61th EAGE annual meeting, S015* (pp. 1—4).
- Marroquín, I.D., Brault, J., & Hart, B.S. (2009). A visual data-mining methodology for seismic-facies analysis: Part 1. Testing and comparison with other unsupervised clustering methods. *Geophysics*, 74(1), 1—11. <https://doi.org/10.1190/1.3046455>.
- Neff, D.B., Runnestrand, S.A., & Butler, E.L. (2001). *Multi-attribute seismic waveform classification*. USA, Phillips Petroleum Company, USA Patent 6223126.

## Outlining and tracing of faults in Gazanbulaq—Ziyadkhan area by attribute analysis of 3D seismic survey data

*M. Aghayeva, 2020*

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

The paper is devoted to more detailed study of geological setting of Gazanbulaq, Ziyadkhan and North Ziyadkhan structures by 3D seismic survey data, attribute analysis in particular. At the same time, this study aims to establish more efficient attributes for outlining and tracing of disjunctive dislocations within the limits of Yevlakh-Agjhabeti trough of Middle Kur depression of Azerbaijan. The paper describes the general data on Gazanbulaq field, which is one of the oldest non-anticline fields of Azerbaijan. The history of geological and geophysical studies covering the field is also considered. Despite that the field has been repeatedly studied by use of various techniques some aspects of geological setting have not been studied and therefore the area has been covered by 3D seismic survey in 2014. The results acquired by processing of all data of 3D cube, as well as calculated seismic attributes are described. All attributes are calculated by migrated cube of 3D seismic survey data. All calculated attribute cubes have been analyzed and more detailed knowledge of disjunctive setting of the field has been derived. The most efficient attributes have been defined. Comparison of traditional vertical time slices (sections) of 3D seismic survey cube with calculated sections of Sweetness, RMS Amplitude, Envelope and Ant tracking along the same lines displayed that seismic reflections and peculiarities of setting identified in traditional sections are fully reflected in attribute sections. Faults of small amplitudes identified and hardly traced in traditional time sections are well reflected in sections of all attributes by characteristic complication of wave pattern with chaotic form of attribute amplitudes distribution. The similar image is observed

in all maps of calculated attributes for the surface of horizons Gazanbulaq I and II: presence of faults outlined and traced in maps drawn previously for these horizons have been confirmed. Small amplitude faults were outlined and traced in the flank portions of the structures and marked on the structural maps.

**Key words:** attribute analysis, 3D seismic survey, Maykop deposits (Gazanbulaq I and Gazanbulaq II horizons), cube of attributes, Gazanbulaq—Ziyadkhan area.

## References

- Abetova, S.A., & Abetov, A.E. (2017). Interpretation of tectonic disturbances in modeling objects using the ant tracking algorithm in petrel software. *Geologiya i okhrana nedr*, (4), 51—55 (in Russian).
- Alizade, A.A., Akhmedov, G.A., Akhmedov, A.M., & Zeynalov, M.M. (1966). *Geology of oil-and-gas fields of Azerbaijan*. Moscow: Nedra, 392 p. (in Russian).
- Ampilov, Yu.P. (2008). *From seismic interpretation to modeling and evaluation of oil-and-gas fields*. Moscow: Spektr, 384 p. (in Russian).
- Akhmedov, T.R. (2017). Dynamic analysis of 3D seismic data from the Hovsan area in order to identify promising areas for oil-and-gas. *Geoinformatika*, (4), 2<sup>3</sup>/46 (in Russian).
- Akhmedov, T.R. (2016). On the geological effectiveness of seismic exploration in the study of non-anticlinal traps of Azerbaijan of various types. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, (3), 41—45 (in Russian).
- Voskresenskiy, Yu.N. (2010). *Field geophysics*. Moscow: Nedra, 479 p. (in Russian).
- Kirilov, A.S., & Zakrevskiy, K.E. (2014). *Workshop on seismic interpretation in PETREL*. Moscow: MAI-PRINT Publ. House, 288 p. (in Russian).
- Kupriyanenko, N.V., Ponomareva, O.A., & Tikhonov, D.V. (2009). *Statistics. Methods of analysis of distributions. Selective observation. Study Guide*: 3rd ed. St. Petersburg: Polytechnic Publ. House. University, 138 p. (in Russian).
- Lobusev, A.V., Lobusev, M.A., & Nazarova, L.N. (2008). *Simulation of exploration and development of a virtual oil-and-gas field*. Moscow: Nedra, 124 p. (in Russian).
- Loginov, D.V., & Lavrik, S.A. (2010). Some methods for determining an informative set of seismic attributes for predicting reservoir properties. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, (5), 8—14 (in Russian).
- Mikhailova, S.V. (2018). Analysis of seismic attributes — an integrated approach to conceptual modeling. *Proneft. Professional'no o nefti*, (2), 31—35 (in Russian).
- Rakhmanov, R.R. (2007). *Patterns of formation and distribution of oil-and-gas deposits in the Mesozoic Cenozoic sediments of the Yevlakh-Agjabadi trough*. Baku: Teknur Printing Center, 185 p. (in Russian).
- Sheriff, R., & Geldart, L. (1987). *Seismic exploration. Processing and interpretation of data*. Moscow: Mir, 400 p. (in Russian).
- Balz, O., Pivot, F., & Veeken, P. (1999). Reservoir characterization using neural networks controlled by petrophysical and seismic modeling. *Extended Abstracts, 61th EAGE annual meeting, S015* (pp. 1—4).
- Marroquín, I.D., Brault, J., & Hart, B.S. (2009). A visual data-mining methodology for seismic-facies analysis: Part 1. Testing and comparison with other unsupervised clustering methods. *Geophysics*, 74(1), 1—11. <https://doi.org/10.1190/1.3046455>.
- Neff, D.B., Runnestrand, S.A., & Butler, E.L. (2001). *Multi-attribute seismic waveform classification*. USA, Phillips Petroleum Company, USA Patent 6223126.

# Виділення та простеження тектонічних порушень на площі Газанбулаг—Зіядхан атрибутним аналізом даних 3D сейсморозвідки

*М. Агаєва, 2020*

Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Баку,  
Азербайджан

Уточнено геологічну будову структур Газанбулаг, Зіядхан і Північний Зіядхан за даними 3D сейсморозвідки, тобто за результатами атрибутного аналізу сейсмічних даних. Поряд з цим метою справжніх досліджень було встановлення найефективніших атрибутів при виділенні і простеженні диз'юнктивних дислокацій в умовах Євлах-Агджабединського прогину Середньокуринської западини Азербайджану. Подано основні відомості про родовище Газанбулаг — давнє родовище Азербайджану неантиклінального типу. Розглянуто історію його вивчення геолого-геофізичними методами. Деякі аспекти геологічної будови залишилися невивченими, тому в 2014 р. було проведено сейсмічні 3D дослідження. Наведено результати обробки всього матеріалу 3D куба, а також сейсмічних атрибутів, розрахованих по мігрованому 3D кубу сейсморозвідки. Проаналізовано всі розраховані куби атрибутів, уточнено диз'юнктивну будову площі і встановлено найефективніші атрибути при вирішенні зазначеного завдання. Шляхом порівняння звичайних тимчасових вертикальних зрізів (розрізів) 3D куба сейсморозвідки із розрахованими розрізами Sweetness, RMS Amplitude, Envelope і Ant tracking уздовж тих самих профілів (або ліній) показано, що сейсмічні відбиття та особливості будови середовища, виділені на звичайних розрізах, точно відображені на розрізах атрибутів. Виділені й важко простежувані на звичайних тимчасових розрізах порушення з дуже малими амплітудами добре відображені на розрізах усіх атрибутів характерним ускладненням хвильової картини із супроводом хаотичної форми розподілу амплітуд атрибутів. Аналогічну картину спостерігаємо на картах усіх розрахованих атрибутів на поверхні горизонтів Газанбулаг I і II: підтверджено всі порушення, виділені та простежені на звичайних картах за цими горизонтами. Малоамплітудні порушення виділено та простежено в крильових ділянках структур і внесено на структурні карти.

**Ключові слова:** атрибутний аналіз, 3D сейсморозвідка, майкопські відкладення (I і II газанбулагські горизонти), куб атрибутів, площа Газанбулаг—Зіядхан.