

UDC 550.834:622.276

DOI 10.52171/herald.305

Seismogeological Modeling and Inverse Problem Solving Based on Seismic Attribute Analysis

A.Z. Nasibov

Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Aladdin Nasibov / e-mail: aladdin.nasibov.za@asoiu.edu.az

Abstract

This research focuses on seismogeological modeling and inverse problem solving based on the analysis of 3D seismic attributes in the “8 March” structure. The main objective is to predict the distribution of reservoir zones and to improve seismic interpretation reliability through integration with well and log data. Attributes including Sweetness, RMS Amplitude, Envelope, Relative Acoustic Impedance, Instantaneous Frequency, Variance, Chaos, and Ant Tracking were calculated and analyzed. Results indicate that RMS Amplitude and Sweetness are the most sensitive indicators for monitoring sand–shale variations and identifying prospective reservoir zones. Inverse problem analysis revealed a correlation coefficient of ~ 0.70 between seismic attributes and well data, confirming methodological robustness. The constructed 3D lithological model shows increased sand content in the central and northern parts of the field, while clay predominates elsewhere. These outcomes enhance the geological understanding of the structure and support optimization of future drilling operations.

Keywords: modeling, inverse problem, attribute analysis, lithology, seismic interpretation

Submitted 22 August 2025

Published 30 September 2025

For citation:

A.Z. Nasibov

[Seismogeological Modeling and Inverse Problem Solving Based on Seismic Attribute Analysis]
Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (3) - online

Seysmik atribut analizinə əsaslanan seysmogeoloji modelləşdirmə və tərs məsələlərin həlli

Ə.Z. Nəşibov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Bu tədqiqat “8 Mart” strukturu üzrə 3D seysmik atributların təhlilinə əsaslanan seysmogeoloji modelləşdirmə və tərs məsələlərin həllinə həsr olunmuşdur. İşin əsas məqsədi kollektorların yayılma arealını müəyyənləşdirmək və seysmik interpretasiyanın etibarlılığını quyu və karotaj məlumatları ilə inteqrasiya yolu ilə artırmaqdır. Bu məqsədlə, Sweetness, RMS Amplitude, Envelope, Relative Acoustic Impedance, Instantaneous Frequency, Variance, Chaos və Ant Tracking atributları hesablanmış və analiz edilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, RMS Amplitude və Sweetness atributları qum-gil dəyişmələrinin izlənilməsi və potensial kollektor zonalarının identifikasiyası üçün ən həssas indikatorlardır. Tərs məsələ yanaşması əsasında seysmik atributlar ilə quyu məlumatları arasında ~ 0.70 korrelyasiya əmsalı əldə edilmiş və metodologiyanın etibarlılığı təsdiqlənmişdir. Qurulmuş 3D litoloji model sahənin mərkəzi və şimal hissələrində qumluluğun artdığını, digər zonalarda isə gilliliyin üstünlük təşkil etdiyini göstərmişdir. Öldə olunan nəticələr “8 Mart” sahəsinin seysmogeoloji quruluşunun daha dəqiq öyrənilməsinə və gələcək qazıma işlərinin optimallaşdırılmasına imkan yaradır.

Açar sözlər: modelləşdirmə, tərs məsələ, atribut analiz, litologiya, seysmik interpretasiya.

Сейсмогеологическое моделирование и решение обратных задач на основе анализа сейсмических атрибутов

А.З. Насибов

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
(Баку, Азербайджан)

Аннотация

Исследование посвящено сейсмогеологическому моделированию и решению обратных задач на основе анализа 3D сейсмических атрибутов по структуре «8 Марта». Цель работы заключается в прогнозировании распространения коллекторов и повышении надежности интерпретации за счет интеграции сейсмических данных с каротажными и скважинными материалами. Для этого были рассчитаны атрибуты Sweetness, RMS Amplitude, Envelope, Relative Acoustic Impedance, Instantaneous Frequency, Variance, Chaos и Ant Tracking. Анализ показал, что RMS Amplitude и Sweetness наиболее чувствительны к изменению песчано-глинистых фаций и позволяют выявить перспективные коллекторные зоны. Решение обратной задачи выявило корреляцию ($\sim 0,70$) между атрибутами и данными скважин, что подтверждает надежность подхода. Построенная 3D литологическая модель демонстрирует увеличение песчаности в центральной и северной частях структуры, при доминировании глинистости в других зонах. Полученные результаты уточняют геологическое строение и способствуют оптимизации будущих буровых работ.

Ключевые слова: моделирование, обратная задача, атрибутный анализ, литология, сейсмическая интерпретация

Giriş

Seysmik kəşfiyyat müasir neft-qaz geologiyasında ən geniş istifadə olunan üsullardan biridir və çöküntü hövzələrinin geoloji quruluşunun öyrənilməsində mühüm rol oynayır. Xüsusilə 3D seysmik məlumatların geniş tətbiqi geoloji obyektlərin daha dəqiq interpretasiyasına, kollektor süxurların yerləşmə arealının proqnozlaşdırılmasına və onların litoloji xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsinə imkan yaradır. Bununla yanaşı, seysmik məlumatların birbaşa interpretasiyası həmişə kifayət qədər dəqiqlik vermir [1] və bu halda seysmik atributların analizi və seysmogeoloji modelləşdirmə metodları xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [2]. Seysmik atributlar – amplituda, tezlik, faza və digər dinamik parametrlərin emalı nəticəsində əldə olunan törəmə məlumatlardır və geoloji mühitin litoloji-fasial xüsusiyyətləri barədə əlavə informasiya təqdim edirlər. Müxtəlif atributların kompleks analizi kollektorların keyfiyyət və miqyasını qiymətləndirməyə, qırılma pozulmalarını izləməyə, qum-gil nisbətini ayırmağa və potensial neft-qaz yığılma zonalarını aşkar etməyə şərait yaradır.

Bakı arxipelaqı strukturlarının geoloji və geofiziki üsullarla sistemli tədqiqinə XX əsrin ortalarından başlanılmışdır [3]. İlk mərhələdə, 1951-1953 və 1955-1959-cu illərdə aparılmış aerogeoloji planalma işləri regionun ümumi morfostruktur xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi və perspektiv neft-qaz sahələrinin ilkin qiymətləndirilməsi baxımından mühüm rol oynamışdır. Paralel olaraq, 1951-1952 və 1969-1971-ci illərdə aeromaqnit kəşfiyyat işlərinin icrası, həmçinin 1968 və 1970-1971-ci illərdə həyata keçirilmiş qravimetrik tədqiqatlar geoloji quruluşun

daha dərinədən öyrənilməsinə imkan yaratmışdır. Bu mərhələlərdə toplanmış məlumatlar sonrakı illərdə aparılacaq seysmik araşdırmalar üçün baza rolunu oynamışdır.

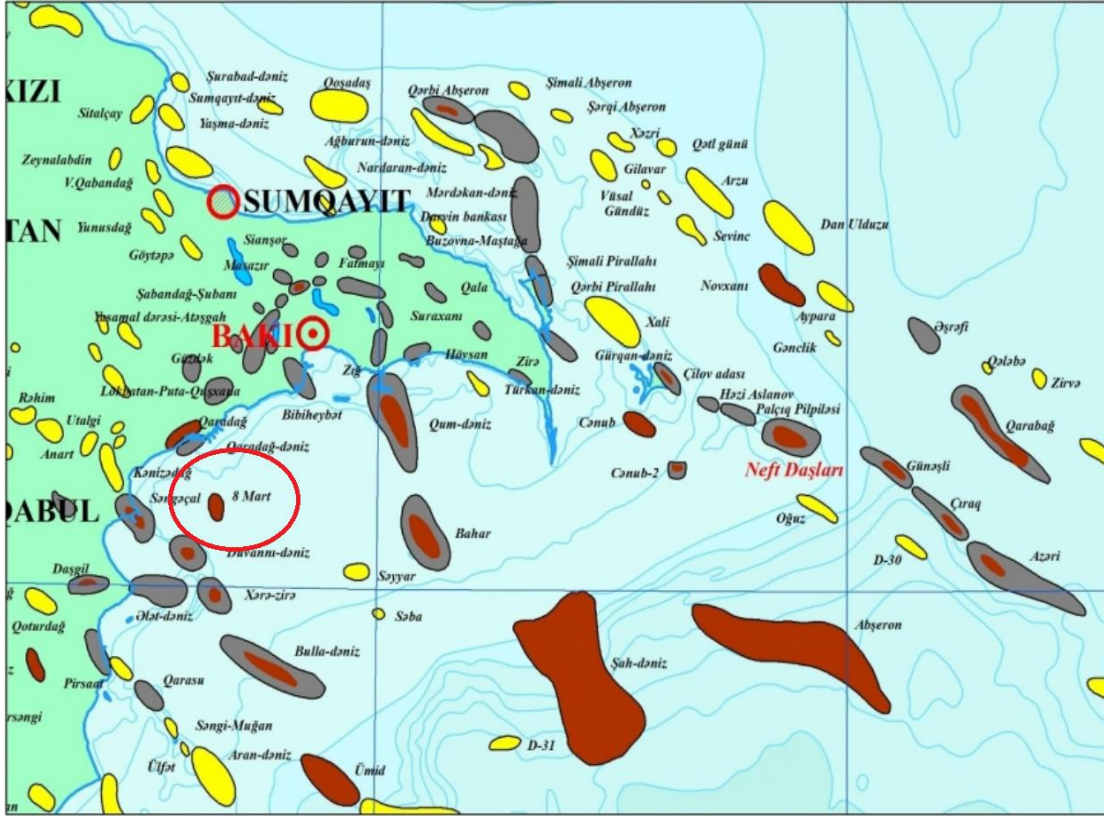
Sahənin öyrənilməsində əsas dönüş nöqtəsi 1975-ci ildə Ümumi Dərinlik Nöqtəsi (ÜDN) üsulu ilə aparılmış seysmik kəşfiyyat nəticəsində “8 Mart” qalxımının aşkar olunması olmuşdur. 1977 və 1978-1981-ci illərdə həyata keçirilmiş daha genişmiqyaslı ÜDN seysmik işləri yalnız bu strukturla məhdudlaşmayaraq Bulla-dəniz, Bahar və Duvannı-dəniz sahələrini də əhatə etmişdir. Həmin mərhələdə aparılan kompleks seysmik təhlillər nəticəsində Bakı arxipelaqının bir sıra strukturlarının geoloji quruluşu dəqiqləşdirilmişdir. 1984 və 1986-cı illərdə yenidən tətbiq edilən ÜDN metodikası isə “8 Mart” strukturunun morfoloqiyası və potensial hidrokarbon yığımları barədə əlavə elmi məlumatlar vermişdir.

1987-1988 və 1996-cı illərdə Cənubi Xəzər hövzəsi üzrə geoloji-geofiziki materialların ümumiləşdirilməsi işləri “8 Mart” strukturunu da əhatə etmiş və sahə üzrə elmi biliklərin genişlənməsinə töhfə vermişdir. 1995-1999-cu illərdə işlənmiş seysmik profillər əsasında strukturun daha ətraflı seysmik modeli qurulmuşdur. Bundan əlavə, 1984-cü ildə qazılmış quyuda SK ŞSP işlərinin icrası nəticəsində dərin horizontların geoloji xüsusiyyətləri barədə mühüm məlumatlar əldə olunmuşdur.

Son mərhələdə, 2018-ci ildə sahənin Məhsuldar qat və onu örtən çöküntülərinə dair geoloji quruluşunun dəqiqləşdirilməsi və neft-qaz perspektivliyinin qiymətləndirilməsi məqsədilə 3D seysmik kəşfiyyat layihəsi hazırlanmışdır. Bu, ən müasir seysmik texnologiyaların tətbiqi ilə strukturun neft-qaz potensialının yenidən qiymətləndirilməsi

və gələcək hasilat strategiyalarının formalaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

“8 Mart” sahəsi Bakı arxipelaqının şimal hissəsində yerləşir (Şəkil 1).



Şəkil 1 – Tədqiqat ərazisinin coğrafi yerləşməsi
Figure 1 – Geographical location of the study area

Tədqiqat ərazisində Pliosen dövrünün süxurlarının geoloji strukturu və petrofiziki göstəricilərinə dair nəticələr təqdim edilmişdir; nəticələr süxurların kollektor xüsusiyyətlərini göstərir, bununla daha dərin seysmik və qazıma işlərinin perspektivli zonalarını müəyyən etməyə imkan yaranır [4].

İşin məqsədi

Seysmik tədqiqatların inkişafı ilə yanaşı, son onilliklərdə seysmogeoloji modelləşdirmə və atribut analizinə əsaslanan yanaşmalar neft-qaz geologiyasında ən effektiv üsullardan birinə çevrilmişdir. Ənənəvi seysmik interpretasiya metodları geoloji struk-

turların ümumi morfoloqiyasının müəyyənəşdirilməsinə imkan versə də, dərinlik quruluşunun və süxur-mühit parametrlərinin dəqiq təsvirində məhdudiyyətlər mövcuddur [1]. Bu səbəbdən seysmogeoloji modelləşdirmənin tətbiqi, seysmik atributların analizi ilə birləşdirildikdə, həm yataqların morfoloji quruluşunun dəqiqləşdirilməsi, həm də potensial karbohidrogen yığımlarının proqnozlaşdırılması baxımından yeni imkanlar yaradır [5].

Tədqiqat işinin əsas məqsədi seysmogeoloji modelləşdirmə prosesində atribut analizinin tətbiqi, onların geoloji informativliyinin qiymətləndirilməsi və bu yanaşma əsasında yeraltı mühitin daha dəqiq modellərinin qurulmasıdır. Bu çərçivədə, xüsusilə

Sweetness və RMS amplitudu atributlarının interpretasiyada rolu və effektivliyi araşdırılacaqdır. Hər iki atribut seysmik informasiyanın karbohidrogen kollektorları ilə əlaqələndirilməsində ən geniş tətbiq olunan göstəricilərdən hesab olunur [2].

Sweetness atributu amplituda və tezlik parametrlərinin kombinasiyası olmaqla, rezervuarların aşkarlanmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Onun əsas üstünlüyü qum və gil süxurlarının nisbətlerini ayırmaq və kollektor kimi çıxış edə biləcək qumlu sahələri proqnozlaşdırmaq imkanında özünü göstərir. Sweetness atributunun yüksək qiymətləri adətən yüksək məsaməliliyə malik qumlu intervallarla uyğun gəlir, aşağı qiymətləri isə gil süxurlarını əks etdirir. Bu atributun istifadəsi litoloji dəyişmələrin məkan üzrə izlənilməsində, qum-gil alternativliyinin təfsilatı ilə müəyyən olunmasında geniş imkanlar açır.

RMS Amplitude atributu isə seysmik əksolunmaların gücünü kəmiyyətcə qiymətləndirməklə, yüksək məsaməlilik və qaz doyması ilə əlaqəli anomaliyaların aşkar olunmasında effektiv vasitədir. Bu atribut seysmik siqnalın orta kvadrat amplitudasını təyin etməklə, rezervuar zonalarının enerji baxımından fərqləndirilməsinə şərait yaradır. Xüsusilə qazla doymuş kollektorlar yüksək RMS Amplitude göstəriciləri ilə seçildiyindən, bu atribut qaz-kondensat və neftli obyektlərin proqnozlaşdırılmasında çox faydalıdır.

Bu tədqiqatın məqsədlərindən biri də seysmogeoloji modelləşdirmə çərçivəsində atribut analizinin tərs məsələlərin həllində istifadəsini göstərməkdir. Tərs məsələlərin mahiyyəti müşahidə olunan seysmik məlumatlardan çıxış edərək, yeraltı mühitin optimal modelinin qurulması ilə bağlıdır [5].

RMS Amplitude və Sweetness atributlarının birgə tətbiqi sayəsində seysmik məlumatların qeyri-müəyyənliyi azalır, modelin dəqiqliyi artır və geoloji reallığa daha yaxın nəticələr əldə olunur. Beləliklə, bu yanaşma həm nəzəri baxımdan yeni elmi biliklərin əldə olunmasına, həm də praktiki baxımdan yataqların işlənməsi prosesində daha səmərəli qərarların qəbul edilməsinə imkan verir.

Məsələnin həlli

Sahə üzrə kollektorların yayılma arealını proqnozlaşdırmaq məqsədilə 3D seysmik kub əsasında atribut analizi aparılmışdır. Atribut analizinin nəzəri əsası seysmik dalğaların dinamik parametrlərinin (amplituda, tezlik, faza və s.) süxurların litoloji xüsusiyyətləri ilə qarşılıqlı əlaqəsinə əsaslanır. Layların kollektorluq xüsusiyyətləri onların çöküntü genezisi və sonrakı geodinamik şəraiti ilə şərtlənir. Akustik sərtlilər arasındakı fərq artdıqca sərhəd səthlərindən əksolunan dalğaların amplitudası yüksəlir, dalğa tezliyi isə əsasən layların qalınlığı və litoloji tərkibindən asılı olur.

3D seysmik kub üzrə müxtəlif atributlar hesablanmış, nəticələr quyuların karotaj materialları və kern nümunələri ilə müqayisə edilmişdir. Bu müqayisə sayəsində sahə üçün geoloji mühitin ümumi xarakteristikası qiymətləndirilmişdir. Daha etibarlı kollektorluq zonalarının aşkarlanması üçün Sweetness, RMS Amplitude atributları quyu məlumatları və geofiziki sınaqlar ilə birlikdə kompleks təhlilə cəlb olunmuşdur.

Atributların hesablanmasında 0–5000 milli saniyə intervalında yerləşən seysmik məlumatlardan istifadə olunmuşdur. Sweetness atributu amplituda və tezlik parametrlərinin kombinasiyası olmaqla, mühitin xaotik teksturasını, qırılma zonalarını

və sərhədlərin horizontal davamlılığında fasilələri ayırmaq üçün tətbiq edilmişdir. RMS Amplitude isə amplitudaların dəyişmə intensivliyini qiymətləndirməklə qum və gil fasiyalarının bölgüsünü ayırmaqda effektiv olmuşdur.

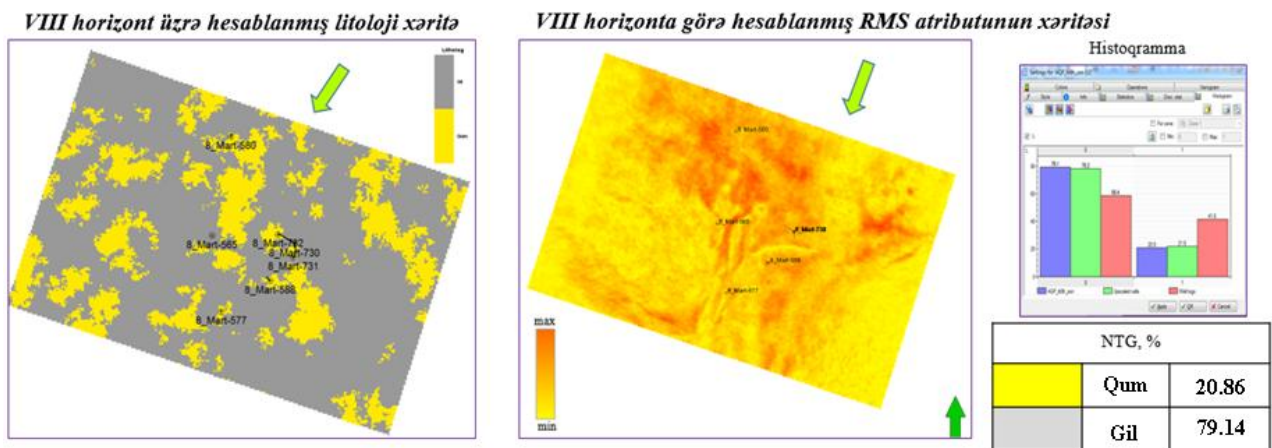
Hesablamalar göstərmişdir ki, seysmik kəsiliş üzrə RMS və Sweetness atributlarının yüksək qiymətləri əsasən MQ-nin VIII horizontundan başlayaraq, aşağı intervallarda artım meyli nümayiş etdirir. VII horizont üzrə orta qiymətlər isə hazırda hasilat aparılan quyuların ətrafında qeydə alınmışdır. QaLD və QA horizontları üzrə quyu məlumatlarının məhdudluğu səbəbindən, bu intervallar əsasən atribut analizinə əsasən tədqiq olunmuşdur. RMS atributu üzrə tərtib edilmiş xəritələr amplitudaların maksimum dəyərlərinin strukturun şərq tağyanı hissəsində və qırılmaların yaxınlığında lokal obyektlər kimi izlənildiyini göstərmişdir.

Quyu məlumatlarının azlığı şəraitində seysmik atributların nəticələri xüsusi əhəmiyyət kəsb etmişdir. VII və VIII horizontlara aid quyu karotaj materialları əsasında kəsiliş “kollektor–qeyri-kollektor” tipli intervallara

ayrılmış, nəticələr əsasında 3D litoloji modeli qurulmuşdur. Modelin hazırlanmasında Petrel proqram kompleksinin stoxastik alqoritmlərindən istifadə olunmuş və müxtəlif litoloji tiplər şərti olaraq “1” (kollektor) və “0” (qeyri-kollektor) kimi kodlaşdırılmışdır. Bu yanaşma kəsiliş boyunca süxur paketlərinin kollektor xüsusiyyətlərinin rəqəmsal təsvirinə imkan vermişdir.

Seysmik atributlarla quyu məlumatları arasında korrelyasiya aparılmış, xüsusilə RMS Amplitude atributu ilə QGT ayrılığı (α QP) arasında polinomial asılılıq qurulmuşdur. Əldə olunan korrelyasiya əmsalı ~ 0.70 olmaqla, seysmik və quyu məlumatlarının uyğunluğunun qənaətbəxş səviyyədə olduğunu göstərmişdir. Bu, seysmik atributların süxur litologiyasının geniş diapazonlu dəyişmələrini əks etdirmək qabiliyyətini təsdiqləmişdir (Şəkil 1).

Qurulmuş 3D litoloji model VIII horizontun daxili quruluşunu və kollektorluq xüsusiyyətlərinin paylanmasını əks etdirmişdir. Modelə görə qumluluğun orta miqdarı 20.86%, gilliliyin isə 79.14% təşkil edir (Şəkil 2).



Şəkil 2 – VIII horizont üzrə QGT (litoloji model) və seysmik məlumatlarına (RMS atributu) görə alınmış nəticələrin müqayisəsi

Figure 2 – Comparison of the results obtained from GWL (Lithological Model) and Seismic Data (RMS Attribute) for the VIII Horizon

Beləliklə, atribut analizinə əsaslanan seysmogeoloji modelləşdirmə nəticəsində sahənin müxtəlif VIII horizontu üzrə kollektor və qeyri-kollektor intervalları ayırd edilmiş, qum/gil nisbətinin dəyişməsi izlənilmiş və potensial karbohidrogen yığımları üçün əlverişli areallar proqnozlaşdırılmışdır.

Nəticə

Aparılmış seysmogeoloji tədqiqatlar nəticəsində 3D seysmik atribut analizinin kollektorların areal üzrə proqnozlaşdırılmasında və seysmogeoloji modelin qurulmasında yüksək səmərəliliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir. Tərs məsələnin həlli çərçivəsində seysmik atributlarla (xüsusilə RMS Amplitude və Sweetness) quyu-geofiziki məlumatların müqayisəsi nəticəsində kollektor və qeyri-kollektor intervallarının dəqiq differensiasiyası

təmin olunmuşdur. Qurulmuş 3D litoloji model VIII horizont üzrə qumluluğun mərkəzi və şimal zonalarda intensivləşdiyini, gilliliyin isə strukturun digər hissələrində üstünlük təşkil etdiyini göstərmişdir. Seysmik atributlarla karotaj əyriləri arasında əldə olunan 0.70 korrelyasiya əmsalı tərs məsələ üsulu ilə aparılmış analizlərin etibarlılığını təsdiqləmişdir. Beləliklə, aparılan tədqiqatlar “8 Mart” strukturunun seysmogeoloji quruluşunun daha dəqiq öyrənilməsinə, potensial kollektor zonalarının aşkar edilməsinə və gələcək qazıma işlərinin düzgün istiqamətləndirilməsinə şərait yaratmışdır.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edir.

REFERENCES

1. **Bacon M., Simm R., Redshaw T.** 3D Seismic Interpretation/ Cambridge University Press, 2004. – Hardback. – Marine and Petroleum Geology.
2. **Roden R., Smith T., Sacrey D.** Geological interpretation of seismic data: The role of attributes // First Break, 2015. – Vol. 33, Issue 2. – Pp. 45–58. – DOI: <https://doi.org/10.1190/INT-2015-0037.1>
3. **Yusifov X., Aslanov B.** Azərbaycanın neftli-qazlı hövzələri.- Bakı, 2018.
4. **Gurbanov H., Aliyev R., Mammadov T.** Petrophysical and lithological features of Pliocene deposits in the Baku Archipelago // Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik, 2020. – Vol. 35, Issue 2. – Pp. 67-78
5. **Yusubov N.P.** Seysmik yazıların emalı və seysmogeoloji modelləşdirmə əsasında geoloji dəyərləndirilməsi – Bakı, 2003.