



ISSN 3005-9321 (print version)

Stratigraphy, petroleum sedimentology, geochemistry

www.isjss.com

International scientific journal

Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan
Institute of Geology and Geophysics

1.2024



**“Stratigrafiya, neft sedimentologiyası,
geokimya” beynəlxalq jurnalının
redaksiya heyəti**

Ak.A. Əlizadə – Baş redaktor
E.H.M. Əliyeva – Baş redaktorun müavini
Q.R. Babayev – Baş redaktorun müavini
S.A. Məlikova – Məsul katib

Redaksiya heyətinin üzvləri

Əkrər Feyzullayev – Azərbaycan
Vasif Babazadə – Azərbaycan
Pərviz Məmmədov – Azərbaycan
Sehrab Şixlinski – Azərbaycan
Şəfəq Bayramova – Azərbaycan
Sergey Popov – Rusiya
Larisa Qolovina – Rusiya
Jon Veber – ABŞ
Əli İsmayıl Əl-Cubouri – İraq
Lev V. Eppelbaum – İsrail
Reynhard F. Zaksenhofer – Avstriya
Kristian van Baak – Böyük Britaniya
Frank Vesselinq – Niderland

**Editorial board of International Scientific
Journal “Stratigraphy, petroleum
sedimentology, geochemistry”**

Ak.A. Alizadeh – Editor-in-chief
E.H.M. Aliyeva – Deputy Editor-in-chief
G.R. Babayev – Deputy Editor-in-chief
S.A. Malikova – Executive secretary

Editorial board

Akper Feyzullayev – Azerbaijan
Vasif Babazadeh – Azerbaijan
Parviz Mammadov – Azerbaijan
Sehrab Shikhlinski – Azerbaijan
Shafaq Bayramova – Azerbaijan
Sergey Popov – Russia
Larisa Golovina – Russia
John Weber – USA
Ali Ismail Al-Juboury – Iraq
Lev V. Eppelbaum – Israel
Reinhard F. Sachsenhofer – Austria
Christiaan van Baak – UK
Frank Wesselingh – the Netherlands

**Редколлегия международного журнала
«Стратиграфия, нефтяная
седиментология, геохимия»**

Ак.А. Ализаде – Главный редактор
Э.Г.-М. Алиева – Зам. главного редактора
Г.Р. Бабаев – Зам. главного редактора
С.А. Меликова – Ответственный секретарь

Члены редколлегии

Акпер Фейзуллаев – Азербайджан
Васиф Бабазаде – Азербайджан
Парвиз Мамедов – Азербайджан
Сеһраб Шихлинский – Азербайджан
Шафаг Байрамова – Азербайджан
Сергей Попов – Россия
Лариса Головина – Россия
Джон Вебер – США
Али Исмаил Аль-Джубоури – Ирак
Лев В. Эппельбаум – Израиль
Рейнхард Ф. Заксенхофер – Австрия
Кристиан ван Баак – Великобритания
Франк Весселинг – Нидерланды

“Nafta-Press” nəşriyyatı, 2024/1
Çapa imzalandı: 16.10.2024
Sifariş № 5, tirajı 200 nüsxə
Qiyməti müqavilə üzrə

Publishing house “Nafta-Press”, 2024/1
Signed to print: 16.10.2024
Order № 5, circulation – 200 copies
Contract price

Издательство “Nafta-Press”, 2024/1
Подписано к печати: 16.10.2024
Заказ № 5, Тираж – 200 экз.
Цена договорная

BRACHIOPODS AS INDICATORS OF THE UPPER DEVONIAN FRASNIAN SEDIMENTATION IN THE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS PROVINCE

Bakulina L.P., Dovjikova Y.G.

Ukhta State Technical University, Russia

Komi Republic, Ukhta, Pervomaiskaya str., 13: luda5200@bk.ru, dovzh57@yandex.ru

Summary. The paper describes faunal complexes formed in the north of the European part of Russia under different facies conditions during the Frasnian stage of the Upper Devonian period. The main inhabitants of the Frasnian sea basin were cephalopods – ammonoids and bactritoids, characterized by a rich species diversity of brachiopods, ostracods, bivalves, echinoderms, conodonts, coniconchians and radiolarians. These complexes are somewhat similar to the Frasnian complexes of the Russian Platform and the Western slope of the Ural Mountains. A particularly important role in the division of the Frasnian sections played brachiopods – inhabitants of the 30-200 m depth intervals of the warm shallow-water basins with normal salinity. Characterized by characteristic bi-valve, bilaterally symmetrical shells with different relief, these brachiopods are the most important indicator of the physicochemical conditions of sedimentation. To date, more than sixty brachiopod species with different shapes, sizes and shell surface structures have been detected and described in the Upper Devonian Frasnian stages of the Timan-Pechora oil and gas province.

Each substage, horizon and formation of the Frasnian stage is characterized by its own set of brachiopod species distinguished for their specific morphological features. It brings to a conclusion that the studied rocks had been formed under different facies conditions during four major sedimentation cycles – the Timan (Timan formation), Khvorostan (Ustyarega formation), Semiluk (Domanik and Vetlasyan formations) and Don (Sirachoy and Ukhta formations).

Keywords: *the Frasnian stage, the Timan-Pechora oil and gas province, facies conditions, faunal complexes, brachiopods, sedimentation cycles*

© 2024 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

I. Introduction

The Timan-Pechora oil-gas province is located in the Northeast of the European part of Russia and is one of the most investigated regions of the country (Fig. 1). Hydrocarbon traps of the province are often related to the Frasnian deposits of the Upper Devonian period. These rocks are especially important for investigation, as they often constitute oil and gas bearing strata or serve as collectors for the accumulation of hydrocarbons.

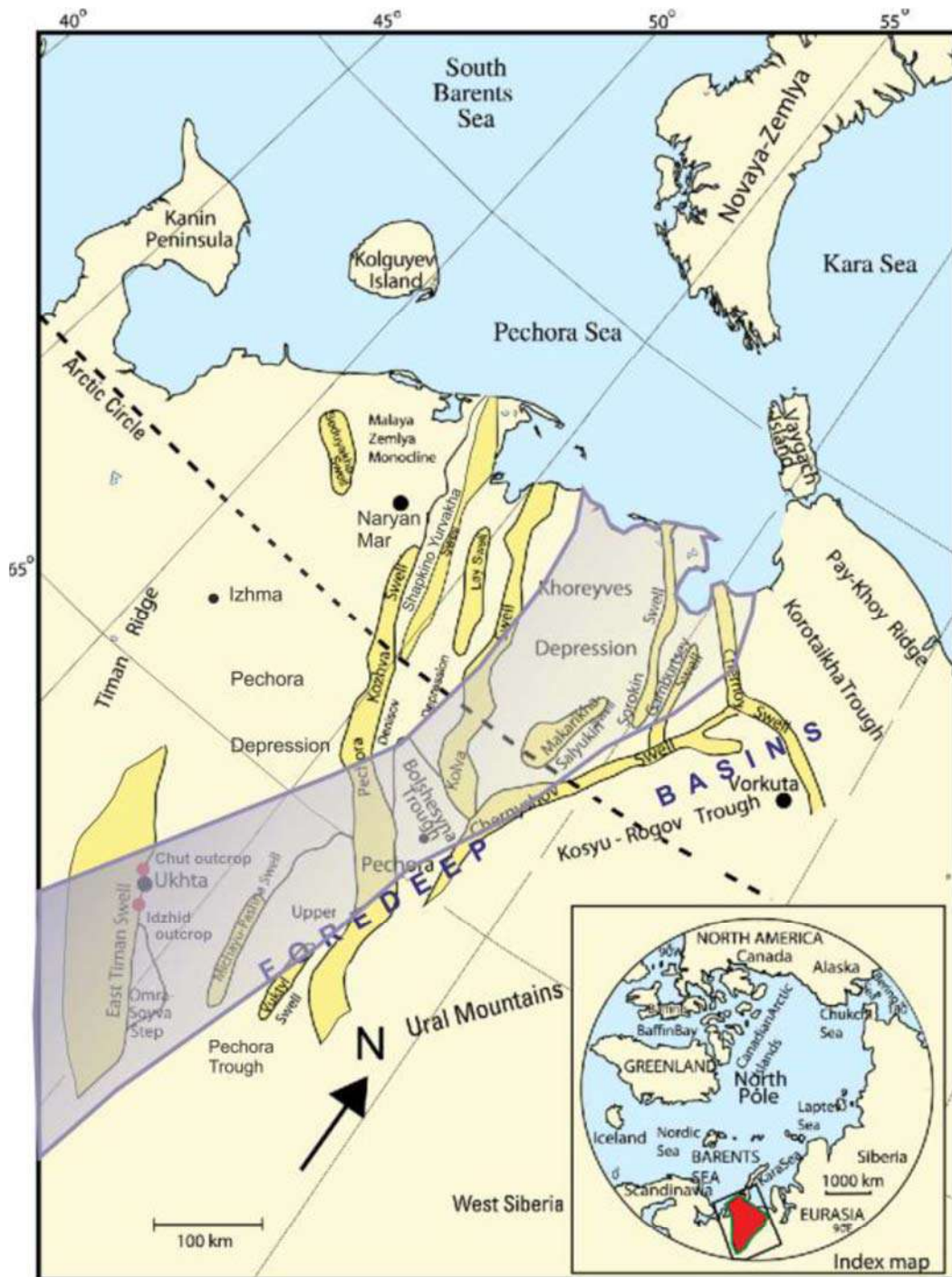
The Frasnian stage of Timan-Pechora oil-gas province represents a structurally complicated strata built by rhythmically interchanging deposits with diverse marine fauna formed in different facies environment. The stage is divided into the Lower, Middle and Upper Frasnian substages.

The Lower Frasnian substage unconformably overlies the older rocks dating back to the Middle Devonian-Upper Silurian and even Proterozoic periods. The substage consists of the Yaran, Dzhierskian and Timanian horizons in the vol-

ume of Velyurian, Dzhierskian and Timanian formations (Fig. 2). The Middle Frasnian substage includes Sargayev and Domanik horizons in the volume of Ustyareg and Domanik formations. The Upper Frasnian substage includes Vetlasyan, Sirachoy, Evlanov and Livenian horizons in the volumes of Vetlasyan, Sirachoy and Ukhta formations (Yudina, Moskalenko, 1997).

Main results

The transgression had begun in the Velyurian age, spread from the east and gradually covered vast territories. During the Dzhierskian age, sedimentation was accompanied by the outpouring of basaltic lava and the formation of strata with considerable ash material content. The basin stabilized in the Domanik age. Then it reached the maximum depth of ~100 m in depressions and started to get shallower. The Upper part of the Frasnian sections is constituted by behind-rifting, rifting and continental slope facies, as well as clayey-sulphate strata.



- borders of the Timan-Pechora oil-gas province
- studied outcrops of the Domanik formation
- approximate area of the Domanik formation occurrence (from O. Prishpa, 2014)
- settlements

Fig. 1. Location map of the Timan-Pechora basin with indication of the studied outcrops (the map is from Schenk, 2011)

Faunistic complexes of the stage are very diverse and somewhat similar to the complexes of the Russian platform and the Eastern slope of the Ural Mountains (Yudina, Moskalenko, 1997). There are more than 20 species of ammonoidea, ostracods, bivalves, brachiopods, echinoderms and other organisms identified in these sediments (Fig. 3).

Particularly interesting are brachiopods – the most important archistratigraphic group of the Devonian deposits serving as an indicator for physicochemical conditions of sedimentation. The first ever collections of the Timanian brachiopods were gathered back in 1843 by A.A.Keyserling – outstanding geologist, palaeontologist, traveller and public figure of the 19th century (Keyserling, Krusentern, 1843). It was the brachiopod studies that helped dating the Devonian outcrops of Ukhta as the Late Frasnian series.

Brachiopod (“brachon” – hand, “podos” – leg) is a bivalve symmetrical animal with soft body surrounded by a mantle enclosed in a bivalve shell. The brachiopods are the sessile inhabitants of shallow-water basins with normal salinity and lead an attached lifestyle.

The jointed (articulate) brachiopods – representatives of the class Articulata were the most

widespread in the territory of the province. In addition to muscles, the valves of such brachiopods were connected by a lock – a pair of teeth located on the ventral valve symmetrically to the delthyrium – a triangular hole for the leg to exit. On the dorsal valve they corresponded to depressions – dental sockets.

There are more than 60 brachiopod species from 6 orders (Orthida, Pentamerida, Productida, Rhynchonellida, Atrypida, Spiriferida) identified and described in the Frasnian formations. These brachiopods inhabited the sea basin in the Timanian, Ustyareg, Domanik, Vetlasyan, Sirachoy and Ukhta stages of the Late Devonian period (Fig. 3).

It was established that formation of the Frasnian series took place during four large sedimentation cycles (Parmuzina, Borovinsky, 2012), each corresponding to a certain fauna complex and certain brachiopod species.

The first sedimentation cycle (the Timanian cycle) was characterized by a prevalence of Uchtospirifer genus from the order of Spiriferida. The Timanian formation contains fossils of two species, namely Uchtospirifer angulosus (Ljasch.) and Uchtospirifer nalivkini (Ljasch.) (Figs 4, 5).

Fauna / horizon	D ₃ dzh	D ₃ tm ₁	D ₃ tm ₂	D ₃ ujr	D ₃ dm	D ₃ vt	D ₃ src	D ₃ uh
Ammonioidea				■	■			
Conodonts		■	■	■	■	■	■	■
Brachiopods	■	■	■	■	■	■	■	■
Bivalves			■	■	■	■	■	
Ichthyofauna	■		■	■	■	■	■	
Ostrocods	■	■	■	■	■	■	■	■
Konikonh					■			■
Entomozoids						■		
Stromatoporoidea							■	■
Tabulate corals							■	
Rugose corals							■	
Crinoidea							■	
Gastropods							■	■
Pelecypods							■	

Fig. 3. Frasnian fauna complex

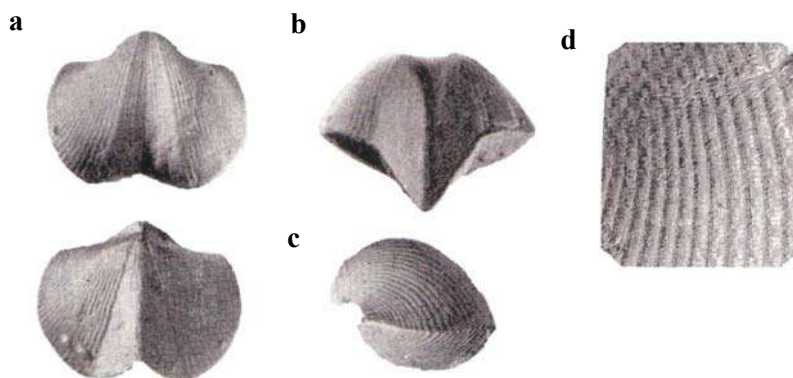


Fig. 4. *Uchtospirifer angulosus* (Ljasch.) genus:
a – abdominal cusp view;
b – dorsal cusp view;
c – side view; **d** – sculpture of abdominal cusp (40x zoom)



Fig. 5. *Uchtospirifer nalivkini* (Ljasch.) genus
a – abdominal cusp view;
b – dorsal cusp view;
c – shape of sinus

Representatives of the *Uchtospirifer* genus have large shells (up to 34 mm) with relatively small pointed top. The sinus is deep, triangular, sharply confined, the saddle is angular, high. They have deep triangular, sharply confined sinus, angular and high saddle. The surface of the lateral slopes is covered with flat rounded radial ribs separated by much narrower gaps.

The *Uchtospirifer nalivkini* genus is also distinguished by large shells (up to 30-40 cm). But differs in the shape of the sinus – the sinus is trapezoidal-rounded with a flattened bottom in the front part (Fig. 5).

The second sedimentation stage (Khvorostan cycle) corresponding to the formation of the Ustyareg formation is marked by a predominance of the genera *Hypothyridina calva* (Mark.), *Nordella orbiculata* (Ljasch.) and *Ladogia meyndorfi* (Vern.). All cited forms have large biconvex shells (Fig. 6). The genus *Hypothyridina calva* (Mark.) is characterized by a broad sinus with a high flat uvula with rough sculpture in the form of ribs and furrows (a), *Ladogia* – by a large sinus ending in a high an-

gular uvula with numerous thin ribs (b). In the genus *Nordella* the surface of the shell is almost smooth, at a detailed study the lamellar lines of accretion covered with concentric rows of elongated tubercles are traced (c). In the genus *Nordella*, the surface of the shell is almost smooth, during detailed study plate lines of growth covered with concentric rows of elongated tubercles are traced (c).

The biconvex shape of shells with rough ribs is characteristic for inhabitants of the sandy bottom, smooth surface and thin ribs – for brachiopods living among thin sediments. During the Timanian and Ustyareg time, there was a shallow-water sea basin with normal salinity where mainly sand-clay sediments were accumulated. The Semiluk sedimentation stage corresponds to the formation of the Domanik and Vetlasyan formations. The Domanik formation is built by bitumen-siliceous-carbonate rocks emerged under the conditions of uncompensated sedimentation in the isolated Domanik depression (Bakulina, Dovjikova, 2021; Максимова, 1979) located far enough from the seacoast.



Fig. 6. Dominant brachiopods during Khvorostan sedimentation cycle:
a. *Hypothiridina calva* Mark. with wide sinus and pronounced sculpture;
b. *Ladogia meyendorfi* (Vern.) with tall angular sinus;
c. *Nordella orbiculata* with smooth surface

Typical fauna of the stage are the representatives of the Spiferida order, the genus *Cyrtospirifer komi* (Ljasch.) and the genus *Cyrtospirifer ex. gr. tenticulus* (Vern.), inhabitants of the environment with thin sediment.

The limestones of the Domanik formation also contain the inarticulate brachiopods – the genus *Lingula loevinsoni* (Wen.), belonging to the Lingulida order of the class Inarticulata. In the limestones of the Domanik formation they form numerous accumulations along the bedding planes (Fig. 7). These are inhabitants of

shallow waters, littoral zone and upper part of sublittoral – from the water's edge to a depth of about 20-25 m, in exceptional cases they reached a depth of 100 m. The appearance of the genus *Lingula loevinsoni* (Wen.) in limestones indicates a change in the salinity of the sea basin. A special condition of the Domanik basin – an increased concentration of silicic acid – had depressing effect on the fauna and caused mass extinctions of organisms during sedimentation.



Fig. 7. Chitinous-phosphate shells of *Lingula loevinsoni* (Wen.) genus enclosed in limestone of the Domanik formation (10x zoom)

The Vetlasyan deposits correspond to the regressive stage of evolution of the Frasnian basin, when, under conditions of low sea level, clayey and silty material was carried out, filled the depression, smoothing the relief. The Vetlasyan formation is a typical clinofold with a poor brachiopod complex, corresponding to the *Nerwostrophia* (*Stropheodonta*) *latissima* (Bouch.) – *Adolfia siratschoica* (layers with *Atryparia vetlasjanica*) zone. The brachiopods are accumulated mainly in the upper part of the formation.

The Sirachoy and Ukhta formations are the result of the Donian stage of sedimentation, allocated in the territory of the Timan-Pechora province. The stage is characterized by discontinuous reduction of the sedimentation area and the area of the sea with normal salinity.

The Sirachoy formation represents predominantly carbonate strata built by limestones, clayey limestones with the interlayers of sandstones and clays. The upper part of the formation is dolomitized, forming typical backreef shallow-shelf facies. According to the brachiopod complex, the formation is divided into the following two components: 1) the lower subformation corresponding to the zone of *Nerwostrophia latissima* (Bouch.) – *Adolfia siratschoica* (layers with *Atryparia siratschoica*); 2) the upper subformation corresponding to the zone of *Theodossia* (layers with *Theodossia uchtensis*).

The Ukhta formation corresponds to the final phase of the Donian regressive cycle. The

lower part of the formation is built by carbonate rocks with the interlayers of clays and sandstones, and the upper – by sulphides. The brachiopod complex is poor, corresponding to the zone of *Theodossia* with the layers of *Theodossia ischmensis* (Nal.).

Most of the *Theodossia* genus representatives is characterized by smaller shells. A decrease in the size of the shell can be caused, firstly, by a change in the temperature of the basin water, and secondly, by a change in its salinity. It is known that in conditions of relatively high water temperature, the development and all life processes of bionts proceed most intensively. Inhabitants of warm seawaters early reach their sexual maturity due to rapid development and the growth of these organisms stops or sharply slows down. Therefore, specimens living in cold seas have larger shells than those living in tropical waters. More or less significant deviations from the normal seawater salinity in the direction of its increase or decrease also cause a decrease in the sizes of marine organisms. Reduction in sizes of the invertebrates and, respectively, their shells is conditioned by less intensive metabolism under desalting and salinization environment.

Conclusion

Therefore, each formation corresponds to a certain complex of brachiopods with well-defined shapes and surface sculpture, characterizing different conditions of the sedimentation.

REFERENCES

- Bakulina L.P., Dovjikova Y.G. Lithology and structure of the upper Devonian domanik formation of southern Timan. Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins / Azerbaijan National Academy of Earth Sciences, 2. 2021, pp. 3-8.
- Keyserling A. Krusenstern P. Scientific observations on a journey to the Petschora country in the year 1843. Carl Kray. St.-Petersburg, 1846, 467 s. (in German).
- Maximova S.V. Ecological and facies features and conditions of formation of Domanic. Nauka. Moscow, 1970, 83 p. (in Russian.)
- Parmuzina L.V., Borovinsky A.P. Rhythmicity of Upper Devonian sediments of Timan-Pechora Province. Vestnik of the Institute of Geology of Komi SC UB RAS, No. 3, 2012, pp. 2-5. (in Russian).
- Schenk Ch.J. Chapter 18: Geology and petroleum potential of the Timan-Pechora Basin Province, Russia. Ge-

ЛИТЕРАТУРА

- Максимова С.В. Эколого-фациальные особенности и условия образования доманика. Наука. Москва, 1970, 83 с.
- Пармузина Л.В., Боровинский А.П. Ритмичность отложений верхнедевонского комплекса Тимано-Печорской провинции. Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Геопринт. Сыктывкар, No. 3, 2012, с. 2-5.
- Юдина Ю.А., Москаленко М.Н. Опорные разрезы франского яруса Южного Тимана. Путеводитель полевой экскурсии международной подкомиссии по стратиграфии девона Ухта. Изд-во ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург, 1997, 79 с.
- Bakulina L.P., Dovjikova Y.G. Lithology and structure of the Upper Devonian domanik formation of southern Timan. Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins, Azerbaijan National Academy of Earth Sciences,

ological Society, London, Memoirs, Vol. 35(1), 2011, pp. 283-294, <https://doi.org/10.1144/M35.18>.
Yudina Y.A., Moskalenko M.N. Key sections of the Frasnian stage of the Southern Timan. Field guide for the International Sub-Commission on the stratigraphy of the Ukhta Devonian. VSEGEI (Russian Geological Research Institute) Publishing House. St. Petersburg, 1997, 79 p. (in Russian).

Vol. 2, 2021, pp. 3-8.
Keyserling A., Krusenstern P. Wissenschaftliche beobachtungen auf einer Reise in das Petschora – Land im Jahre 1843. Carl Kray. St.-Petersburg, 1846, 467 s.
Schenk Ch.J. Chapter 18: Geology and petroleum potential of the Timan-Pechora Basin Province, Russia. Geological Society, London, Memoirs, Vol. 35(1), 2011, pp. 283-294, <https://doi.org/10.1144/M35.18>.

БРАХИОПОДЫ – ИНДИКАТОРЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Бакулина Л.П., Довжикова Е.Г.

Ухтинский государственный технический университет, Россия
Республика Коми, Ухта, Первомайская ул., 13: luda5200@bk.ru, dovzh57@yandex.ru

Резюме. В работе рассмотрены комплексы фауны франского яруса верхнего девона севера Европейской части России, сформировавшиеся в различной фациальной обстановке. Отложения франского возраста на территории провинции характеризуются стратиграфической полнотой и представлены сложными по литологическому составу осадочными породами морского генезиса, содержащими большое количество ископаемых остатков хорошей сохранности. Основными обитателями франского морского бассейна были головоногие моллюски – аммоноидеи и бакритоидеи, отличающиеся значительным многообразием видов; брахиоподы, остракоды, двустворки, иглокожие, конодонты, кониконхии и радиоларии. Эти комплексы несколько похожи на франские комплексы Русской платформы и Западного склона Урала. Особенно важную роль для расчленения разрезов франских отложений играют брахиоподы, обитатели теплых мелководных бассейнов нормальной солености в интервалах глубин 30-200 м, обладавшие характерной двустворчатой двухсторонне-симметричной раковиной с различным рельефом. Они также являются наиболее важным индикатором физико-химических условий осадконакопления. На сегодняшний день во франском ярусе верхнего девона Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции диагностировано и описано более шестидесяти видов брахиопод, которые различаются формой, размером и структурной поверхностью раковины.

Для каждого подъяруса, горизонта и свиты франского яруса характерен свой видовой набор брахиопод с их специфическими морфологическими особенностями. Это позволяет сделать выводы, что породы сформированы в различной фациальной обстановке в течение четырех крупных циклов осадконакопления. Каждому циклу соответствует свой фаунистический комплекс, отвечающий определенной обстановке. Это тиманский цикл (тиманская свита), хворостанский (усть-ярегская свита), семилукский (доманиковская и ветласянская свиты) и донской (сирачойская и ухтинская свиты). В работе показано соответствие каждого комплекса брахиопод определенному циклу осадконакопления франского времени.

Ключевые слова: франский ярус, Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция, фациальная обстановка, фаунистические комплексы, брахиоподы, циклы осадконакопления

TİMAN-PEÇORA NEFT-QAZLI VİLAYƏTİNİN FRAN MƏRTƏBƏSİNİN ÜST DEVON ÇÖKÜNTÜTOPLANMANIN İNDİKATORLARI – BRAXİOPODLAR

Bakulina L.P., Dovjikova Y.G.

Uxta Dövlət Texniki Universiteti, Rusiya
Komi Respublikası, Uxta şəhəri, Pervomayskaya küç., 13: luda5200@bk.ru, dovzh57@yandex.ru

Xülasə. Hazırkı məqalə Rusiyanın Avropa hissəsinin şimalında, müxtəlif fasial şəraitlərdə formalaşmış Üst Devon dövrünün Fran mərtəbəsinin fauna komplekslərinə həsr olunmuşdur. Timan-Peçora neft-qazlı vilayətində aşkar edilmiş Fran dövrünün çöküntüləri stratigrafik kəsilişin tamamlığı ilə xarakterizə edilərək litoloji tərkibinin mürəkkəbliyi ilə seçilən və özündə çoxlu sayda yaxşı qorunmuş fauna qalıqlarını saxlayan dəniz mənşəli çöküntü süxurları ilə təmsil olunur. Fran dövrünün dəniz hövzəsinin əsas sakinləri sefalopodlar idi ki, onlar zəngin növ müxtəlifliyi ilə səciyyələnən ammonoid və baktritoidlərlə (braxiopodlar, ostrakodlar, ikiqapaqlılar, exinodermlər, konodontlar, konikonlar və radiolarilər) təmsil olunmuşdur. Sözü gedən komplekslər bir qədər Rusiya Platformasının və Uralın qərb yamacının Fran komplekslərinə bənzəyir. Fran çöküntülərinin kəsilişlərinin bölünməsində normal duzluluqlu isti yayaz su hövzələrinin 30-200 m dərinlik intervallarında yaşayan, səciyyəvi iki qapaqlı, ikitərəfli simmetrik qabığa və müxtəlif relyefə malik braxiopodlar oynayır. Onlar həm də çöküntütoplanma prosesinin fiziki-kimyəvi şəraitinin ən mühüm göstəricisidir. Bu günə qədər Timan-Peçora neft-qazlı vilayətinin Üst Devon Fran mərtəbəsində altmışdan çox braxiopod növü aşkar və təsvir edilmişdir ki, onlar qabığın forması, ölçüsü və struktur səthi ilə fərqlənir. Fran mərtəbəsinin tərkibində hər bir yarımmərtəbə, horizont və lay dəstəsi özünəməxsus morfoloji xüsusiyyətlərə malik braxiopod

kompleksləri ilə xarakterizə olunur. Bu, süxurların dörd əsas sedimentasiya tsiklləri ərzində müxtəlif fasial şəraitdə yaranma qənaətinə gəlməyə imkan verir. Hər bir tsiklin müəyyən bir mühitə uyğun olan öz fauna kompleksi vardır. Bunlar Timan (Timan lay dəstəsi), Xvorostan (Ust-Yareq lay dəstəsi), Semiluk (Domanik və Vetlasyan lay dəstələri) və Don (Sıraçoy və Uxta lay dəstələri) tsiklləridir. Məqalədə hər bir braxiopod kompleksinin Fran mərtəbəsinin müəyyən çöküntütoplanma tsiklinə uyğunluğu göstərilir.

Açar sözlər: *Fran mərtəbəsi, Timan-Peçora neft-qaz vilayəti, fasial şərait, faunistik komplekslər, braxiopodlar, çöküntütoplanma tsikli*

**COMPREHENSIVE GRAVITY-MAGNETIC DATA ANALYSIS
FOR QUANTITATIVE DETERMINING SALT BODIES IN COMPLEX
PHYSICAL-GEOLOGICAL ENVIRONMENTS**

Eppelbaum L.V.^{1,2}

¹*Dept. of Geophysics, Faculty of Exact Sciences, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel
Ramat Aviv 6997801, Tel Aviv, Israel*

²*Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan
20 Azadlig Ave., Baku, AZ1010: levap@tauex.tau.ac.il*

Summary. It is well known that salt bodies in the subsurface are usually unfavorable targets for applying gravity and magnetic methods. It is caused mainly by minor differences in density (salt layers with a density of 2100-2200 kg/m³ often occur in sediments with a similar density) and magnetic (salt layers with a magnetization of about -10 mA/m frequently occur in low-magnetic media) properties as well as geological-petrophysical variability of the subsurface geological section. Therefore, for gravity-magnetic data processing and interpretation, many advanced procedures from the available methodological arsenal should be applied, beginning with removing different kinds of noise and target visual localization and ending with developing 3D physical-geological models. Although quantitative analysis of gravity-magnetic anomalies from salt objects, usually in thin horizontal plates, is a complicated problem, an interpretation methodology for carefully analyzing observed potential field anomalies has been developed (Eppelbaum, 2019). Integrating gravity and magnetic data between themselves and with other geophysical methods increases the reliability and accuracy of geological-geophysical interpretation. For combined 3D gravity-magnetic modeling, the developed GSFC software is applied, where 3D horizontal polygonal prisms approximate the geological bodies. The application of some qualitative and quantitative interpretation methods is shown in the model and field examples. Besides the land survey, it is proposed to apply a remote-operated vehicle magnetic survey at low altitudes, which will allow not only the delineation of the salt target's disposition but also to monitor the appearance of new karst terranes, which are often associated with salt objects.

Keywords: *salt bodies, gravity, magnetics, quantitative analysis, integrated examination*

© 2024 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Introduction

Most salt targets occur in complex and variable geological media, sometimes in conditions of rugged topography. Gravity and magnetic investigations are the operative, mobile, and low-cost methods tools of geophysical subsurface studying. Available differences in density and magnetization (usually small but detectable) between the desired targets and host media make the salt suitable for careful studies. Besides this, gravity-magnetic methods have a rich (sometimes forgotten) arsenal of interpretation procedures and transformations.

Delineation and quantitative interpretation of gravity-magnetic anomalies from salt bodies are one of the actual problems of modern environmental geophysics (e.g., Sharma, 1997; Rybakov et al., 2005; Eppelbaum et al., 2008; Ezersky et al., 2010, 2013; Silva Dias et al., 2011; Kaufmann,

2014; Eppelbaum, 2019; Paoletti et al., 2020; Wei et al., 2022).

Salt body quantitative characterization plays an essential role in hydrocarbon geophysics. However, the search and localization of salt bodies in environmental mapping play an equally significant role. For instance, in the Dead Sea coastal areas, the salt edge is a significant factor in sinkhole development (Ezersky et al., 2013). Thus, detecting salt targets and their quantitative characterization could be assigned as search criteria for buried sinkhole revealing.

Different kinds of noises arising in potential geophysical field applications for salt body delineation

Modern gravity and magnetic equipment enable the detection of even tiny gravity of 1 microGal (1microGal = 0.001 milliGal (mGal)) and

magnetic of 1 picoTesla (1 picoTesla = 0.001 nanoTesla (nT)) and fewer anomalies. However, different kinds of noise (artificial and natural origins) complicate the qualitative and quantitative analyses of the abovementioned fields over salt bodies. These main kinds of noise are presented in Fig. 1 (modified after Eppelbaum (2011a, 2011b)). Let us briefly consider the different kinds of noise.

Artificial (man-made) noise

The industrial noise component mainly comes from surface (e.g., electric power lines) and underground constructions (e.g., water pipe communications, cables), garbage dumps, transportation, and communications lines, etc. The instrumental component is associated with the technical properties of gravimeters (e.g., shift zero) and partially – magnetometers. Human error can accompany geophysical observations at any time. Finally,

previous surveys’ undocumented (poorly documented) results can distort preliminary Physical-Geological Model (PGM) development.

Natural Disturbances

Nonstationary noise includes, for instance, the known tidal effects in gravity investigations and ionosphere disturbances (temporal variations) – in magnetic studies. Meteorological conditions (rain, lightning, snow, hurricanes, etc.) can also affect gravimeter and magnetometer readings. Corrections for the atmosphere deserve special attention in microgravity investigations since the air layer attraction is different at various levels over and below the mean sea level (MSL). Soil-vegetation factors associated with certain soil types (e.g., swampy soil or loose ground in deserts) and dense vegetation, which sometimes hampers movement along the profile, must also be considered.

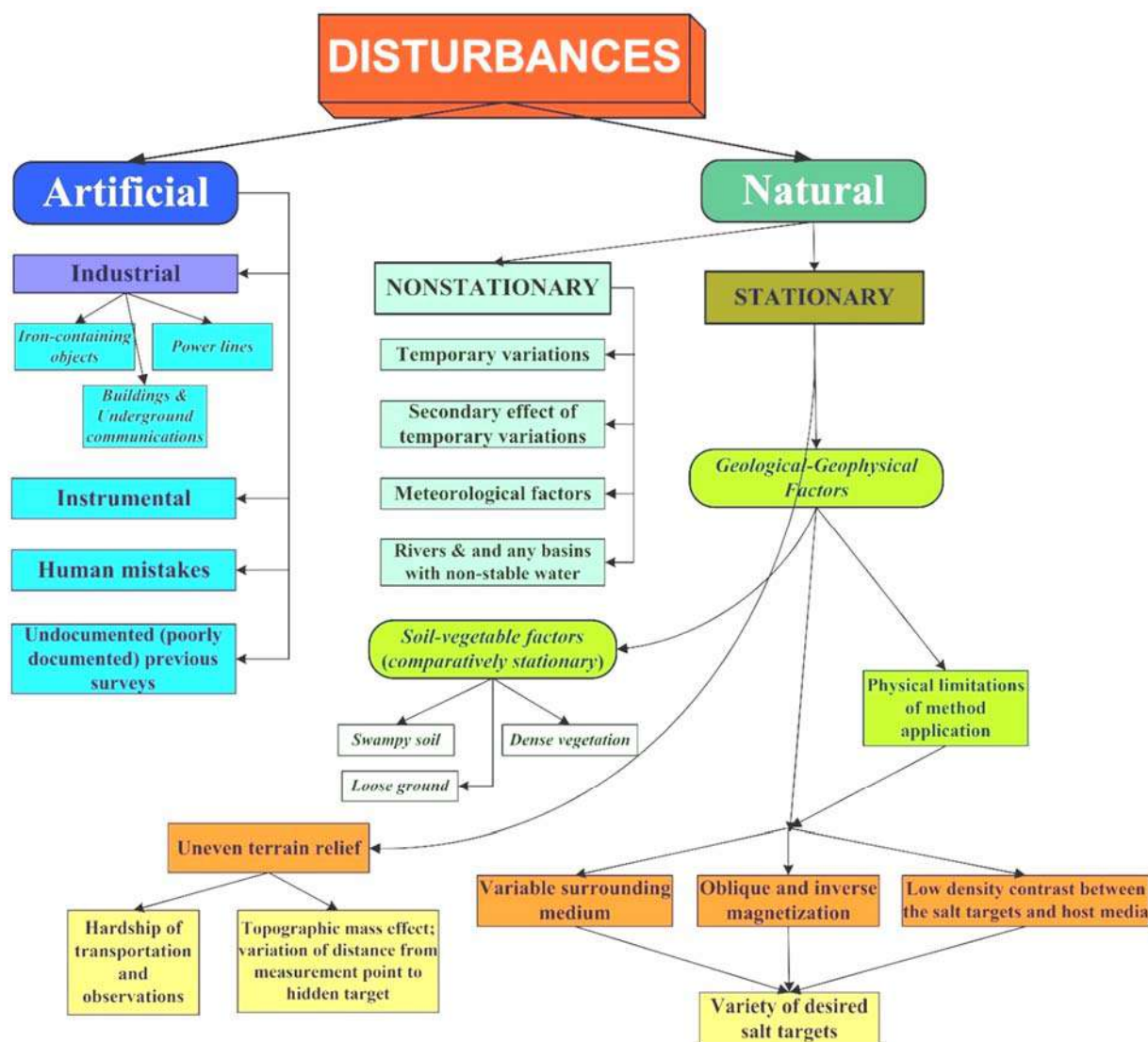


Fig. 1. Different kinds of noise appear in the gravity-magnetic identification of salt bodies

Geological-Geophysical and Environmental Factors

Geological-geophysical and environmental factors constitute the most essential physical-geological disturbances. Applying any geophysical method depends primarily on the existence of physical properties contrast between the objects under study and the surrounding medium. The physical limitation of the method application assesses the measurable density or magnetization contrast properties between the anomalous targets and the host media. In magnetic field analysis, an important role also plays magnetic vector (surrounding medium and anomalous target) orientation.

Spatial Coordinates and Normal Gravity Field Determination

Spatial coordinates and normal gravity field determination are also crucial to precise gravity studies, and any inaccuracies here may lead to significant errors in subsequent analyses. Similar parameters (coordinates and IGRF – International Geomagnetic Reference Field) are essential for introducing necessary corrections to the observed magnetic field (e.g., Sharma, 1997).

Uneven Terrain Relief

Uneven terrain relief can hamper the movement of equipment and restrict gravity and magnetic data acquisition. Physically, the gravity and magnetic fields are affected by the form and density of the topographic features composing the surface relief and variations in the distance from the point of measurement to the hidden target (Eppelbaum, 2019). In gravity prospecting, calculations for the surrounding terrain relief (sometimes for radii up to 200 km) are also very important (Telford et al., 1990; Eppelbaum, Khesin, 2012).

Earthquake Damage

Earthquake damage zones are widely spread over the South Caucasus (Alizadeh et al., 2017) and the Eastern Mediterranean (Eppelbaum, Katz, 2012). These zones may significantly complicate microgravity and magnetic data analysis.

The Variety of Anomalous Sources

The variety of anomalous geological sources at a depth comprises the variable surrounding the medium and the variety of anomalous targets. These factors are crucial and greatly complicate the interpretation of gravity and magnetic data.

Variable Subsurface

In gravity research, variable subsurface can make it difficult to determine the correct densities of bodies occurring close to the Earth's surface, and sometimes depths of hundreds of meters (e.g., Gadirov, Eppelbaum, 2015; Eppelbaum, 2019). In magnetic studies, a special procedure was developed to determine the average magnetization of the medium over day surface relief of any complexity (Eppelbaum, 2010).

Rivers and water basins

Rivers and water basins with non-stable waters can cause certain types of interference with gravity and magnetic measurements ('white' or 'wideband' kinds of noise (e.g., Bashirov et al., 1992).

Inclined and reverse magnetization

In the gravity field, the gravity vector is always oriented vertically (we do not consider here some gravity effects appearing on the complex terrain relief). However, this effect is broadly distributed in magnetized rocks and is crucial. Different effective methodologies were developed to detect and reduce these effects (Eppelbaum, 2019).

Local and Regional Trends

Local and regional trends (linear, parabolic, or other types) often mask the gravity and magnetic effects of the desired target considerably (e.g., Telford et al., 1990; Khesin et al., 1996; Sharma, 1997; Eppelbaum, 2019). Sometimes, regional gravity and magnetic trend effects may exceed local desired anomalies by some tenfold. Several methodologies for regional trend removal are applied by Al-Zoubi et al. (2013) and Eppelbaum (2019).

Interpretation of magnetic and gravity anomalies for salt target delineation and quantitative estimation

Analysis of gravity and magnetic anomalies over salt bodies should include qualitative and quantitative interpretation methods for reliable target classification and quantification. Let us begin with the gravity anomaly examination.

Gravity field interpretation

The model example (Fig. 2) illustrates the known and practical calculation of the second horizontal derivative of gravity potential over a subhorizontal body with contrast density properties.

A simple physical-geological model (PGM) presented in Fig. 2 indicates that from analysis of gravity field behavior (Fig. 2A), it is challenging to recognize where the left end of the salt layer occurs (under conditions of gravity anomaly superposition revealing this point will be some more complicated). Calculating the second

horizontal derivative of gravity potential W_{xz} (Fig. 2B) allows determining exactly this point as the projection of $W_{xz(max)}$ value (Fig. 2C). Besides this, the W_{xz} anomaly could be quantitatively interpreted using methodologies developed for complex environments in magnetic prospecting (Eppelbaum, Khesin, 2012).

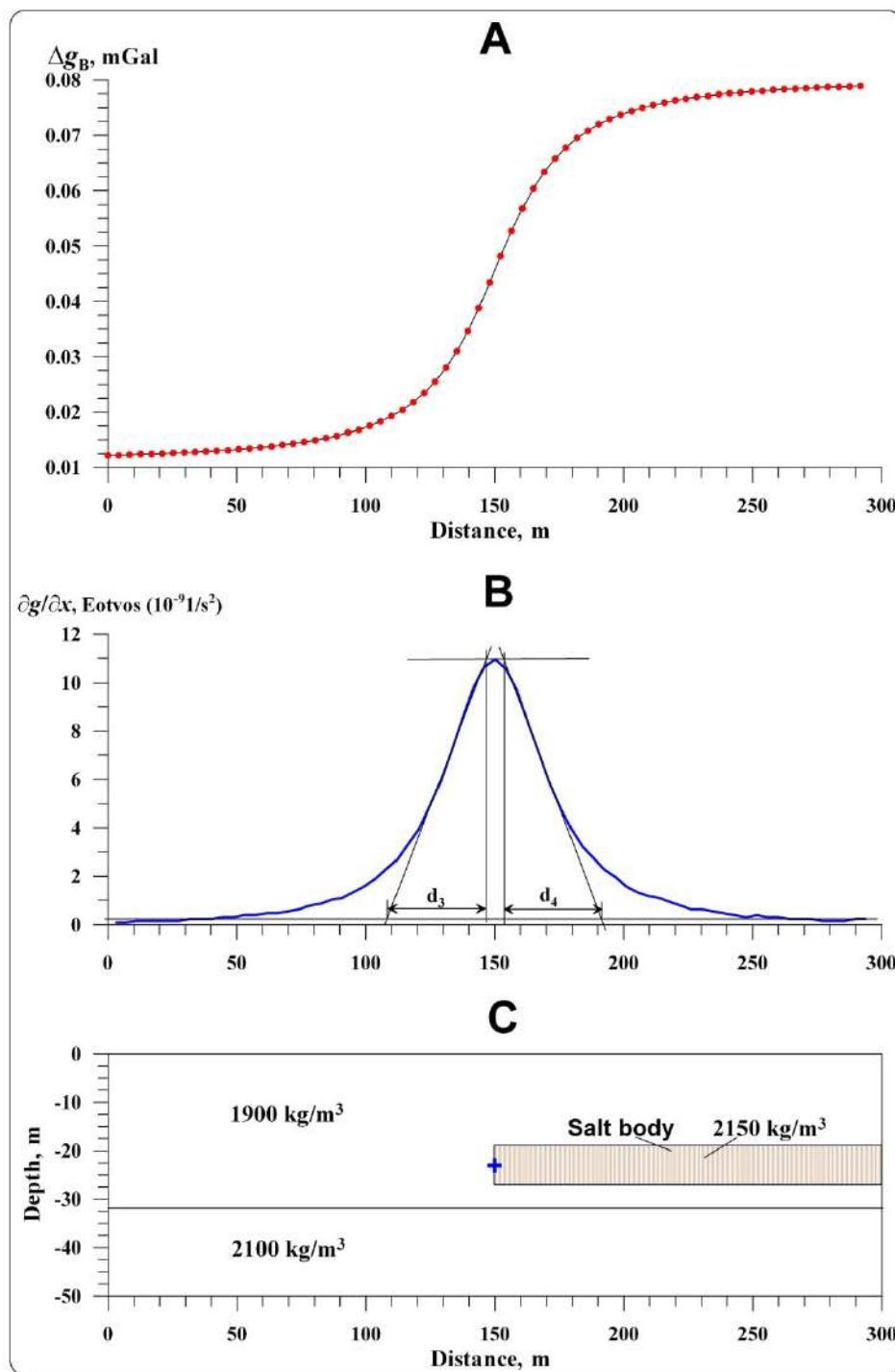


Fig. 2. Computation of the second horizontal derivative of gravity potential ($W_{xz(max)}$). (A) Computed gravity curve, (B) Calculated horizontal derivative of a gravity field, (C) Physical-geological model (right end of the salt body was computed as occurring at 700 m). Symbol “+” indicates the determined position of half of the vertical thickness amplitude of the salt body

Determination of the right end of the salt body occurrence is no less important problem. Fig. 3 shows a more complex example of 3D gravity field computations, where the right end of the salt body was computed in five variants: at distances of 300, 350, 400, and 700 m (as in Fig. 2) and in infinity. Thus, the position of the salt body's right end can be estimated by the gravity field behavior over this part of the studied target. The difference between the curves' behavior in the right part of the section is noticeable. At the same, it is fascinating that a significant difference between Δg_B (infinity) and Δg_B (700 m) over the left end of the

anomalous body was found (Fig. 3B). Some minor disagreements were discovered, and anomalies between Δg_B (700 m) and Δg_B (300, 350, and 400 m) were found for the differences.

Gravity data examinations were successfully applied to delineate salt layers in several areas in complex conditions of the Dead Sea's eastern coast (Israel) (Eppelbaum et al., 2008; Ezersky et al., 2010, 2013, 2023). Several advanced methodologies for gravity field transformations in complex physical-geological environments were tested on the western Dead Sea coast (Jordan) (Al-Zoubi et al., 2013).

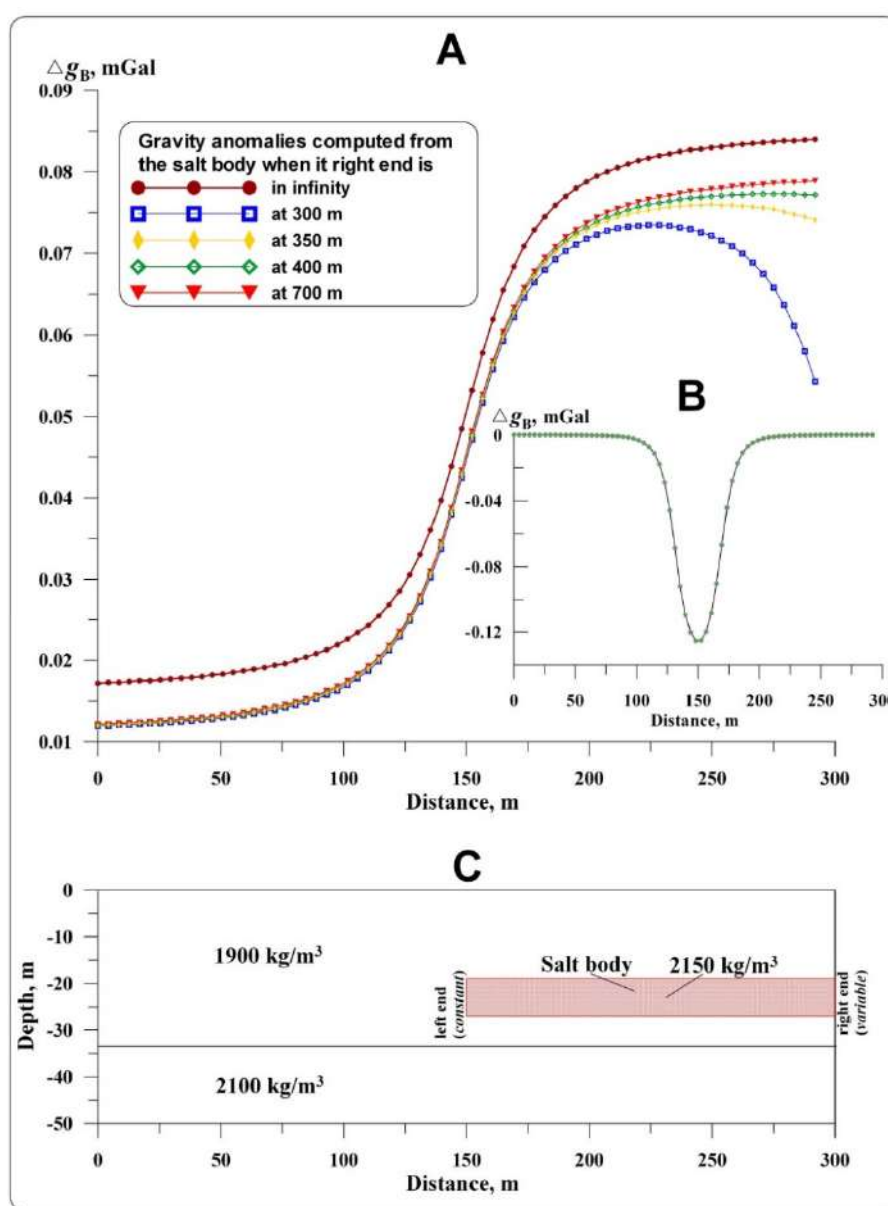


Fig. 3. Computing gravity effects from the model of the salt body by different positions of the right end of the body. (A) Computed gravity curves for different positions of the salt body right end, (B) Computed difference between Δg_B (infinity) and Δg_B (700 m), (C) Physical-geological model

Of course, 3D modeling of real PGM is a more powerful tool for gravity field examination. The results of 3D gravity field modeling along a profile crossing the Ein Gedi area (western Dead Sea coast, Israel) are shown in Fig. 4.

For advanced 3D gravity modeling, the *GSFC* software (3D horizontal polygonal prisms approximate geological bodies) (Khesin et al., 1996; Eppelbaum, 2011b, 2019) was applied. This program has been intended for computing the field of Δg (Bouguer, free-air or observed value anomalies), magnetic components ΔZ , ΔX , ΔY , and total magnetic field ΔT , and second derivatives of the gravitational potential under conditions of rugged relief and inclined magnetization. Each geological body can be approximated up to 50 characteristic points; the number of bodies practically is not limited; the software enables calculating the influence of geological bodies outside the geological section.

It should be noted that the initial PGM was composed of an analysis of samples from drilling boreholes, results of geological mapping, and other geophysical method examination (seismic methods, continuous vertical electric sounding (CVES), and electric resistivity tomography (ERT) analysis (Ezersky et al., 2013). A salt layer with a density of 2200 kg/m^3 (yellow colored in Fig. 4) is an essential feature of this PGM.

Magnetic field interpretation

An effective and reliable interpreting system has been developed for magnetic anomaly quantitative analysis in complex environments (inclined magnetization, rugged terrain relief, and unknown level of the normal field) (Khesin et al., 1996; Eppelbaum et al., 2001; Eppelbaum, 2011a, 2011b; Eppelbaum, Mishne, 2011; Eppelbaum, 2019). Some developed methodologies can be employed (with the necessary modifications) to interpret gravity anomalies (Eppelbaum, 2011b).

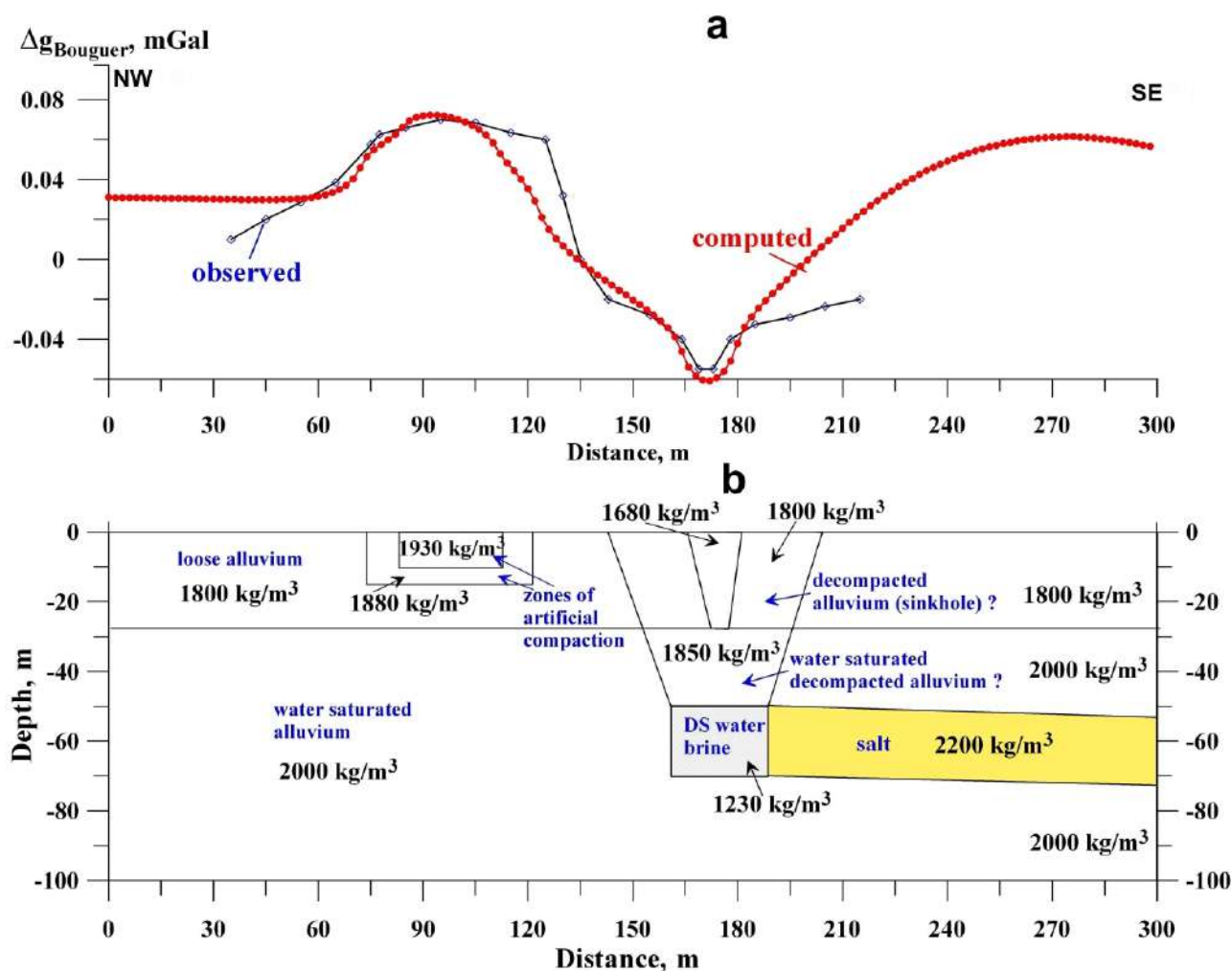


Fig. 4. 3D gravity modeling over a complex geological section in the Ein Gedi area (eastern Dead Sea coast, Israel), a: observed and computed gravity fields, b: physical-geological model (after Ezersky et al., 2013, with modifications)

3D magnetic field computations indicate that salt bodies (paramagnetic matter) occurring at different depths create distinguishable anomalies (Fig. 5). Magnetic anomaly from body 1 has a more detectable magnetic anomaly (~ 9 nT), but an anomaly from body 2 (~ 4.5 nT) is quite detectable (when we have no high noise level). These anomalies could be interpreted by the methodology developed to analyze anomalies produced by thick bed bodies (Eppelbaum, 2013, 2015a, 2015b, 2019). However, it is the subject of a separate investigation.

Let us consider the magnetic effect from the “classic” thin horizontal plate characterized by large horizontal thickness $2b$, small vertical thickness ($2b \gg h_1$ and h_2 ; h_1 and h_2 are the depths to upper and lower surfaces of the

horizontal plate, respectively) and near-surface occurrence (Fig. 6).

Of course, this concrete model cannot be interpreted as a “quasi-thick” model. We observe two independent magnetic anomalies if parameter $2b$ is sufficiently large. These anomalies can be interpreted using methodologies developed for the model of thin beds for complex physical-geological conditions (Eppelbaum et al., 2001). In this case, we assume that the magnetization of the *L.H.* bed is positive and the *R.H.* bed is negative (in this case, a determination of magnetization is not possible). As shown in Fig 6, the results of the interpretation indicate the position of the center of the upper edges of two “fictitious” thin beds on the left (positive anomaly) and right (negative anomaly) of the considered thin horizontal plate model.

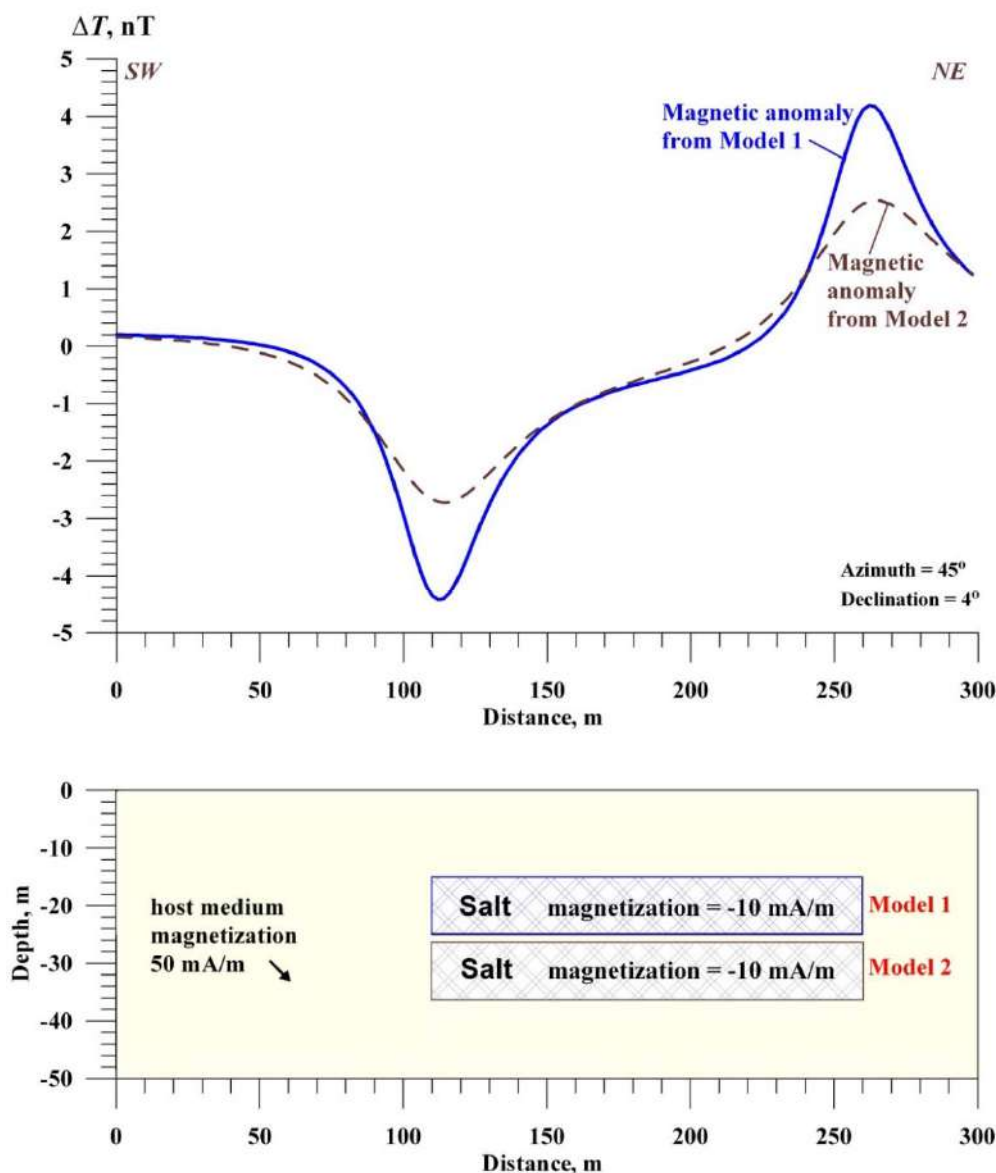


Fig. 5. Magnetic field modeling over two salt bodies occurring at different depths

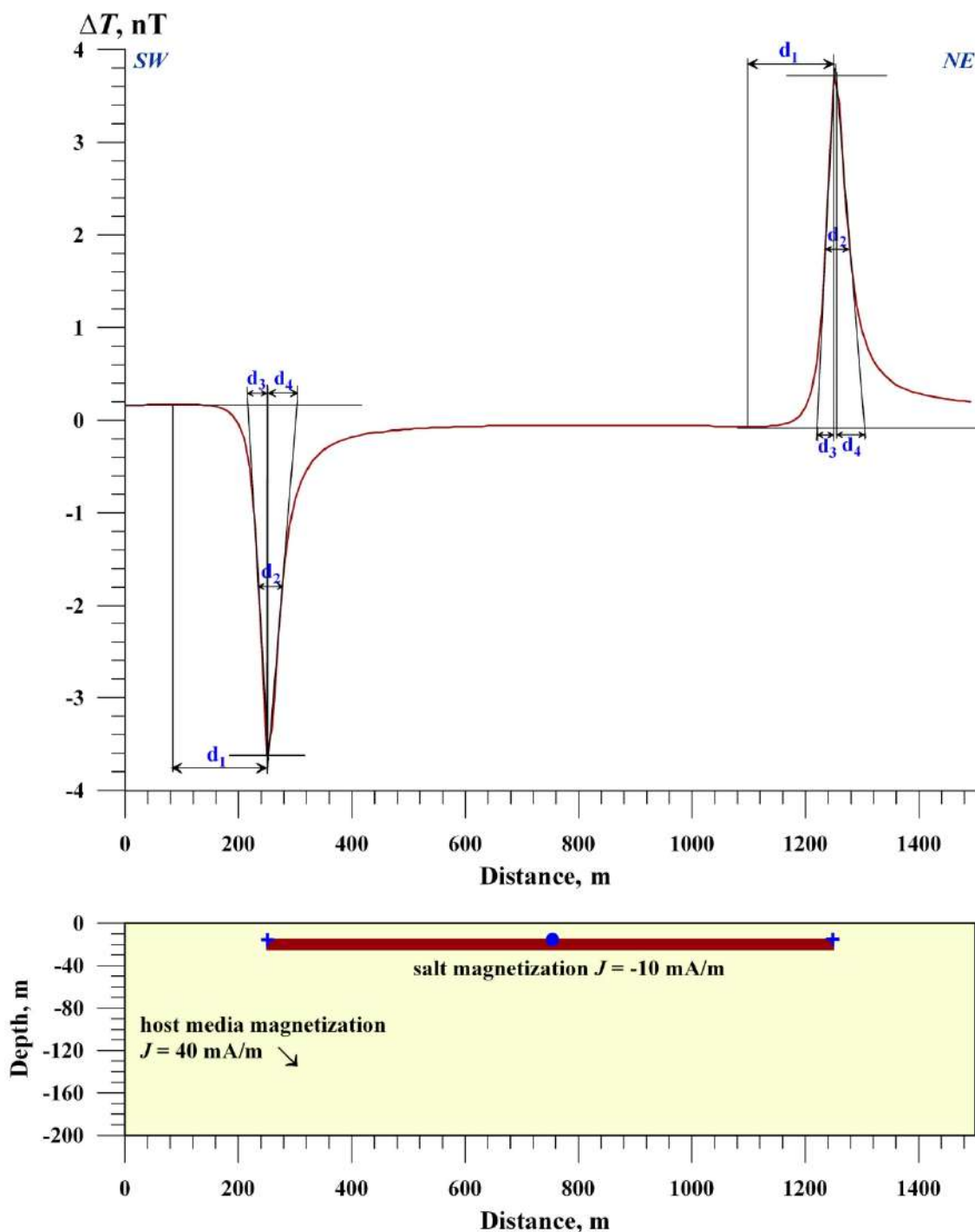


Fig. 6. Quantitative analysis of magnetic anomalies produced by the model of the expanded salt bed. Here, blue crosses show determined positions of the left and right ends of the body, and the blue-filled circle – the position of the body’s center

Fig. 7 shows a quantitative analysis of magnetic anomaly produced by a salt layer approximated by a thick bed model. Since salt is a paramagnetic matter with a small magnetization (-10 mA/m) usually occurring in host media with a very low magnetization (here, a magnetization of 30 mA/m was assumed), the amplitude of the modeled anomaly is only about three nT. The

characteristic peculiarity of this model is the presence of rugged terrain relief disturbing the magnetic anomaly. Results of the quantitative analysis (the interpretation methodology for such bodies were presented in detail in Eppelbaum (2015a, 2015b) do not ideally coincide with this PGM but demonstrate sufficient accuracy (Fig. 7). The calculated J_e value was about -7 mA/m.

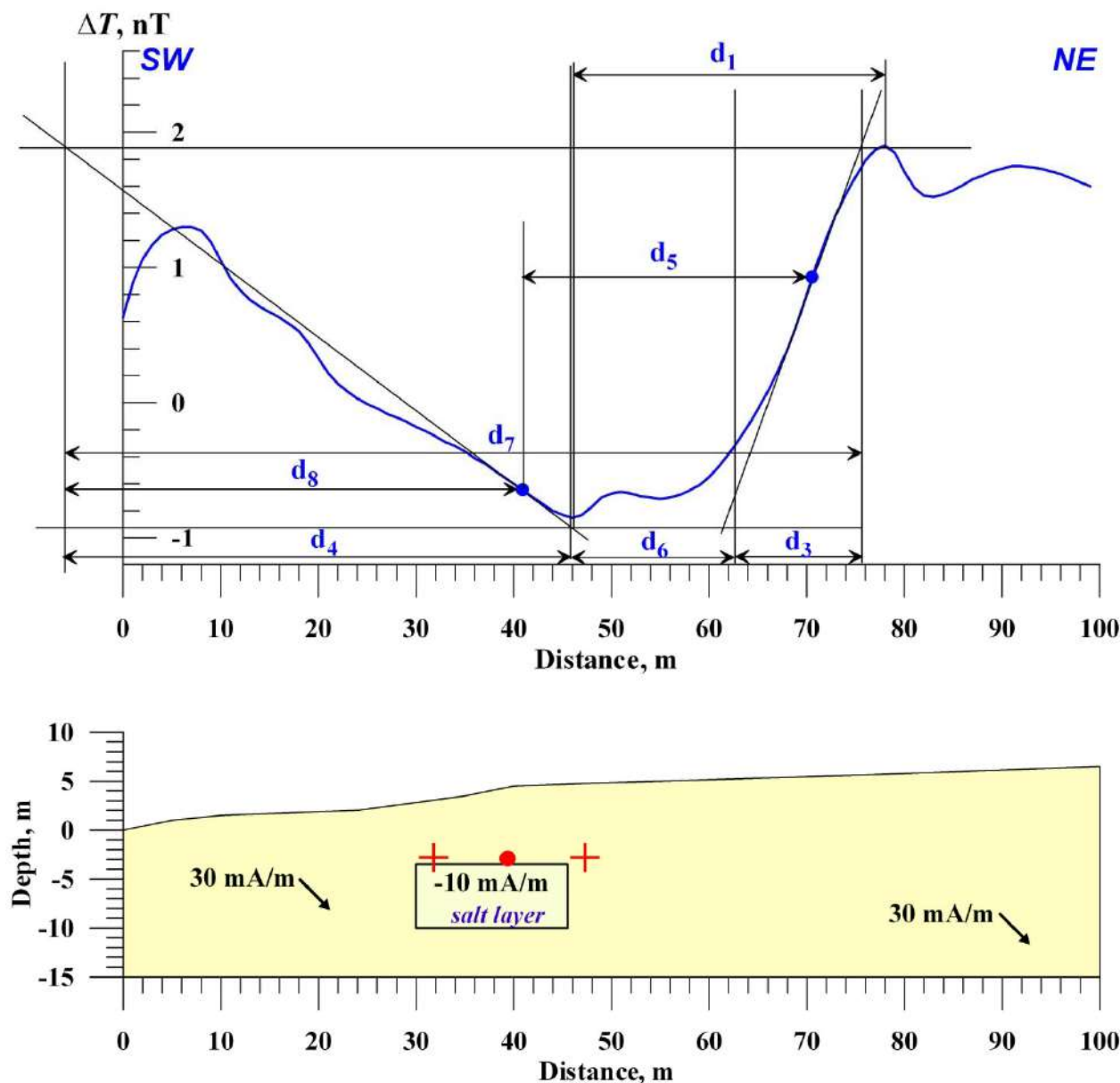


Fig. 7. Quantitative analysis of magnetic anomaly over the model of salt thick bed computed for the conditions of rugged terrain relief. The red crosses show the determined positions of the left and right ends of the body, and the red-filled circle – the position of the body’s center

An exciting example of the quantitative analysis of the airborne observed magnetic anomaly is presented in Fig. 8. The low-level (about 100 m over the Earth’s surface) airborne survey detected a negative magnetic anomaly from the salt dome in the Gulf of Mexico (USA). Despite the significant depth of the salt dome’s upper edge’s occurrence (4,000 feet \cong 1,220 meters), the registered anomaly consisted of -9 nT (because of the large salt dome dimensions). Quantitative interpretation of this magnetic anomaly performed by the developed methods for the thin bed interpreting model (e.g., Eppelbaum et al., 2001)

showed good agreement with the available geological data.

Integrated analysis of gravity-magnetic fields for salt target delineation

As shown in Eppelbaum (2014a, 2014b), for mapping (ranging) any area, theoretically, two equivalent effective methods applications are sufficient for mapping (ranging) any area. These methods may be, for instance, gravity and magnetics, or gravity and seismics. Due to the complexity of geological sections, some redundancy of geophysical integration is sometimes necessary.

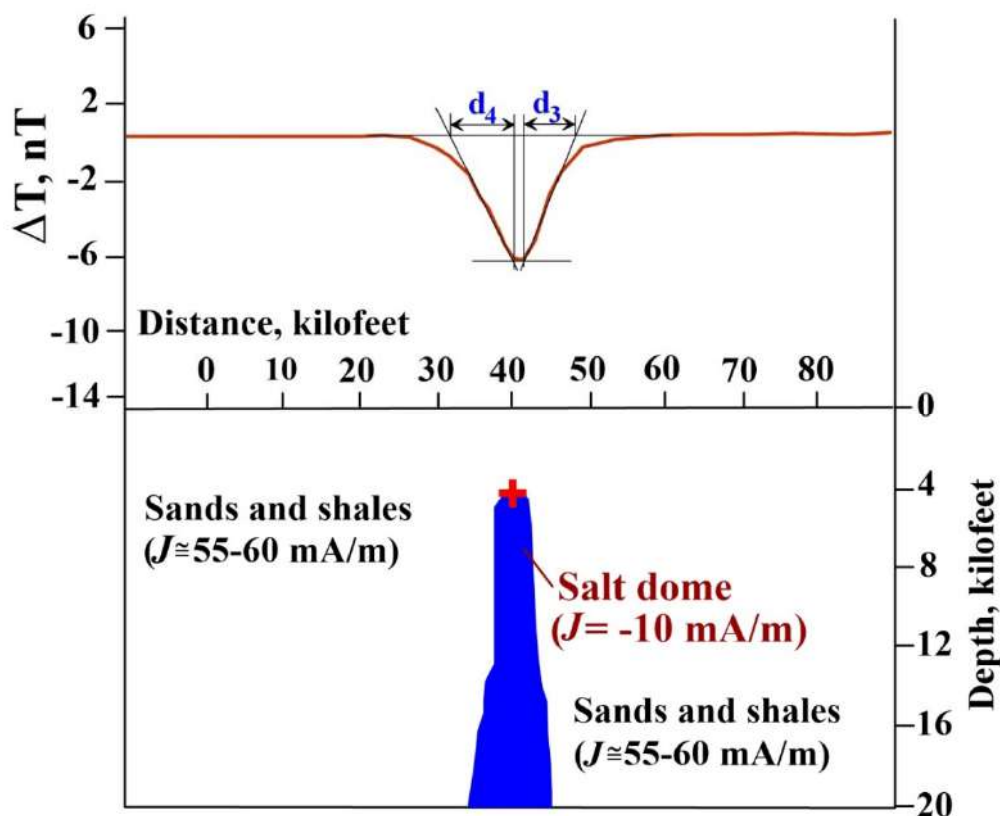


Fig. 8. Quantitative analysis of the airborne observed magnetic data over salt dome (Gulf of Mexico, USA) by the developed methodology (the magnetic survey was flown at a level of 100 meters) (initial data are from Rowe, Prieto, 2002). The red crosses show the determined positions of the center of the upper edge of the salt dome

It is well-known that an integrated examination (sensing) increases the amount and reliability of geophysical-geological information sharply (Eppelbaum, 2020). Theoretically suppose that a set of geophysical (geological, geochemical, geodynamical) methods is focused on investigating independent indicators of equal value. In that case, the anomaly detection reliability γ can be described by an equation:

$$\gamma = F \left(\frac{\sqrt{\sum_i \nu_i}}{2} \right),$$

where ν is the ratio of the anomaly squared to the noise dispersion for each i -th method, and F is the probability integral.

Let us assume that three points indicate some natural anomaly and that the mean square of the anomaly for each field is equal to the noise dispersion. For a single investigation method, the reliability of detecting an anomaly of a known form and intensity can be calculated by Kotelnikov's

criterion (e.g., Borda, 2011). Hence, the reliability for individual methods is 0.61 and 0.77, and 0.87 for a set of two or three methods, respectively. It means that the q value (risk of an erroneous solution, $q = 1 - \gamma$) decreases when integrating two or three methods by factors of 1.7 and 3.0, respectively. These simple calculations indicate the preferences of different methods of integration. In our subsurface sensing, the number of applied methods with positive estimations in many cases vastly outnumbers the three.

A successive application of integrated information and wavelet methodologies in subsurface geophysics was demonstrated by Eppelbaum et al. (2011). The employment of diffusion maps methodology with gravity and magnetic fields application on an example of karst target delineation was shown in detail in Eppelbaum et al. (2014). The same methodology (with corresponding modifications) could be applied to delineating the subsurface salt bodies. The advanced methodologies obtained in wavelet theory and data mining based on the matching pursuit combined with wavelet packet dictionaries

permitted the effective integration of geophysical fields for subsurface examination even in the presence of strongly noised data (Alperovich et al., 2013; Averbuch et al., 2014).

Remotely operated vehicle geophysical surveys

A broad application of remotely operated vehicle (ROV) geophysical surveys at different altitudes (Eppelbaum, 2008; Eppelbaum, Mishne, 2011; Brooke and Clutterbuck, 2020; Kolster et al., 2022; Ivashov et al., 2023) will significantly increase the effectiveness and reliability of environmental (subsurface) geophysics, especially in areas with various surface measurement limitations. The proposed ROV methodology with different flight trajectories will help to estimate the magnetization of the upper part of the geological section for any surface relief (Eppelbaum, 2010).

Another important factor stimulating the ROV application is the comparative cheapness of such studies. The ROV employment could be applied for salt target identification and delineating an associated dangerous phenomenon – karst (sinkhole) appearing.

Conclusions

As a rule, salt bodies occurring in the upper part of the geological section have small positive density and negative magnetization characteristics compared with the host media that create the necessary precursors for applying detailed gravity-magnetic surveys. The methods developed for analyzing gravity and magnetic anomalies in complicated environments (inclined topography, an unknown level of the normal field, and oblique magnetization) could be successfully applied to delineate and quantitatively characterize salt bodies. Some of these methods may be effectively employed for gravity anomaly interpretation. Testing these procedures on the models and actual data confirms gravity-magnetic data analysis's effectiveness. Some advanced procedures for cooperative gravity and magnetic field analysis are briefly discussed. Advanced 3D gravity-magnetic field modeling is applied at the last stage of physical-geological analysis and enables the creation of the medium's final (enhanced) Physical-Geological Models. It is proposed that the ROV survey will be employed as the main instrument of environmental mapping, including the localization of salt bodies.

REFERENCES

- Alizadeh A.A., Guliyev I.S., Kadirov F.A., Eppelbaum L.V. Geosciences in Azerbaijan. Vol. II. Economic minerals and applied geophysics. Springer. Heidelberg – N.Y., 2017, 340 p., DOI: 10.1007/978-3-319-40493-6.
- Alperovich L., Eppelbaum L., Zheludev V., Dumoulin J., Soldovieri F., Proto M., Bavusi M. and Loperte A. A new combined wavelet methodology applied to GPR and ERT data in the Montagnole experiment (French Alps). *Jour. of Geophysics and Engineering*, Vol. 10, No. 2, 025017, 2013, pp.1-17, DOI: 10.1088/1742-2132/10/2/025017.
- Al-Zoubi A., Eppelbaum L., Abueladas A., Ezersky M., Akkawi E. Methods for removing regional trends in microgravity under complex environments: testing on 3D model examples and investigation in the Dead Sea coast. *International Jour. of Geophysics*, Vol. 2013, Article ID 341797, 2013, pp. 1-13, DOI: 10.1155/2013/341797.
- Averbuch A.Z., Neittaanmaki P., Zheludev V.A. Spline and spline wavelet methods with applications to signal and image processing: Volume I: Periodic splines. Springer Netherlands, 2014, 496 p., DOI: 10.1007/978-94-017-8926-4.
- Bashirov A.E., Eppelbaum L.V., Mishne L.R. Improving Eötvös corrections by wide-band noise Kalman filtering. *Geophysical Journal International*, Vol. 108, No. 1, 1992, pp. 193-197.

ЛИТЕРАТУРА

- Alizadeh A.A., Guliyev I.S., Kadirov F.A., Eppelbaum L.V. Geosciences in Azerbaijan. Vol. II. Economic minerals and applied geophysics. Springer. Heidelberg – N.Y., 2017, 340 p., DOI: 10.1007/978-3-319-40493-6.
- Alperovich L., Eppelbaum L., Zheludev V., Dumoulin J., Soldovieri F., Proto M., Bavusi M. and Loperte A. A new combined wavelet methodology applied to GPR and ERT data in the Montagnole experiment (French Alps). *Jour. of Geophysics and Engineering*, Vol. 10, No. 2, 025017, 2013, pp.1-17, DOI: 10.1088/1742-2132/10/2/025017.
- Al-Zoubi A., Eppelbaum L., Abueladas A., Ezersky M., Akkawi E. Methods for removing regional trends in microgravity under complex environments: testing on 3D model examples and investigation in the Dead Sea coast. *International Jour. of Geophysics*, Vol. 2013, Article ID 341797, 2013, pp. 1-13, DOI: 10.1155/2013/341797.
- Averbuch A.Z., Neittaanmaki P., Zheludev V.A. Spline and spline wavelet methods with applications to signal and image processing: Volume I: Periodic splines. Springer Netherlands, 2014, 496 p., DOI: 10.1007/978-94-017-8926-4.
- Bashirov A.E., Eppelbaum L.V., Mishne L.R. Improving Eötvös corrections by wide-band noise Kalman filtering. *Geophysical Journal International*, Vol. 108, No. 1, 1992, pp. 193-197.

- Borda M. Fundamentals in information theory and coding. Springer, Berlin-Heidelberg, 2011, 504 p., DOI: 10.1007/978-3-642-20347-3.
- Brooke C., Clutterbuck B. Mapping heterogeneous buried archaeological features using multisensor data from unmanned aerial vehicles. *Remote Sensing*, Vol. 12(1), 41, 2020, pp. 1-31, DOI: 10.3390/rs12010041.
- Eppelbaum L.V. Remote operated vehicle geophysical survey using magnetic and VLF methods: proposed schemes for data processing and interpretation. *Proceed. of the 2008 SAGEEP Conference, Philadelphia, USA, Vol. 21, 2008, pp. 938-963, DOI: 10.4133/1.2963338.*
- Eppelbaum L.V. An advanced methodology for Remote Operation Vehicle magnetic survey to delineate buried targets. *Trans. of the 20th General Meeting of the Intern. Mineralogical Association, CH30G: Archaeometry (general session): Composition, technology, and provenance of archaeological artifacts, Budapest, Hungary, 2010, p. 103.*
- Eppelbaum L.V. Study of magnetic anomalies over archaeological targets in urban conditions. *Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 36, No. 16, 2011a, pp. 1318-1330, DOI: 10.1016/j.pce.2011.02.00.*
- Eppelbaum L.V. Interpretation of magnetic anomalies due to archaeological and environmental targets classified as “quasi thick bed bodies” in complex physical-geological environments. *Proceed. of the 2013 SAGEEP Conference, Denver, Colorado, USA, Vol. 26, No. 1, 2013, pp. 415-424, DOI: 10.4133/sageep2013-144.1.*
- Eppelbaum L.V. Geophysical observations at archaeological sites: Estimating informational content. *Archaeological Prospection, Vol. 21, No. 2, 2014a, pp. 25-38, DOI: 10.1002/arp.1468.*
- Eppelbaum L.V. Four color theorem and applied geophysics. *Applied Mathematics, Vol. 5, 2014b, pp. 358-366, DOI: 10.4236/am.2014.54062.*
- Eppelbaum L.V. Review of environmental and geological microgravity applications and feasibility of their implementation at archaeological sites in Israel. *International Jour. of Geophysics, Article ID 927080, 2011b, pp. 1-9, DOI: 10.1155/2011/927080.*
- Eppelbaum L.V. Quantitative interpretation of magnetic anomalies from thick bed, horizontal plate, and intermediate models under complex physical-geological environments in archaeological prospection. *Archaeological Prospecting, Vol. 23, No. 2, 2015a, pp. 255-268, DOI: 10.1002/arp.1511.*
- Eppelbaum L.V. Quantitative interpretation of magnetic anomalies from bodies approximated by thick bed models in complex environments. *Environmental Earth Sciences, Vol. 74, No. 7, 2015b, pp. 5971-5988, DOI: 10.1007/s12665-015-4622-1.*
- Eppelbaum L.V. Geophysical potential fields: geological and environmental applications. Elsevier. Amsterdam – N.Y., 2019, 467 p., DOI: 10.1088/978-0-7503-3635-2.
- Eppelbaum L.V. Theories of probability, information, and graphs in applied geophysics. In: *Prime archives in applied mathematics (K. Kyamakya, ed.), Vide Leaf. 2020, pp. 1-35, DOI: 10.37247/PAAM.1.2020.18.*
- Borda M. Fundamentals in information theory and coding. Springer, Berlin-Heidelberg, 2011, 504 p., DOI: 10.1007/978-3-642-20347-3.
- Brooke C., Clutterbuck B. Mapping heterogeneous buried archaeological features using multisensor data from unmanned aerial vehicles. *Remote Sensing*, Vol. 12(1), 41, 2020, pp. 1-31, DOI: 10.3390/rs12010041.
- Eppelbaum L.V. Remote operated vehicle geophysical survey using magnetic and VLF methods: proposed schemes for data processing and interpretation. *Proceed. of the 2008 SAGEEP Conference, Philadelphia, USA, Vol. 21, 2008, pp. 938-963, DOI: 10.4133/1.2963338.*
- Eppelbaum L.V. An advanced methodology for Remote Operation Vehicle magnetic survey to delineate buried targets. *Trans. of the 20th General Meeting of the Intern. Mineralogical Association, CH30G: Archaeometry (general session): Composition, technology, and provenance of archaeological artifacts, Budapest, Hungary, 2010, p. 103.*
- Eppelbaum L.V. Study of magnetic anomalies over archaeological targets in urban conditions. *Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 36, No. 16, 2011a, pp. 1318-1330, DOI: 10.1016/j.pce.2011.02.00.*
- Eppelbaum L.V. Interpretation of magnetic anomalies due to archaeological and environmental targets classified as “quasi thick bed bodies” in complex physical-geological environments. *Proceed. of the 2013 SAGEEP Conference, Denver, Colorado, USA, Vol. 26, No. 1, 2013, pp. 415-424, DOI: 10.4133/sageep2013-144.1.*
- Eppelbaum L.V. Geophysical observations at archaeological sites: Estimating informational content. *Archaeological Prospection, Vol. 21, No. 2, 2014a, pp. 25-38, DOI: 10.1002/arp.1468.*
- Eppelbaum L.V. Four color theorem and applied geophysics. *Applied Mathematics, Vol. 5, 2014b, pp. 358-366, DOI: 10.4236/am.2014.54062.*
- Eppelbaum L.V. Review of environmental and geological microgravity applications and feasibility of their implementation at archaeological sites in Israel. *International Jour. of Geophysics, Article ID 927080, 2011b, pp. 1-9, DOI: 10.1155/2011/927080.*
- Eppelbaum L.V. Quantitative interpretation of magnetic anomalies from thick bed, horizontal plate, and intermediate models under complex physical-geological environments in archaeological prospection. *Archaeological Prospecting, Vol. 23, No. 2, 2015a, pp. 255-268, DOI: 10.1002/arp.1511.*
- Eppelbaum L.V. Quantitative interpretation of magnetic anomalies from bodies approximated by thick bed models in complex environments. *Environmental Earth Sciences, Vol. 74, No. 7, 2015b, pp. 5971-5988, DOI: 10.1007/s12665-015-4622-1.*
- Eppelbaum L.V. Geophysical potential fields: geological and environmental applications. Elsevier. Amsterdam – N.Y., 2019, 467 p., DOI: 10.1088/978-0-7503-3635-2.
- Eppelbaum L.V. Theories of probability, information, and graphs in applied geophysics. In: *Prime archives in applied mathematics (K. Kyamakya, ed.), Vide Leaf. 2020, pp. 1-35, DOI: 10.37247/PAAM.1.2020.18.*

- Eppelbaum L.V., Alperovich L., Zheludev V., Pechersky A. Application of informational and wavelet approaches for integrated processing of geophysical data in complex environments. *Proceed. of the 2011 SAGEEP Conference, Charleston, South Carolina, USA, Vol. 24, 2011, pp. 24-60, DOI: 10.3997/2214-4609-pdb.247.201.*
- Eppelbaum L.V., Ezersky M.G., Al-Zoubi A.S., Goldshmidt V.I., Legchenko A. Study of the factors affecting the karst volume assessment in the Dead Sea sinkhole problem using microgravity field analysis and 3D modeling. *Advances in GeoSciences, Vol. 19, 2008, pp. 97-115, DOI: 10.5194/adgeo-19-97-2008.*
- Eppelbaum L.V., Katz Y.I. Key features of seismo-neotectonic pattern of the Eastern Mediterranean. *Proceedings of Azerb. Nation. Acad. Sci., the Sciences of Earth, No. 3, 2012, pp. 29-40.*
- Eppelbaum L.V., Khesin B.E. Geophysical studies in the Caucasus. Springer. Berlin - Heidelberg, 2012, 404 p., DOI: 10.1007/978-3-540-76619-3.
- Eppelbaum L.V., Khesin B.E., Itkis S.E. Prompt magnetic investigations of archaeological remains in areas of infrastructure development: Israeli experience. *Archaeological Prospection, Vol. 8, No. 3, 2001, pp.163-185, DOI: 10.1002/arp.167.*
- Eppelbaum L.V., Mishne A.R. Unmanned airborne magnetic and VLF investigations: effective geophysical methodology of the near future. *Positioning, Vol. 2, No. 3, 2011, pp. 112-133, DOI: 10.4236/pos.2011.23012.*
- Eppelbaum L.V., Zheludev V., Averbuch A. Diffusion maps as a powerful tool for integrated geophysical field analysis to detect hidden karst terranes. *Proceedings of Azerb. Nation. Acad. Sci., the Sciences of Earth, No. 1-2, 2014, pp. 36-46.*
- Ezersky M., Eppelbaum L., Al-Zoubi A., Keydar S., Medvidiev B., Akkawi E., Abueladas A.-R., Al-Ruzouq R. Geophysical prediction and following development sinkholes in two Dead Sea areas, Israel and Jordan. *Environmental Earth Sciences, Vol. 70, 2013, pp. 1463-1478, DOI: 10.1007/s12665-013-2233-2.*
- Ezersky M., Eppelbaum L.V., Legchenko A. Applied geophysics for karst and sinkhole investigations: the Dead Sea and other regions. *IOP (Institute of Physics Publishing). Bristol, UK, 2023, 639 p., DOI: 10.1088/978-0-7503-3635-2.*
- Ezersky M., Legchenko A., Camerlynck C., Al-Zoubi A., Eppelbaum L., Keydar S. The Dead Sea sinkhole hazards – new findings based on the multidisciplinary geophysical study. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues, Vol. 54, Supplementary Issue 2, 2010, pp. 69-90, DOI: 10.1127/0372-8854/2010/0054S2-0005.*
- Gadirov V., Eppelbaum L.V. Density-thermal dependence of sedimentary associations calls to reinterpreting detailed gravity surveys. *Annales Geophysicae, Vol. 58, No. 1, 2015, pp. 1-6, DOI: 10.4401/ag-6672.*
- Ivashov S., Bugaev A., Razevig V. The simplest assessment of the possibility of using microgravimeters to search for unknown voids inside the Khufu Pyramid. *Research Square, 2023, pp. 1-10, DOI: 10.21203/rs.3.rs-2731210/v1.*
- Eppelbaum L.V., Alperovich L., Zheludev V., Pechersky A. Application of informational and wavelet approaches for integrated processing of geophysical data in complex environments. *Proceed. of the 2011 SAGEEP Conference, Charleston, South Carolina, USA, Vol. 24, 2011, pp. 24-60, DOI: 10.3997/2214-4609-pdb.247.201.*
- Eppelbaum L.V., Ezersky M.G., Al-Zoubi A.S., Goldshmidt V.I., Legchenko A. Study of the factors affecting the karst volume assessment in the Dead Sea sinkhole problem using microgravity field analysis and 3D modeling. *Advances in GeoSciences, Vol. 19, 2008, pp. 97-115, DOI: 10.5194/adgeo-19-97-2008.*
- Eppelbaum L.V., Katz Y.I. Key features of seismo-neotectonic pattern of the Eastern Mediterranean. *Proceedings of Azerb. Nation. Acad. Sci., the Sciences of Earth, No. 3, 2012, pp. 29-40.*
- Eppelbaum L.V., Khesin B.E. Geophysical studies in the Caucasus. Springer. Berlin - Heidelberg, 2012, 404 p., DOI: 10.1007/978-3-540-76619-3.
- Eppelbaum L.V., Khesin B.E., Itkis S.E. Prompt magnetic investigations of archaeological remains in areas of infrastructure development: Israeli experience. *Archaeological Prospection, Vol. 8, No. 3, 2001, pp.163-185, DOI: 10.1002/arp.167.*
- Eppelbaum L.V., Mishne A.R. Unmanned airborne magnetic and VLF investigations: effective geophysical methodology of the near future. *Positioning, Vol. 2, No. 3, 2011, pp. 112-133, DOI: 10.4236/pos.2011.23012.*
- Eppelbaum L.V., Zheludev V., Averbuch A. Diffusion maps as a powerful tool for integrated geophysical field analysis to detect hidden karst terranes. *Proceedings of Azerb. Nation. Acad. Sci., the Sciences of Earth, No. 1-2, 2014, pp. 36-46.*
- Ezersky M., Eppelbaum L., Al-Zoubi A., Keydar S., Medvidiev B., Akkawi E., Abueladas A.-R., Al-Ruzouq R. Geophysical prediction and following development sinkholes in two Dead Sea areas, Israel and Jordan. *Environmental Earth Sciences, Vol. 70, 2013, pp. 1463-1478, DOI: 10.1007/s12665-013-2233-2.*
- Ezersky M., Eppelbaum L.V., Legchenko A. Applied geophysics for karst and sinkhole investigations: the Dead Sea and other regions. *IOP (Institute of Physics Publishing). Bristol, UK, 2023, 639 p., DOI: 10.1088/978-0-7503-3635-2.*
- Ezersky M., Legchenko A., Camerlynck C., Al-Zoubi A., Eppelbaum L., Keydar S. The Dead Sea sinkhole hazards – new findings based on the multidisciplinary geophysical study. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues, Vol. 54, Supplementary Issue 2, 2010, pp. 69-90, DOI: 10.1127/0372-8854/2010/0054S2-0005.*
- Gadirov V., Eppelbaum L.V. Density-thermal dependence of sedimentary associations calls to reinterpreting detailed gravity surveys. *Annales Geophysicae, Vol. 58, No. 1, 2015, pp. 1-6, DOI: 10.4401/ag-6672.*
- Ivashov S., Bugaev A., Razevig V. The simplest assessment of the possibility of using microgravimeters to search for unknown voids inside the Khufu Pyramid. *Research Square, 2023, pp. 1-10, DOI: 10.21203/rs.3.rs-2731210/v1.*

- Kaufmann G. Geophysical mapping of solution and collapse sinkholes. *Jour. of Applied Geophysics*, Vol. 111, 2014, pp. 271-288, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2014.10.011.
- Khesin B.E., Alexeyev V.V., Eppelbaum L.V. Interpretation of geophysical fields in complicated environments. Ser.: *Modern Approaches in Geophysics (MAGE, Vol. 14)*. Kluwer Acad. Publ. (Springer). Boston–Dordrecht–London, 1996, 368 p., DOI:10.1007/978-94-015-8613-9.
- Kolster M.E., Wigh M.D., da Silva E.L.S., Vilhelmsen T.B., Døssing A., High-speed magnetic surveying for unexploded ordnance using UAV systems. *Remote Sensing*, Vol. 14, No. 5, 2022, 1134, pp. 1-27, DOI: 10.3390/rs14051134.
- Paoletti V., Milano M., Baniamerian J., Fedi M. Magnetic field imaging of salt structures at Nordkapp Basin, Barents Sea. *Geophysical Research Letters*, Vol. 47, No. 18, 2020, pp. 1-12, DOI: 10.1029/2020gl089026.
- Rowe J.D., Prieto C. Aeromagnetic data helps define salt structure variations in the Gulf of Mexico. *Offshore*, 01.01.2002.
- Rybakov M., Rotstein Y., Shirman B., Al-Zoubi A. Cave detection near the Dead Sea – A micromagnetic feasibility study. *The Leading Edge*, June 2005, pp. 585-590, DOI: 10.1190/1.1946210.
- Sharma P.V. *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 1997, 475 p., DOI: 10.1017/CBO9781139171168.
- Silva Dias F.J.S., Barbosa F.C.F., Silva J.B.C. Adaptive learning 3D gravity inversion for salt-body imaging. *Geophysics*, 76, No. 3, 2011, pp. 149-157, DOI: 10.1190/1.3555078.
- Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. *Applied geophysics*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 1990, 792 p., DOI: 10.1017/CBO9781139167932.
- Wei X., Sun J., Sen M.K. Quantifying uncertainty of salt body shapes recovered from gravity data using trans-dimensional Markov chain Monte Carlo sampling. *Geophysical Jour. International*, Vol. 232, No. 3, 2023, pp. 1957-1978, DOI: 10.1093/gji/ggac430.
- Kaufmann G. Geophysical mapping of solution and collapse sinkholes. *Jour. of Applied Geophysics*, Vol. 111, 2014, pp. 271-288, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2014.10.011.
- Khesin B.E., Alexeyev V.V., Eppelbaum L.V. Interpretation of geophysical fields in complicated environments. Ser.: *Modern Approaches in Geophysics (MAGE, Vol. 14)*. Kluwer Acad. Publ. (Springer). Boston–Dordrecht–London, 1996, 368 p., DOI:10.1007/978-94-015-8613-9.
- Kolster M.E., Wigh M.D., da Silva E.L.S., Vilhelmsen T.B., Døssing A., High-speed magnetic surveying for unexploded ordnance using UAV systems. *Remote Sensing*, Vol. 14, No. 5, 2022, 1134, pp. 1-27, DOI: 10.3390/rs14051134.
- Paoletti V., Milano M., Baniamerian J., Fedi M. Magnetic field imaging of salt structures at Nordkapp Basin, Barents Sea. *Geophysical Research Letters*, Vol. 47, No. 18, 2020, pp. 1-12, DOI: 10.1029/2020gl089026.
- Rowe J.D., Prieto C. Aeromagnetic data helps define salt structure variations in the Gulf of Mexico. *Offshore*, 01.01.2002.
- Rybakov M., Rotstein Y., Shirman B., Al-Zoubi A. Cave detection near the Dead Sea – A micromagnetic feasibility study. *The Leading Edge*, June 2005, pp. 585-590, DOI: 10.1190/1.1946210.
- Sharma P.V. *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 1997, 475 p., DOI: 10.1017/CBO9781139171168.
- Silva Dias F.J.S., Barbosa F.C.F., Silva J.B.C. Adaptive learning 3D gravity inversion for salt-body imaging. *Geophysics*, 76, No. 3, 2011, pp. 149-157, DOI: 10.1190/1.3555078.
- Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. *Applied geophysics*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 1990, 792 p., DOI: 10.1017/CBO9781139167932.
- Wei X., Sun J., Sen M.K. Quantifying uncertainty of salt body shapes recovered from gravity data using trans-dimensional Markov chain Monte Carlo sampling. *Geophysical Jour. International*, Vol. 232, No. 3, 2023, pp. 1957-1978, DOI: 10.1093/gji/ggac430.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ГРАВИМАГНИТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОЛЯНЫХ ТЕЛ В СЛОЖНЫХ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Эппельбаум Л.В.^{1,2}

¹*Департамент геофизики, факультет точных наук, Тель-Авивский университет, Тель-Авив, Израиль
Тель-Авив, Рамат-Авив 6997801*

²*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан
AZ1010, Баку, просп. Азадлыг, 20: levap@tauex.tau.ac.il*

Резюме. Хорошо известно, что соляные тела являются обычно неблагоприятными объектами для применения гравитационных и магнитных методов. Это обусловлено главным образом незначительными различиями в плотности (соляные объекты плотностью 2100-2200 кг/м³ часто залегают в отложениях со схожей плотностью) и намагниченности (слои соли с намагниченностью около -10 мА/м, как правило, залегают в слабомагнитных средах), а также геолого-петрофизической изменчивостью изучаемого геологического разреза. Поэтому для обработки и интерпретации гравимагнитных данных необходимо использовать хорошо разработанные методологии из имеющегося богатого аналитического арсенала, начиная с удаления (уменьшения) различного рода помех и визуальной локализации объектов исследований и заканчивая разработкой трехмерных физико-геологических моделей (ФГМ). Хотя количественный анализ гравимагнитных аномалий от соляных объектов, залегающих обычно в виде тонких горизонтальных пластов, представляет собой сложную задачу, разработанная детальная методика интерпретации потенциальных аномалий (Эппельбаум, 2019) позволяет успешно решать эту проблему.

Комплексирование гравитационных и магнитных данных между собой и с другими геофизическими методами повышает надежность и точность геолого-геофизической интерпретации. Для комплексного трехмерного гравитационного моделирования применяется разработанное программное обеспечение GSFC, в котором геологические тела аппроксимируются трехмерными горизонтальными полигональными призмами. Применение ряда качественных и количественных методов интерпретации представлено в статье на модельных и полевых примерах. Помимо наземной съемки предлагается применять магнитную съемку с использованием беспилотных летательных аппаратов на малых высотах, что позволит не только оперативно оконтурить расположение соляных объектов, но и отследить появление карстовых подземных полостей, часто связанных с соляными объектами.

Ключевые слова: соляные тела, гравитация, магнетизм, количественный анализ, комплексная интерпретация

MÜRƏKKƏB FİZİKİ-GEOLJİ ŞƏRAİTDƏ MİQDARCA MÜƏYYƏNLƏŞDİRİLMİŞ DUZLU CİSİMLƏRİN QRAVİMAQNİT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN KOMPLEKS ANALİZİ

Eppelbaum L.V.^{1,2}

¹Tel-Əviv Universitetinin dəqiq elmlər fakültəsi, geofizika, İsrail
Tel-Aviv, Ramat-Aviv 6997801

²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan
AZ1010, Bakı, Azadlıq pr., 20: levap@tauex.tau.ac.il

Xülasə. Məlumdur ki, duzlu cisimlər qravitasiya və maqnit metodlarının tətbiqi üçün adətən əlverişsiz obyektlər hesab olunur. Bu, əsasən, öyrənilən geoloji kəsilişin sıxlıq (2100-2200 kq/m³ sıxlığı olan duzlu obyektlər tez-tez oxşar sıxlığa malik çöküntülərdə yerləşirlər) və maqnitləşməsində (maqnitləşmiş duz layları (təxminən -10mA/m), adətən, zəif maqnitləşmiş mühitdə yerləşir) olan cüzi fərqlə həmçinin geoloji-petrofiziki dəyişiklər ilə əlaqədardır.

Buna görə də qravimaqnit göstəricilərin işlənməsi və interpretasiyası üçün müxtəlif növ maneələr və obyektlərin vizual lokallaşdırmasının aradan qaldırılması (azaldırılması) ilə başlayan və ətraf mühitin üçölçülü fiziki-geoloji modellərinin hazırlanması ilə tamamlanan mövcud zəngin analitik arsenalın yaxşı işlənmiş metodologiyasından istifadə etmək lazımdır.

Adətən nazik horizontal təbəqələr şəklində yerləşən duz obyektlərindən qravimaqnit anomaliaların kəmiyyətcə xeyli çox olan analizi çətin məsələ olsa da, müşahidə olunan potensial anomaliaların (Eppelbaum, 2009) interpretasiyasının təkmilləşdirilmiş ətraflı metodologiyası bu problemin uğurlu həllinə imkan verir. Qravitasiya və maqnit göstəricilərin bir-biri ilə və digər geofiziki metodlarla kompleksləşməsi geoloji-geofiziki interpretasiyanın etibarliliğini və dəqiqliyini artırır. Üçölçülü qravimaqnit kompleks modelləşdirilmə üçün horizontal poliqonal prizma ilə əvəz olunan geoloji cisimlərə təkmilləşdirilmiş GSFC proqramı tətbiq olunur. Interpretasiyanın bir sıra keyfiyyət və kəmiyyət metodlarının tətbiq edilməsi məqalədə model və sahə nümunələri ilə göstərilib. Yerüstü çəkilişlərdən başqa kiçik hündürlüklərdə pilotsuz maqnit çəkilişlər aparmaq da təklif olunur bu da duz obyektlərin yerləşməsini nəinki operativ konturlaşdırmağa həmçinin duz obyektləriylə tez-tez bağlı olan karst yeraltı boşluqların yaranmasını izləməyə imkan verir.

Açar sözlər: duz cisimləri, qravitasiya, maqnetizm, kəmiyyət analizi, kompleks ekspertiza

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВОЛНООТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ОТ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО К СРЕДНЕ-КАСПИЙСКОМУ БАССЕЙНУ

Абдулла-заде М.Ч.^{1,2}, Намазлы Н.Е.²

¹Азербайджанский Государственный Университет нефти и промышленности, Азербайджан

AZ1010, Баку, просп. Азадлыг, 34: murad.abdullazade@asoiu.edu.az

²Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт геологии и геофизики, Азербайджан

AZ1073, Баку, просп. Г.Джавида, 119: nurlannamazli@outlook.com

SEISMOGEOLOGICAL INTERPRETATION OF THE WAVE-REFLECTING HORIZONS OF THE EASTERN SIDE OF THE TRANSITION ZONE FROM THE SOUTH CASPIAN TO THE MIDDLE CASPIAN BASIN

Abdulla-zade M.Ch.^{1,2}, Namazli N.E.²

¹Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan

34, Azadliq Ave., Baku, AZ1010: murad.abdullazade@asoiu.edu.az

²Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geology and Geophysics, Azerbaijan
119, H.Javid ave., Baku, AZ1143: nurlannamazli@outlook.com

Summary. The attractiveness of the shelf sedimentary basins of the Caspian Sea region, and, firstly, the most accessible of them - the active margin of the Scythian-Turanian platform, is associated with the improvement and detailing of the existing models of the geological structure and history of development of the region. The purpose of the presented work was to create geological models of the structure and restore the evolution of sedimentary basins of the transitional part of the Middle Caspian and South Caspian basins based on the accumulated data of drilling and seismic exploration in the water areas and geological survey in the adjacent land areas. The article reflects the information content of seismic sections across different parts of the region, which exhibit varying seismogeological conditions. The clarification of wave-formed objects, determined by objective seismic parameters such as the configuration and relative positioning of reflections, their continuity, as well as the amplitude and frequency of seismic waves, served as the foundation for conducting seismic stratigraphic analysis of the wave field. Based on an analysis of these conditions, the authors have clarified and defined four distinct seismic horizons: SH-A, SH-I, SH-II, and SH-III different parts of the region, each characterized by unique seismogeological conditions. These seismic horizons were delineated according to reflection dynamic expressiveness, length, and the resolution. The article highlights that the tracking quality of these horizons varies significantly. Schematic structural maps compiled from these analyses illustrate the geological structure of the Red-colored strata and Akchagyl sediments, and effectively correlate their structural plans.

Keywords: *The South Caspian basin, The Middle Caspian basin, Absheron-Prebalkhan threshold, Red-colored strata, seismostratigraphic analysis, horizon, seismic reflections, interpretation*

© 2024 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Зона сочленения Южно-Каспийского (ЮКБ) и Средне-Каспийского бассейнов (СКБ) как главная нефтегазогенерирующая составляющая региона является объектом исследований уже более десятков лет. ЮКБ, в котором развита Абшероно-Прибалханская тектоническая зона, возник и эволюциони-

рует в пределах Альпийского-Гималайского подвижного пояса. Осадочное выполнение ЮКБ местами остается относительно недеформированным по сравнению с соседними Кавказской, Копетдагской и Эльбурской складчато-надвиговыми комплексами (рис. 1) (Мамедов, Рагимханов, 1985).

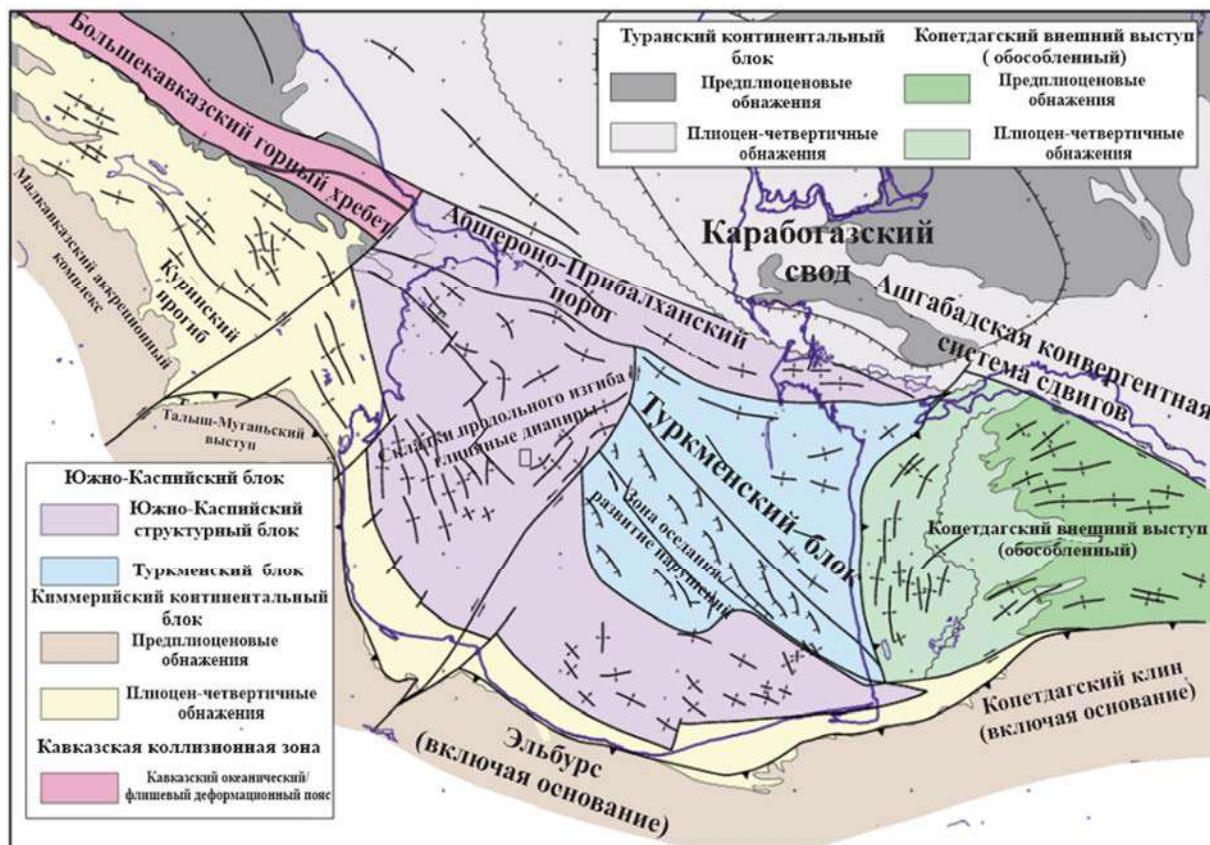


Рис. 1. Структурные элементы Южно-Каспийского бассейна и прилегающих областей (модифицировано с Philip et al., 1989; Berberian and King, 1981; Adamia et al., 1977; Nalivkin, 1968; Huber, 1978 с дополнениями)

Разрез осадочной толщи переходной зоны характеризуется наличием резко выраженных по протяжённости синфазно коррелируемых отражений, которые позволяют маркировать опорные горизонты (динамически наиболее резко выраженные, но рассеянные), имеющие достаточно большую протяжённость – до многих сотен километров (Абдулла-заде, 2021).

Однако в разрезе последнего также доминируют нерегулярные (т.е. слабые прерывистые, хаотические, штриховые и др.) отражения. Сейсмостратиграфическая интерпретация волнового поля по характеру проявления отраженных волн на временных разрезах является мощным инструментом для установления генезиса геодинамических процессов и условий осадконакопления (Кунин, Кучерук, 1984; Кунин, 1990).

Постановка проблемы. За последние 10 лет произошел резкий скачок в поисково-разведочных работах на углеводороды в глубоководных частях акваторий, что обусловлено главным образом с рисками, которые связаны с ценами горючего полезного ископаемого на

Мировом рынке (Bell et al., 2005; Joye, 2015; Reader and O'Connor, 2014; Skogdalen and Vinnem, 2012). В связи с этим считается крайне важным, целенаправленное проведение работ глубокого бурения, в местах, где локализируются нефтегазоперспективные объекты, имеющие достаточную рентабельность на эксплуатацию. Ввиду этого, прикладной задачей является приобретение качественного сейсмического материала и грамотное истолкование сейсмической записи в нём, что имеет большое практическое значение для выбора направлений и методики геологоразведочных работ на нефть и газ. Основным условием максимальной достоверности геологической информации является комплексность работ и интерпретации этих материалов.

Сейсмостратиграфический анализ основывается на положении о том, что сейсмические отражения следуют за поверхностями осадконакопления и эрозионными несогласиями (Vail et al., 1977), поэтому имеют хроностратиграфическую значимость. На основании обобщения материалов сейсмостратигра-

фического анализа предполагается, что ансамбли осей синфазности отражённых волн характеризуют сечения седиментационных тел и позволяют оценить их стереоформы (“рисунок сейсмической записи”).

Диагенетические процессы в осадочных системах значительно изменяют поровое пространство и минералогию первичных отложений, тем самым влияя на их акустические свойства (Eberli et al., 2003). Таким образом, оказывается необходимым тщательное изучение парагенетической связи отражений в целях аргументирования основного положения сейсмостратиграфического метода априори любой седиментологической и стратиграфической интерпретации сейсмических данных.

Исследовательские вопросы. Абшероно-Прибалханская тектоническая зона, называемая Абшероно-Прибалханским порогом, является предметом изучения многих исследователей на протяжении почти ста лет. Эта область представляет наибольший интерес, поскольку расположена между двумя известными нефтегазоносными районами Абшерона и Челекена.

Хорошо известно, что для верного определения зоны нефтегазогенерации необходимо выяснить механизм формирования Абшероно-Прибалханского порога в частности, ЮКБ в целом. До 70-ых годов прошлого столетия преобладали преимущественно фиксистские взгляды относительно решения указанной проблемы. Однако появление новой мобилистской концепции дало возможность рассмотреть эту проблему с новых позиций.

До настоящего времени нет единого мнения о геодинамической обстановке, времени и механизме заложения, а также нефтегазоносности ЮКБ. Для решения этих проблем с позиций тектоники литосферных плит (ТЛП) ранее было проделано большое количество геолого-геофизических работ, выполненных как в пределах мегабассейна, так и в окаймляющих ее горно-складчатых сооружениях центрального сегмента Альпийско-Гималайского подвижного пояса, в результате чего были разработаны различные схемы геодинамических и геотектонических моделей (В.П.Рентгартен, О.Г.Сорохтин, В.Е.Хаин, Е.Е.Милановский, Л.П.Зоненшайн, М.Г.Ломизе, Э.Н.Халилов, П.З.Мамедов и др.).

Изучение геологического строения Абшеронского порога было начато ещё классиками русской и советской геологии Г.В.Абихом, А.Ф.Карпинским, А.Д.Архангельским, Н.И.Андрусовым и другими. Систематическое изучение геологического строения площади работ осуществлялось всеми видами геофизических исследований, а также поисковым и глубоким разведочным бурением (разведочное бурение на морских площадях региона проводится с 40-ых годов).

Абшероно-Прибалханский порог, являющийся составной частью Средиземноморско-Альпийского пояса, развитый в зоне конвергенции ЮКБ и СКБ, характеризуется своеобразной, тонкой консолидированной корой (6-8 км) и утолщенным осадочным чехлом, которая построена на тектонически-мозаичном геологическом фундаменте (Мамедов, 1983). Осадочная толща региона, залегающая на доюрском фундаменте, представлена мезозойским и кайнозойским структурно-литологическими этажами мощностью в 25-32 км. Последний включает в себя палеоген-миоценовый и плиоцен четвертичный структурно-фациальные комплексы (Ализаде и др., 2018; Абдулла-заде и др., 2021).

Абшероно-Прибалханский порог морфологически разделен на 2 антиклинальных пояса. Первый на западе включает в себя Тенги-Бешбармакскую и Гермианскую мега-антиклинали, и, простираясь к востоку, примыкает к Челекенской группе поднятий (структуры: Гюняшли, Чираг, Азери, Кяпяз, Магтумгулу, Диярбекир, Туркменабад, Челекен гумма и т.д.). Второй антиклинальный пояс на западе берет начало с Гядису-Нардаранской мегаантиклинали и простирается в близширотном направлении (структуры: Нардаран-дяниз, Хали, Чиров, Ази Асланов, Палчыг Пильпиляси, Нефт Дашлары, Огуз, Джейтун). Алтыгач-Кюкречидагская и Аладаш-Юнусдагская мегаантиклинали, протягиваясь с запада на восток в близширотном направлении, как складчатая гряда образуют третий антиклинальный пояс. К этому поясу наряду с западными локальными структурами, расположенными в северной части Абшеронского полуострова, относятся структуры Гюргян-дяниз, Джануб и др.

Стратиграфический диапазон осадочных образований по всему разрезу Абшероно-Прибалханского порога представлен отложениями мезо-кайнозойского возраста (Мирчинк, 1933). Следует отметить, что ввиду того, что изучаемый регион входит в зону интересов двух энергетических держав, имеются расхождения в наименованиях стратиграфических единиц.

В осадочном чехле АПП мезозойская группа представлена юрскими и меловыми отложениями, которые литологически выражены аспидными сланцами с пачками песчаников, алевролитов и известняков (J) и чередованием серых, зеленовато-серых глин, мергелей, с утонченными прослоями тонкозернистого песка с включениями известковых веществ (K).

Кайнозойская же группа, включает в себя палеогеновые, неогеновые и четвертичные осадки.

Палеогеновая система представлена тремя отделами: палеоценом, эоценом и майкопской свитой (олигоцен-нижний миоцен). Литологический состав сложен преимущественно глинистыми литофациями, чередованием глин и алевролитов, прослоями плотных песчаников и песков и, местами, мергельными и мергельными глинами.

Неогеновая система представлена двумя отделами: миоценовым и плиоценовым отложениями. Отложения миоцена литологически выражены главным образом глинистыми литофациями, серыми мергельными (тарханский горизонт), пачкой слоистых глин с редкими прослоями бурых доломитов, крепких мергелей (чокракский горизонт), глинами с прослоями плотных доломитов, вулканического пепла (верхний миоцен).

Плиоцен (нижний и верхний) широко развит в акватории Абшеронского порога. Отложения нижнего плиоцена, с которыми связаны крупные месторождения Азербайджана и Туркмении, повсеместно распространены по всей исследуемой площади. Здесь они вскрыты многочисленными скважинами и изучены на ту или иную мощность почти на всех структурах АПП. Отложения нижнего плиоцена в азербайджанской части акватории представлены Продуктивной толщей (ПТ),

его аналогами (временным и фаціальным) в туркменской части Каспия являются отложения Красноцветной толщи (КТ) (рис. 2).

Как известно из литературы, ПТ подразделяется на верхний и нижний отделы.

В отложениях нижнего отдела ПТ выделяется 5 свит (Калинская - КаС, Подкирмакинская - ПК, Кирмакинская - КС, Надкирмакинская - НКП, Надкирмакинская глинистая - НКГ).

КаС. Почти во всех районах ареала распространения она сложена песчанисто-глинистыми фациями. Содержание песков в КаС возрастает к юго-востоку от Абшеронского полуострова.

ПК. Распространена более широко, чем подстилающая ее КаС. Представлена мощной толщей разнозернистых кварцевых песков с редкими прослоями плотных серых глин.

КС. Довольно мощная, выдержанная по своему литологическому составу и мощности, представляет собой серию тонкого песчано-глинистого чередования.

НКП. Развита повсеместно в пределах АПП. Сложена толщей средне- и крупнозернистых кварцевых песчаников, и песков с тонкими прослоями глин. Отложения НКП свиты почти на 90% состоят из песчаных пород.

НКГ. Представляет собой чередование черных и бурых глин с включениями песка – и тонко- и мелкозернистого, встречаются также прослои плотных песчаников. К востоку АПП количество песчаных прослоев увеличивается.

Верхний отдел ПТ представлен свитой «перерыва», балаханской, сабунчинской и сураханской свитами, выражен песчанисто-глинистым чередованием.

Отложения нижнего плиоцена в пределах туркменского шельфа представлены двумя отделами: нижним (ПКТ) и верхним (КТ). Литологически ПКТ представлены песчанисто-глинистыми отложениями. Наблюдается общая тенденция к уменьшению мощности отложений ПКТ с запада на восток. Отложения же КТ, повсеместно развиты в юго-восточном Каспии и его прибортовом окаймлении. Сложена чередованием песчано-алевролитовых и глинистых пород с различными окрасами.

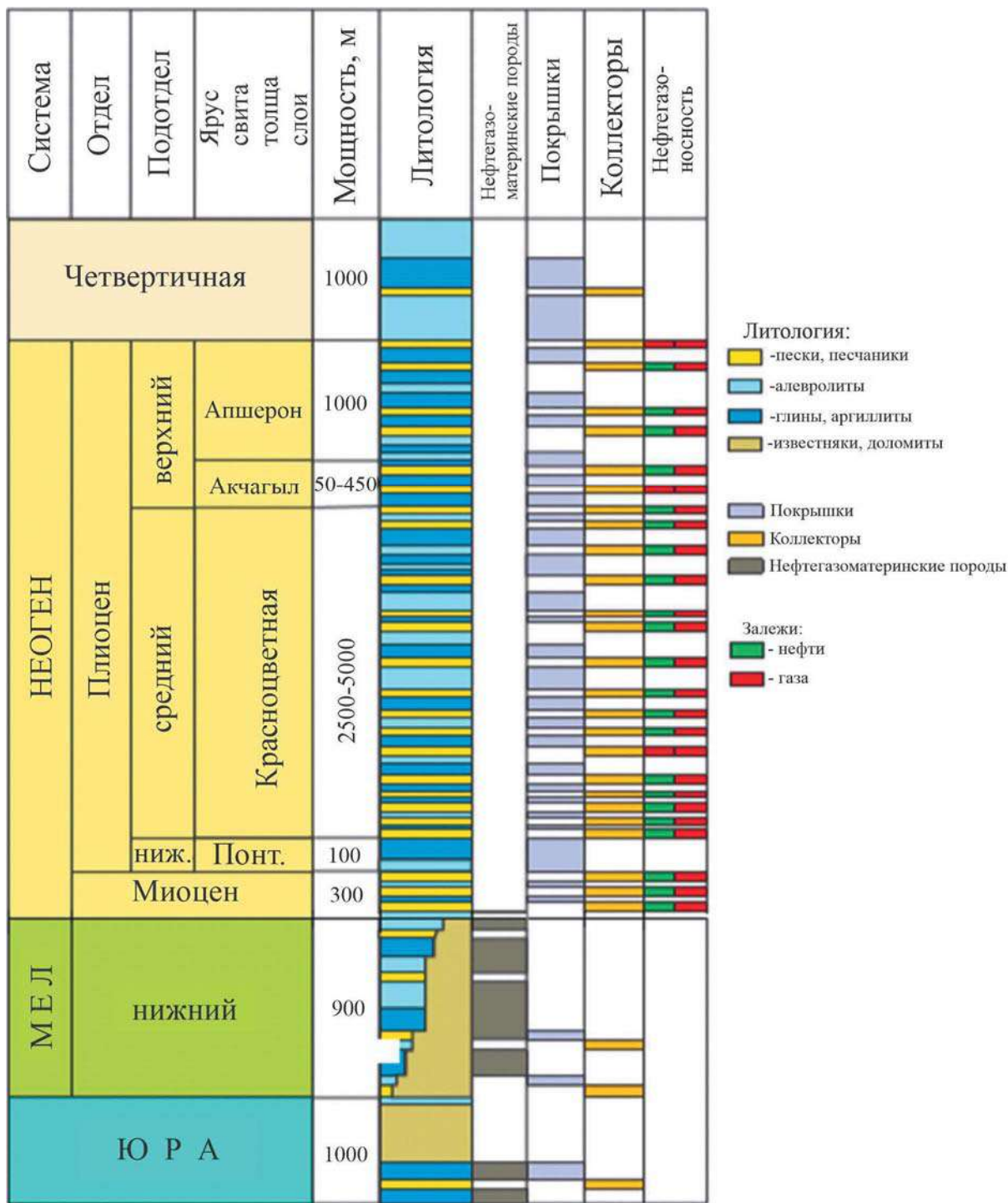


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна (Серикова и др., 2022)

Верхний плиоцен повсеместно представлен акчагыльским ярусом, литологически выраженным чередованием песчаных и глинистых отложений (серых, буровато- и зеленовато-серых глин) с включениями вулканического пепла.

Четвертичная система также представлена двумя отделами: плейстоценом и голоценом. Литологически выражена песчанисто-

ракушечными породами и плотными известняками (Абшеронский ярус), песками, глинами и редкими прослоями вулканического пепла. Ниже, на рисунке 3, приведён сводный корреляционный разрез вдоль площади исследований, визуальнo иллюстрирующий ареал распространения кайнозойской группы отложений в пределах линии (I-I') профиля (рис. 3).

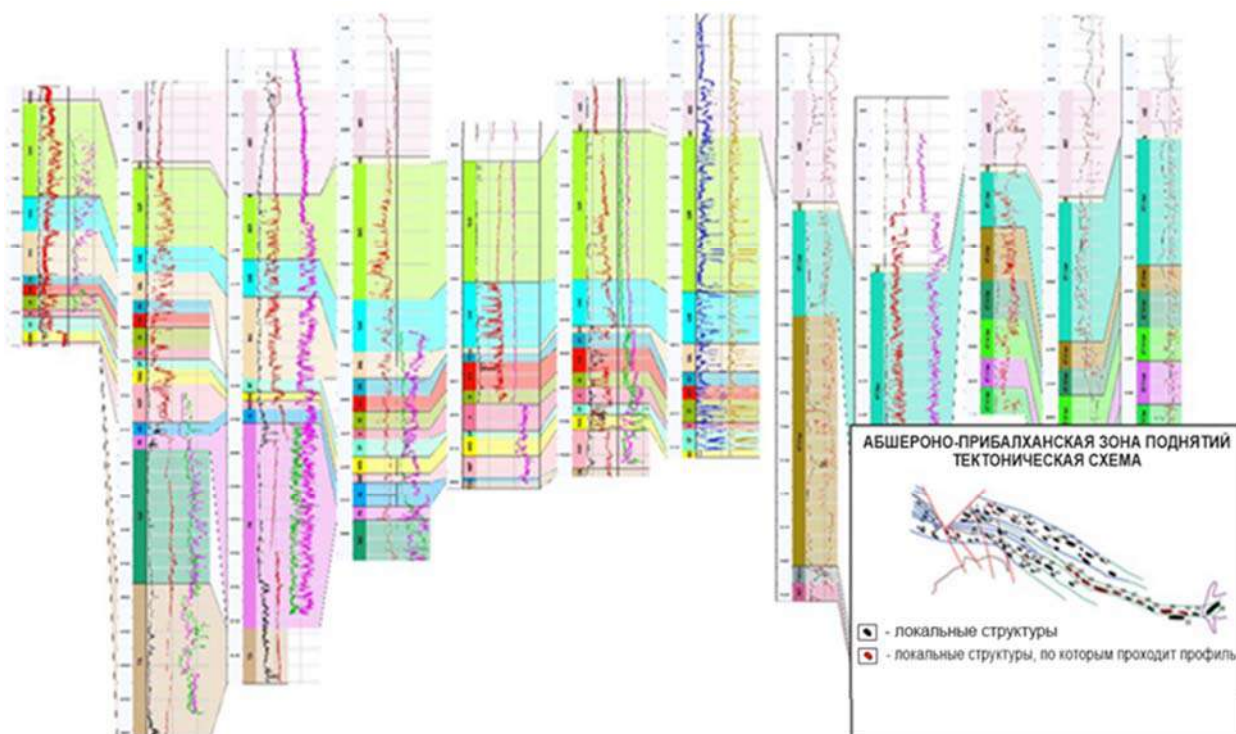


Рис. 3. Сводная корреляционная схема по линии (I-I')

Цель исследования. Уточнение на основе геофизических (сейсмических) материалов особенностей геологического развития и тектоники территории, как важнейших факторов оценки перспективности недр на нефть и газ, тектонических регионов и комплексов осадочного чехла.

Методика интерпретации сейсмических материалов. Информативность временных разрезов. Площадь исследований отличается весьма сложными сейсмогеологическими условиями (дизъюнктивная складчатость, грязевой вулканизм), что, в свою очередь обуславливает сложный характер волнового поля. Изменение характера волнового поля по площади и с глубиной также связано, по-видимому, с глубинными условиями – структурными и литолого-фациальными.

В восточной части площади (структуры: Достлуг, Машрыкова, Магтымгулу и др.) волновая картина отображает выклинивание слоев в Абшероне, согласное залегание в КТ с увеличивающимися углами падения с глубиной, и в основном согласное залегание отражающих горизонтов в подстилающих КТ отложениях.

Временные разрезы по волновой картине здесь можно условно разделить на три временных интервала:

1. В интервале 0-3.0 сек. фиксируются протяжённые, динамически выраженные 2х-3х фазные оси синфазности с низкочастотной записью;

2. В интервале 3-5.5 сек. прослеживаются также чёткие протяженные динамически выраженные отражения с более высокочастотной записью;

3. Ниже интервала 5 сек., как правило, регистрируются протяженные мало интенсивные оси синфазности.

В основном, по всей площади исследования, протяженные динамически выраженные оси синфазности фиксируются на крыльевых и синклинальных частях складок (рис. 4). По мере продвижения к сводовым частям структур информативность сейсмической картины значительно искажается, ухудшается выразительность и временная разрешенность записи, наблюдается сложная интерференционная запись. На временных разрезах, полученных в центральной и восточной частях АПП наряду с динамически выраженными сейсмическими отражениями, выделяются в большом количестве слабые отражения. Эти отра-

жения отображают смену акустической жесткости и связаны с возрастными напластованиями разреза.

В тонкослоистом терригенном разрезе почти все динамически выраженные отражения носят интерференционный характер, поскольку они отражены от тонкослоистых пачек конечной мощности со слоями с близкими литологическими особенностями (т.е. акустическими жесткостями (АЖ)). Высоко-частотные компоненты сейсмического сигнала быстро затухают, но низкочастотные пронизывают все более глубокие части разреза и дают информацию о глубокозалегающих границах. Отражения, связанные с тонкослоистыми пачками, несут полезную геологическую информацию. Амплитуды суммарного отражения пропорциональны разностям АЖ на контакте двух сред. При плавном растянутом градиенте АЖ отражения могут не возникнуть или появиться в ослабленном виде. Наоборот, от резко сжатой пачки градиент АЖ будет способствовать созданию сильного отражения. Характер перепада АЖ в осадочном чехле заложен в природе седиментации, если разрез состоит из почти прозрачных интервалов и динамически выраженных интервалов. Прозрачные интервалы соответствуют глубинам слабодифференцированного седиментогенеза, где изменения АЖ происходят плавно, где отсутствуют резкие границы. Следовательно, возрастные последовательные напластования являются главным параметром возникновения отражений. В тонкослоистых разрезах амплитуда прослеживаемых фаз является суммарной от каждой границы. При высоком темпе осадконакопления, т.е. в высокоэнергетической обстановке, возникает с максимальной или менее компактной текстурой и структурной упаковкой (рис. 4). К ним обычно приурочиваются динамически слабо выраженные отражения.

В сейсмически активных складчатых зонах, а именно на Абшероно-Прибалханском пороге, неровности и изгибы поверхностей, а также разрывы флюидонасыщенных участков способствуют рассеиванию и поглощению энергии упругих колебаний, что приводит к ухудшению прослеживаемости осей синфазности.

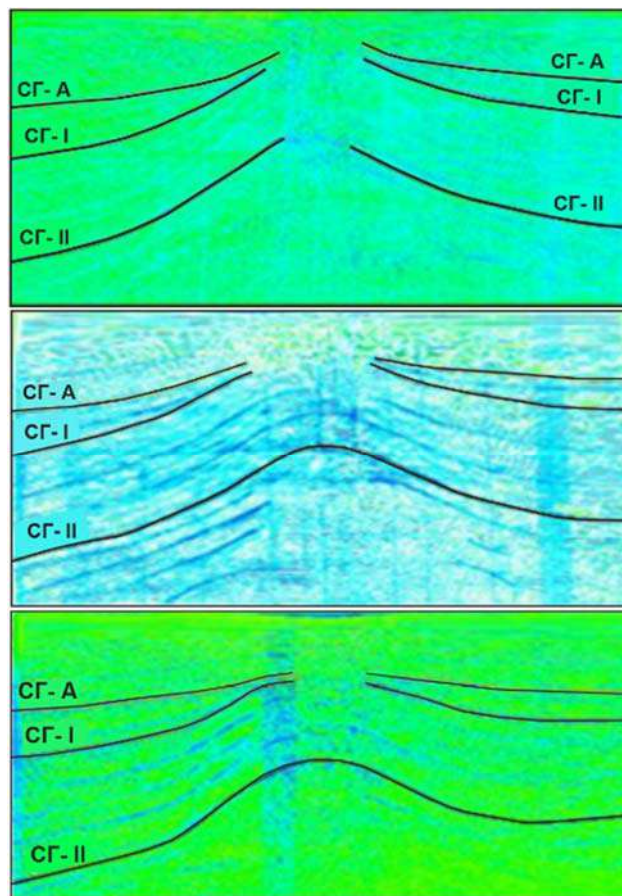


Рис. 4. Временные сейсмические разрезы по структурам восточной части АПП

Изменение качества сейсмического материала также меняется по мере увеличения глубины исследования. С увеличением глубины материал усложняется, уменьшается количество отражений, протяженность отражающих границ нарушается.

Как указывалось выше, сложное глубинное строение: дизъюнктивные нарушения, крутые углы падения крыльев, литолого-фациальные особенности разреза – все эти факторы предопределяют формирование сложного волнового поля.

Таким образом, в целом по рассматриваемой площади наблюдается ухудшение сейсмического материала с СЗ на ЮВ от структуры Достлуг до Причелекенской зоны.

Исходя из динамической выразительности, протяженности и разрешенности записи, автором прослежены четыре сейсмических горизонта: СГ-А (акчагыл), СГ-І (верхи КТ), СГ-ІІ (VIII горизонт) и СГ-ІІІ (низы КТ). Качество прослеживания указанных горизонтов неодинаковое.

СГ-А – коррелируется по динамически выраженным протяженным осям синфазности во временах 1.3-2 сек. На сводах структур по всей площади исследования и в зонах выклинивания СГ-А не прослеживается. Запись осложнена интерференцией, искривлением осей синфазности, дифрагированными волнами.

СГ-I – отличается динамичностью, протяженностью. Время регистрации – 2-2.7 сек. В присводовых частях складок прослеживание СГ-I осложняется интерференцией, что является следствием выклинивания отложений в Абшероне.

СГ-II – в КТ отложениях горизонт теряет свою интенсивность и коррелируется менее уверенно.

СГ-III – прослеживаемость его менее уверенная, чем первых горизонтов. На крыльях участка СГ-III осложнен интерференцией, наложением волн, приходящих с разными увеличивающимися с глубиной наклонами осей синфазности.

По этим горизонтам проведены структурные построения в масштабе 1:100 000, с сечением изолиний 100 м. Для составления сводных структурных карт были привлечены данные детальных и поисковых сейсмических работ, а также данные глубокого бурения. Ввиду того, что большую часть профилей можно считать ортогональными, построение структурных карт проводилось в изовертикалях.

Результаты исследований. Результаты проведенных исследований показали, что структуры входящие в состав каждой антиклинальной линии АПП представляют собой брахилинейные антиклинали с крутыми юго-западными и пологими северо-восточными крыльями, что объясняется, по-видимому, тем, что их юго-западные крылья обращены в сторону Южно-Каспийской впадины, испытавшей в плиоцен-антропогенное время наиболее сильное прогибание, а Артемо-Келькорский прогиб, в сторону которого обращены северо-восточные крылья складок, столь сильного прогибания не испытал.

На структурных построениях, выполненных по верхам и низам КТ (рис. 5), Артемо-Келькорский прогиб отображается в виде

нескольких синклиналей. Синклинали осложнены мульдами и вверх по разрезу КТ несколько выполаживаются. СВ борт Артемо-Келькорского прогиба положе ЮЗ, и углы наклона слоев соответственно составляют 7-90, 12-140 и с глубиной увеличиваются до 16-180 и 24-280.

На всех структурных построениях СВ борт Артемо-Келькорского прогиба воздымается в направлении Кубадагского выступа.

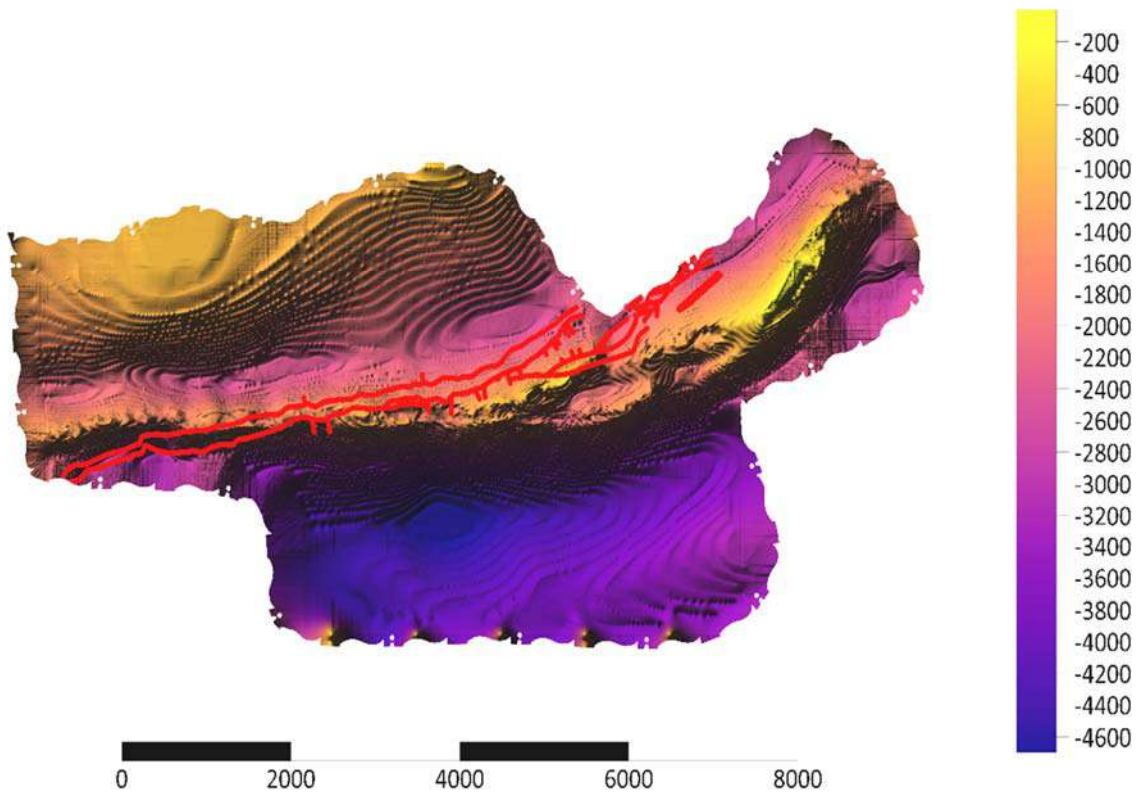
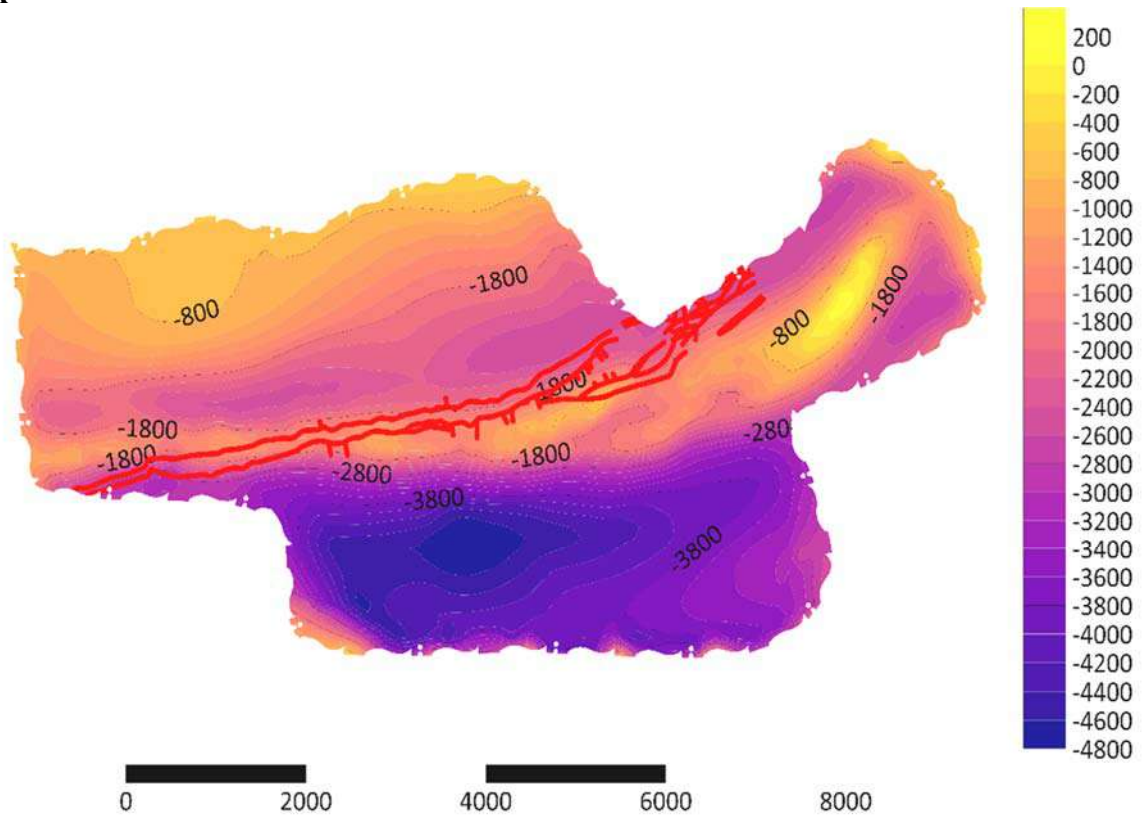
Кроме описанных выше структурных карт с использованием сейсмических профилей, покрывающих всю площадь исследования, была построена карта равных мощностей между сейсмическими СГ-I и СГ-II, характеризующая распределение мощностей отложений КТ в АПП (рис. 6). Анализ построенной карты показал, что мощности КТ в этом районе варьируют в достаточно широких пределах от 1000 м на севере района до 4250 м на юге.

Известно, что простираение складок, как правило, соответствует простираению изолиний мощностей осадков, синхронных времен их роста, что дает дополнительный критерий для определения возраста складок (Пишнамазов, 1982).

Наблюдая подобную картину в описываемой зоне и принимая во внимание этот критерий, можно подытожить, что рост складок АПП продолжался в нижнеплиоценовое время одновременно с осадконакоплением. Об этом свидетельствует и увеличение мощностей от сводов к крыльям поднятий. Причем наибольшая мощность КТ 4000-4250 м наблюдается на ЮЗ крыльях поднятий, что объясняется тем, что эти крылья переходят в северный борт Южно-Каспийской впадины, претерпевшей в нижнеплиоценовое время длительное погружение.

СВ крылья поднятий описываемой антиклинальной зоны переходят в борт Артемо-Келькорской синклинали, выполненной красноцветными отложениями, мощность которых достигает 4000 м. К СВ от Артемо-Келькорской синклинали мощность красноцветных отложений сокращается (до 1000 м), постепенно выклиниваясь в направлении Скифско-Туранской платформы.

A



Б

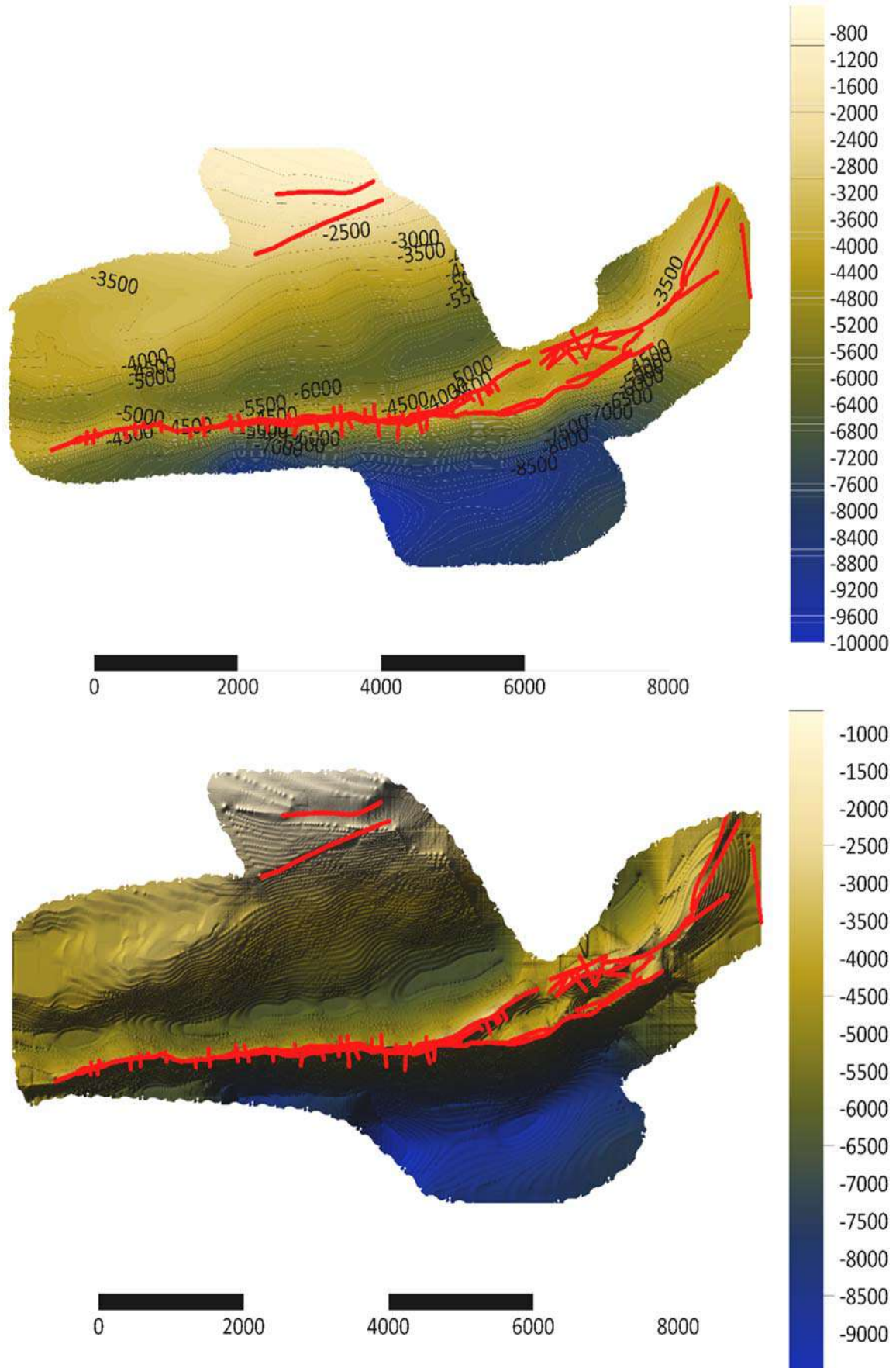


Рис. 5. Сводные структурные карты по сейсмическим горизонтам СГ-I (А) и СГ- II (Б), их представление в 2D и рельефной форме

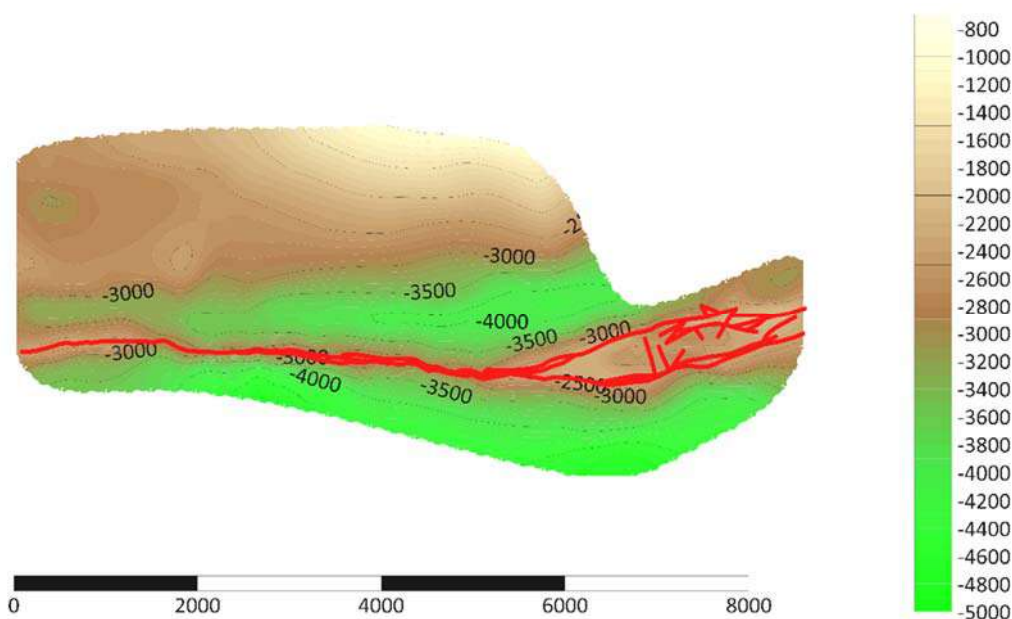


Рис. 6. Карта равных мощностей между сейсмическими горизонтами СГ-I и СГ-II, ее представление в 2D, 3D и рельефной форме

Помимо вышеуказанных структурных построений, в статье представлены геолого-геофизические профили, дающие дополнительную информацию о тектонике площади исследований (рис. 7).

Вся площадь исследования, наряду с сейморазведочными работами, покрыта полудетальной гравиметрической съемкой, а отдельные участки площади охвачены работами по гидрогазосъемке (Залова, Багдасарова, 1982; Насруев, Рзаев, 1982).

Сопоставляя результаты сейморазведочных исследований с данными гравиметрических работ, можно отметить подчиненный характер зарождения и развития плиоценовых структур. Предполагается, что образование структур по КТ в определенной степени связано с более древними структурными и тектоническими осложнениями.

Согласно Заловой (Залова, Багдасарова, 1982), плиоценовым структурам локальные максимумы соответствуют в районах, где предполагается наличие приподнятого блока по палеоген-мезозою, т.е. в районах локальных максимумов Магтымгулы и Диярбекир.

Таким образом, становится очевидным, что отражение плиоценовых структур в локальном поле носит подчиненный характер относительно влияния мезозоя. Вариация гипсометрического уровня структур Магтымгулы, Диярбекир и Гарагель-дениз по кровле

и низам КТ согласуется с блоковым строением, т.е. где намечается приподнятый блок, там выше гипсометрический уровень и наоборот.

Выявленные в результате гидрогазосъемки аномалии концентраций УВ в морской воде приурочиваются в основном к зоне поднятий. Учитывая значительную нарушенность поднятий, формирование газовых аномалий под ними можно связать с выходом УВ по нарушениям на поверхность.

Выводы

В результате обобщения материалов сейморазведки МОВ-ОГТ и бурения были построены сводные структурные карты по единым сейсмическим горизонтам СГ-A, СГ-I, СГ-II и СГ-III для восточной части Абшероно-Прибалханской тектонической зоны в масштабе 1:100 000. Отмечено несоответствие структурных планов разновозрастных комплексов отложений, а также выявлена закономерность в смещении сводов структур с глубиной на юго-восток. Построена карта распределения мощностей красноцветных отложений по площади исследования, где наибольшая мощность отложений КТ приурочена к северной части зоны. Построен субширотный геолого-геофизический профиль вдоль АПП, отображающий дополнительные черты тектонического строения исследуемой площади.

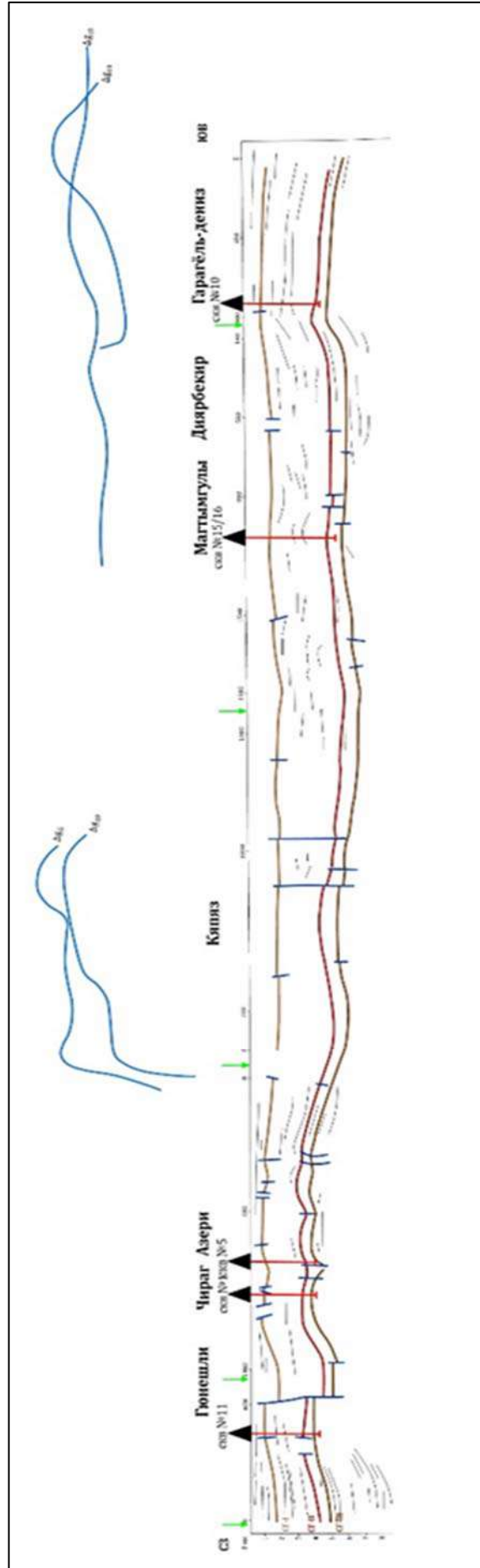


Рис. 7. Субширотный геолого-геофизический профиль вдоль АПП

ЛИТЕРАТУРА

- Абдулла-заде М.Ч. Основные геодинамические процессы в эволюции Южно-Каспийского Бассейна. Научные труды НИИ “Геотехнологические проблемы нефти и газа и химия”, Баку, 2021, с. 362-367.
- Абдулла-заде М.Ч., Вахаблы Н.Ф. Петрофациальный анализ осадочных комплексов нижнего отдела Продуктивной толщи Абшероно-Прибалханской зоны поднятий на основе геофизических и ядерных исследований. Журнал “Геолог Азербайджана”, 2021, No. 25, с. 112-117.
- Ализаде А.А., Гулиев И.С., Мамедов П.З., Алиева Э.Г., Фейзуллаев А.А., Гусейнов Д.А. Продуктивная толща Азербайджана. Издательство “Недра”. Москва, Т. 1, 2018, 305 с.
- Залова С.М., Багдасарова Л.Т. Отчет о комплексных геофизических работах (МОВ-ОГТ, гидрогазосъемка) на площади Ливаново-зап-б. Лам на акватории Каспийского моря в 1982 году (объект 5/82), Фонды треста КМНГР, 1982.
- Кунин Н.Я. Теоретические основы сейсмостратиграфического анализа. В: Сейсмостратиграфические исследования в СССР. Наука. 1990, с. 32-44.
- Кунин Н.Я., Кучерук Е.В. Сейсмостратиграфия в решении проблем поиска и разведки месторождений нефти и газа. Итоги науки и техники. Т. 13, 1984, 195 с.
- Мамедов П.З. Некоторые результаты сейсмостратиграфической интерпретации данных сейсморазведки в пределах СВ части Апшеронского архипелага. В кн.: Теория и практика интерпретации геофизических наблюдений. Баку, 1983, с. 104-109.
- Мамедов П.З., Рагимханов Ф.Г. Изучение поверхности несогласия в низах среднего плиоцена в СЗ части Апшеронского порога по результатам сейсмостратиграфических исследований. Известия вузов “Нефть и Газ”, 1985, No. 7, с. 14-20.
- Мирчинк М.Ф. К вопросу генезиса продуктивной толщи. Азербайджанское нефтяное хозяйство, No. 2, 1933, с. 10-13.
- Насруев Н.Р., Рзаева С.А. Отчет т.п. 7/82 по теме: “Обобщение и анализ результатов комплексных геофизических исследований по туркменскому сектору Каспия”. Фонды треста КМНГР, 1982.
- Пишнамазов А.А. Отчет о работе комплексной гравиметрической партии № 13/84 на площади б. Апшеронская-Ленкорань-море-Гасан-Кули-море-м. Кианлы в азербайджанском и туркменском секторе Каспийского моря (объект 41/84). Фонды треста КМНГР, 1982.
- Серикова У.С., Алланазарова М.А., Идиятуллина Э.З. Углеводородные системы Туркменского сектора Южно-Каспийского бассейна. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, No. 5, 2022, с. 24-40, <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-24-40>.
- Adamia Sh., Lordkipanidze M., Zakariadze G. Evolution of the active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. Tectonophysics,

REFERENCES

- Abdullazadeh M.Ch. Main geodynamic processes in the South Caspian Basin evolution. Scientific works of the Research Institute “Geotechnological Problems of Oil and Gas and Chemistry”. Baku, 2021, pp. 362-367 (in Russian).
- Abdullazadeh M.Ch., Vahabli N.F. Petrofacies analysis of sedimentary complexes within the lower pay section of the Absheron – Near Balkhanian zone of uplifts. Journal “Azerbaijani Geologist”, 2021, pp. 112-117 (in Russian).
- Adamia Sh., Lordkipanidze M., Zakariadze G. Evolution of the active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. Tectonophysics, Vol. 40, No. 3-4, 1977, pp. 183-199. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(77\)90065-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(77)90065-8).
- Alizadeh A.A., Guliyev I.S., Mammadov P.Z., Aliyeva E.G., Feyzullayev A.A., Huseynov D.A. Pay section of Azerbaijan. Publishing house “Nedra”. Moscow, Vol. 1, 2018, 305 p. (in Russian).
- Bell J.M., Chin Y.D., Hanrahan S. State-of-the-art of ultra deepwater production technologies. Offshore technology conference, Houston, Texas, Paper Number: OTC-17615-MS, May 2005, <https://doi.org/10.4043/17615-MS>.
- Berberian M. and King G. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 18, No. 2, 1981, pp. 210-265, <https://doi.org/10.1139/e81-019>.
- Eberli G.P., Baechle G.T., Anselmetti F.S., Incze M.L. Factors controlling elastic properties in carbonate sediments and rocks. The Leading Edge, Vol. 22, No. 7, 2003, pp. 654-660, <https://doi.org/10.1190/1.1599691>.
- Huber H. Geological map of Iran with explanatory notes: Tehran, Iran, National Iranian Oil Company, Exploration and Production Affairs, scale 1:1000000, 1978.
- Joye S.B. Deepwater Horizon, 5 years on. Science, Vol. 349, No. 6248, 2015, pp. 592-593, DOI: 10.1126/science.aab4133.
- Kunin N.Y. Theoretical basis of seismic stratigraphic analysis. In: Seismic Stratigraphic Studies in the USSR, 1990, pp. 32-44 (in Russian).
- Kunin N.Y., Kucheruk E.V. Seismic stratigraphy in addressing the problems of oil-gas exploration and development. Results of Science and Technology. Vol. 13, 1984, 195 p. (in Russian).
- Mamedov P.Z. Some results of seismic stratigraphic interpretation of seismic data within the NE part of the Absheron archipelago. In the book: Theory and practice of interpretation of geophysical observations. Baku, 1983, pp. 104-109 (in Russian).
- Mamedov P.Z., Rahimkhanov F.G. Study of the unconformity surface at the bottom of the Middle Pliocene Series in the NW part of the Absheron threshold, based on the seismic stratigraphic study results. Bulletin of Higher Education Institutions, “Oil and Gas” series, No.7, 1985, pp. 14-19 (in Russian).
- Mirchink M.F. Pay Section Genesis. Azerbaijan Oil Industry, No. 2, 1933, pp. 10-13 (in Russian).

- Vol. 40, No. 3-4, 1977, pp. 183-199, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(77\)90065-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(77)90065-8).
- Bell J.M., Chin Y.D., Hanrahan S. State-of-the-art of ultra deepwater production technologies. Offshore technology conference, Houston, Texas, Paper Number: OTC-17615-MS, May 2005, <https://doi.org/10.4043/17615-MS>.
- Berberian M. and King G. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 18, No. 2, 1981, pp. 210-265, <https://doi.org/10.1139/e81-019>.
- Eberli G.P., Baechle G.T., Anselmetti F.S., Incze M.L. Factors controlling elastic properties in carbonate sediments and rocks. The Leading Edge, Vol. 22, No. 7, 2003, pp. 654-660, <https://doi.org/10.1190/1.1599691>.
- Huber H. Geological map of Iran with explanatory notes: Tehran, Iran, National Iranian Oil Company, Exploration and Production Affairs, scale 1:1000000, 1978.
- Joye S.B. Deepwater Horizon, 5 years on. Science, Vol. 349, No. 6248, 2015, pp. 592-593, DOI: 10.1126/science.aab4133.
- Nalivkin V. Geological map of the Caucasus. Scale 1:500000, Moscow, 1968.
- Philip H., Cisternas A., Gvishiani A, Gorshkov A. The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. Tectonophysics, Vol. 161, Issues 1-2, 1989, pp. 1-21, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(89\)90297-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(89)90297-7).
- Reader T.W. and O'Connor P. The Deepwater Horizon Explosion: non-technical skills, safety culture, and system complexity. Journal of Risk Research, Vol. 17, No. 3, 2014, pp. 405-424, <https://doi.org/10.1080/13669877.2013.815652>.
- Skogdalen J.E. and Vinnem J.E. Quantitative risk analysis of oil and gas drilling, using Deepwater Horizon as case study. Reliability Engineering and System Safety, Elsevier, Vol. 100(C), 2012, pp. 58-66, <https://doi.org/10.1016/j.res.2011.12.002>.
- Vail P.R., Mitchum R.M. and Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 3: Relative changes in sea level from coastal onlap. In: Payton C.E. (ed.), Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG Memoir, Vol. 26, 1977, pp. 63-81.
- Nalivkin V. Geological map of the Caucasus: Moscow, scale 1:500000, 1968.
- Nasruyev N.R., Rzayeva S.A. Report of the Expedition 7/82 on the topic: "Summarization and Analysis of Complex Geophysical Study Results in the Turkmen Sector of the Caspian Sea". Funds of "Caspian Sea Oil Gas Geophys. Exploration" Trust, 1982 (in Russian).
- Pishnamazov A.A. Activity report of the Complex Gravitometric Party No. 13/84 on the Absheron-Lenkoran-sea-Hasan-Kuli-sea-Kianly cape field in the Azerbaijani and Turkmen Sectors of the Caspian Sea (object 41/84). Funds of "Caspian Sea Oil Gas Geophys. Exploration" Trust, 1982 (in Russian).
- Philip H., Cisternas A., Gvishiani A, Gorshkov A. The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. Tectonophysics, Vol. 161, Issues 1-2, 1989, pp. 1-21, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(89\)90297-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(89)90297-7).
- Reader T.W. and O'Connor P. The Deepwater Horizon Explosion: non-technical skills, safety culture, and system complexity. Journal of Risk Research, Vol. 17, No. 3, 2014, pp. 405-424, <https://doi.org/10.1080/13669877.2013.815652>.
- Serikova U.S., Allanazarova M.A., Idiyatullina E.Z. Hydrocarbon Systems of the Turkmen Sector of the South Caspian Basin. Bulletin of Higher Education Institutions, "Geology and Exploration" series, No. 5, 2022, pp. 24-40, <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-24-40> (in Russian).
- Skogdalen J.E. and Vinnem J.E. Quantitative risk analysis of oil and gas drilling, using Deepwater Horizon as case study. Reliability Engineering and System Safety, Elsevier, Vol. 100(C), 2012, pp. 58-66, <https://doi.org/10.1016/j.res.2011.12.002>.
- Vail P.R., Mitchum R.M., Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 3: Relative changes in sea level from coastal onlap. In: Payton C.E. (ed.), Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG Memoir, Vol. 26, 1977, pp. 63-81.
- Zalova S.M., Bagdasarova L.T. Complex Geophysical Study Report (SRM-CDPM, hydrogas survey) on Livan - west-b. Lam field of the Caspian Sea (1982) (object 5/82), Funds of "Caspian Sea Oil Gas Geophys. Exploration" Trust, 1982 (in Russian).

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВОЛНООТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ОТ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО К СРЕДНЕ-КАСПИЙСКОМУ БАСЕЙНУ

Абдулла-заде М.Ч.^{1,2}, Намазлы Н.Е.²

¹Азербайджанский Государственный Университет нефти и промышленности, Азербайджан
AZ1010, Баку, просп. Азадлыг, 34: mirad.abdullazade@asoil.edu.az

²Министерство науки и образования Азербайджанской Республики,
Институт геологии и геофизики, Азербайджан
AZ1073, Баку, просп. Г.Джавида, 119: nurlannamazli@outlook.com

Резюме. Привлекательность шельфовых седиментационных бассейнов Каспийской акватории, прежде всего, наиболее доступных из них – активной окраины Скифско-Туранской платформы, связана с улучшением и детализированием существующих моделей геологического строения и истории развития региона. Это, в свою очередь, даёт возможность уточнить прогнозирование размещенных в его пределах полезных ископаемых, включая надежды на обнаружение крупных и даже гигантских скоплений нефти и газа, которые могли бы обеспечить рентабельность их разработки и восполнить наметившееся снижение ресурсов основного нефтегазодобывающего региона – Южно-Каспийского бассейна.

Абшероно-Прибалханская тектоническая зона, известная также как Абшероно-Прибалханский порог, является связующим элементом между двумя крупными нефтегазоносными бассейнами мира — Южно-Каспийским и Средне-Каспийским.

Целью работы явилось создание геологических моделей строения, и восстановление эволюции осадочных бассейнов переходной части Средне-Каспийского и Южно-Каспийского бассейнов на основе накопленных данных бурения и сейсморазведки в акваториях и геологической съемки на прилегающих территориях суши.

В статье представлен материал, отражающий информативность сейсмических разрезов на различных участках региона, характеризующегося различными сейсмогеологическими условиями. Выделение сейсмических интервалов, соответствующих структурным этажам, основано на объективно определяемых сейсмических параметрах, таких как конфигурация и взаимное расположение отражений, их непрерывность, а также амплитуда и частота сейсмических волн были положены в основу сеймостратиграфического анализа волнового поля.

В результате анализа последних, исходя из динамической выразительности, протяженности и разрешенности записи авторами уточнены и прослежены четыре сейсмических горизонта: СГ-А (Акчагыл), СГ-I (верхи КТ), СГ-II (VIII горизонт) и СГ-III (низи КТ). Качество прослеживания указанных горизонтов неодинаковое. Построенные схематические структурные карты наглядно отображают геологическое строение красноцветной толщи и Акчагылских отложений и соотношение структурных планов последних. Сопоставление комплексных геолого-геофизических материалов позволяет в определенной степени определить характер распространения литофациальных особенностей КТ отложений.

Ключевые слова: Южно-Каспийский бассейн, Средне-Каспийский бассейн, Абшероно-Прибалханский порог, Красноцветная толща, сеймостратиграфический анализ, горизонт, сейсмические отражения, интерпретация

CƏNUBİ XƏZƏR HÖVZƏSİNDƏN ORTA XƏZƏR HÖVZƏSİNƏ KEÇİD ZONASININ ŞƏRQ BORTUNUN DALĞA ƏKSETDİRİCİ HORIZONTLARININ SEYSMOGEOLOJİ ŞƏRHİ

Abdulla-zadə M.Ç.^{1,2}, Namazlı N.E.²

¹Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan
AZ1010 Bakı, Azadlıq pr., 34: murad.abdullazade@asoiu.edu.az

²Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Geologiya və Geofizika İnstitutu, Azərbaycan
AZ1073, Bakı, H. Cavid pr., 119: nurlannamazli@outlook.com

Xülasə. Xəzər dənizi akvatoriyasının şelf çöküntü hövzələrinin və hər şeydən əvvəl onlardan ən əlçatanı – Skif-Turan platformasının aktiv kənarının cəlbədiciliyi bölgənin geoloji quruluşunun və inkişaf tarixinin mövcud modellərinin təkmilləşdirilməsi və detallaşdırılması ilə əlaqələndirilir. Bu da öz növbəsində, burada yerləşən faydalı qazıntıların inkişafının rentabelliğini təmin edə və əsas neft və qaz hasil edilən bölgənin – Cənubi Xəzər hövzəsinin ehtiyatlarının azalmasını kompensasiya edə biləcək böyük və hətta nəhəng neft və qaz yığılmalarının aşkarlanması ümidləri ilə proqnozlaşdırılmasını aydınlaşdırmağa imkan verir.

Təqdim olunan işin məqsədi akvatoriyada toplanmış qazma və seysmik kəşfiyyat və bitişik quru sahələrinə aid geoloji tədqiqat məlumatları əsasında Orta Xəzər və Cənubi Xəzər hövzələrinin keçid hissəsinin çöküntü hövzələrinin strukturunun geoloji modellərinin qurulması və təkamülünün bərpası olmuşdur.

Məqalədə müxtəlif seysmogeoloji şəraitlərlə səciyyələnən regionun müxtəlif hissələrində seysmik kəşiflərin informativliyini əks etdirən materiallar təqdim olunur. Əksolmaların konfigurasiyası və nisbi düzülüşü, davamlılığı və seysmik dalğaların amplitudu və tezliyi kimi obyektiv müəyyən edilmiş seysmik parametrlərə əsaslanan struktur mərtəbələrə uyğun seysmik intervalların ayrılması dalğa sahəsinin seysmostratigrafik analizinin əsasını təşkil etmişdir.

Sonuncunun təhlili nəticəsində müəlliflər tərəfindən seysmik yazının dinamik ifadəliyinə, uzunluğuna və həlledicilik qabiliyyətinə əsaslanaraq, dörd seysmik horizont müəyyən edilmiş və izlənilmişdir: SH-A (Ağcagil), SH-I (Qırmızı qatın (QQ) yuxarı hissələri), SH-II (VIII horizont) və SH-III (QQ-nin aşağı hissələri). Bu horizontların izlənmə keyfiyyəti eyni deyil. Qurulmuş sxematik struktur xəritələr Qırmızı qat və Ağcagil çöküntülərinin geoloji quruluşunu və sonuncunun struktur planlarının əlaqəsini aydın şəkildə əks etdirir. Kompleks geoloji və geofiziki materialların müqayisəsi müəyyən dərəcədə QQ yataqlarının litofasial xüsusiyyətlərinin yayılma xarakterini müəyyən etməyə imkan verir.

Açar sözlər: Cənubi Xəzər hövzəsi, Orta Xəzər hövzəsi, Abşeron-Balxanyanı astanası, Qırmızı qat təbəqəsi, seysmostratigrafik analiz, horizont, seysmik əksolmalar, interpretasiya

**PETROGRAPHY AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION
OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE VANDAM ZONE
(SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS, AZERBAIJAN):
IMPLICATIONS FOR MATURITY, PALEOCLIMATE AND PALEOWEATHERING**

Guliyev E.Kh.

*Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan,
Institute of Geology and Geophysics, Azerbaijan
H. Javid Ave., 119, Baku, AZ1073: guliyevemin@outlook.com*

Summary. This study presents a detailed petrographic and geochemical analysis of Lower Cretaceous deposits of the southern slope of the Greater Caucasus (Vandam zone). By analysing the siliciclastic rocks of the Kepuch and Gyrkhbulag formations, this research aims to assess the compositional maturity of the sediments and to reconstruct the paleoenvironmental conditions, including paleoclimate paleoweathering processes. Petrographic analysis reveals that the sediments were poorly sorted and made of angular to subangular grains, implying deposition relatively close to the source area. The mineralogical maturity of the sediments was assessed through the Index of Compositional Variability (ICV), while weathering intensities were evaluated using the Chemical Index of Alteration (CIA), Chemical Index of weathering (CIW), and the Plagioclase Index of Alteration (PIA). Based on geochemical classification, the sediments were classified as litharenites and wackes. The $Al_2O_3-(CaO^*+Na_2O)-K_2O$ (A-CN-K) diagram, along with weathering indices, suggest low to moderate weathering in the source area, consisted with the arid-to-semi-arid climate of the studied area. On the other hand, the Index of Compositional Variability (ICV), ranging from 0.9 to 1.59, indicates low compositional and mineralogical maturity. In addition, the discriminant diagrams of Zr/Sc-Th/Sc and $Al_2O_3-Zr-TiO_2$ suggest that the sediments were primarily first-cycle deposits derived from igneous rocks, with minimal evidence of obvious recycling and hydraulic sorting.

Keywords: maturity, paleoclimate, paleoweathering, ICV, CIA, PIA, CIW, recycling, sorting

© 2024 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Introduction

During the processes of transportation and deposition, sediments undergo alterations in their mineral content, leading to changes in their major element composition compared to their source rocks. The geochemical signatures of siliciclastic sedimentary rocks are controlled by a complex interplay of various factors, like chemical weathering, the distance of transportation, the conditions of sedimentation, sorting processes occurring during transport and post-depositional diagenetic reactions (McLennan, 1989).

Quartz, as well as iron (Fe) and titanium (Ti) oxides, are known for their resistance to weathering. In contrast, minerals such as plagioclase, potash feldspar, and volcanic glass, which comprise 75% of the exposed mineral content, are highly vulnerable to chemical weathering and are classified as labile minerals (Nesbitt and Young, 1984; 1989). Consequently, the primary process

during chemical weathering, transportation, deposition and soil formation involves the degradation of unstable feldspars from source rocks into corresponding clay minerals. The intensity of degradation can infer its maturity, distance from the source. These chemical transformations are recorded in the sedimentary deposits, providing a reliable signature for assessing the original compositional maturity and the following weathering conditions (Oni, Olatunji, 2017).

For this reason, geochemical and petrographic studies have been confined to Neocomian deposits of the Kepuch and Gyrkhbulag Formations well exposed in the Vandam zone. The purpose of the present study is to evaluate major and trace element geochemistry of Neocomian deposits of the Vandam zone in relation to their mineral composition, in order to classify the sediments on their degree of maturity and to unravel source area paleo-weathering and paleoclimatic

conditions. The mineralogical maturity of the sediments was determined through the Index of Compositional Variability (ICV), while weathering intensities were evaluated using the Chemical Index of Alteration (CIA), Chemical Index of weathering (CIW), and the Plagioclase Index of Alteration (PIA).

Geological setting

The Kakhети-Vandam-Gobustan megazone corresponds to the northern flank of the South-Caucasian microplate, with an Alpine cover composed of sedimentary and magmatogenic formations. From west to east, the Girdiman-

chay-Velvelechay flexure divides the megazone into two tectonically distinct zones. In the west it corresponds to Vandam tectonic zone represented by geoclinical uplift, where predominantly Cretaceous flysch deposits and volcanogenic formations are exposed. Structurally, this zone is characterized by several anticlines and synclines, along with multiple south-directed thrusts. The southern border is in tectonic contact with Ganikh-Ayrichay zone (Fig. 1). Most part of arch and southern slope of uplift is covered by Pleistocene-Holocene continental formations of Ganikh-Ayrichay depression.

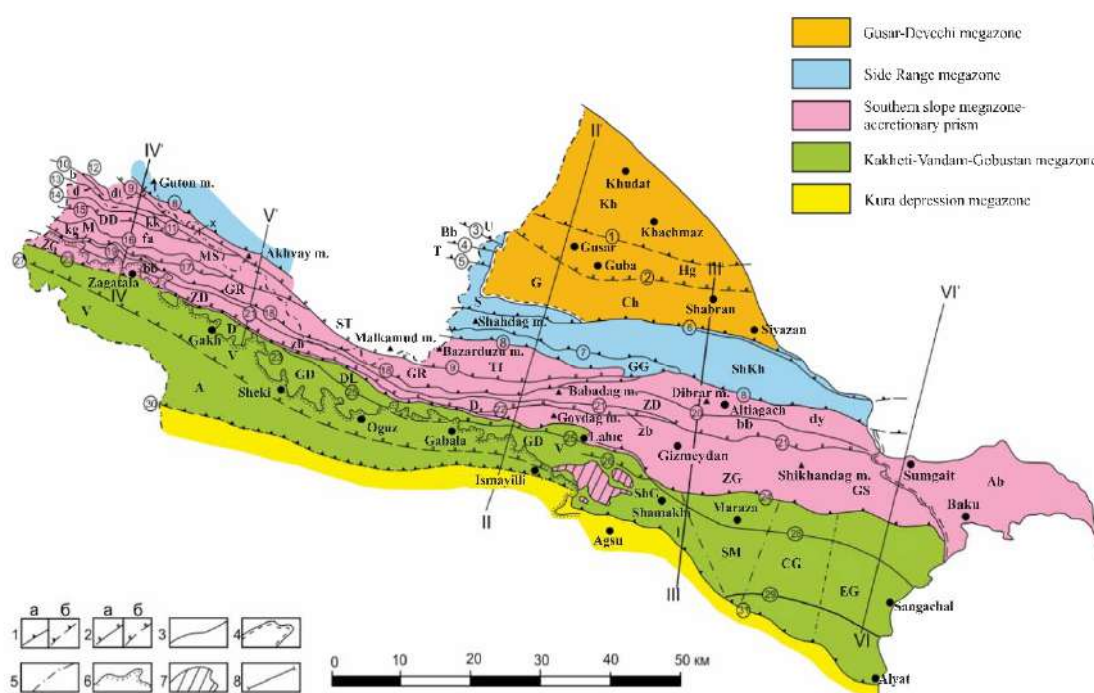


Fig. 1. Tectonic scheme of the Azerbaijani part of Greater Caucasus (Kangarli, 2012)

Boundary of structure: 1 – interzone tectonic boundaries (a – traced on surface; b – buried); 2 – tectonic boundaries between subzones (a – traced on surface; b – buried); 3 – boundaries of tectonic schuppens; 4 – stratigraphic boundaries; 5 – conventional boundaries; 6 – distribution boundary of modern sediments on Ganikh-Ayrichay superposed depression; 7 – Basgal nappe; 8 – lines of synthesized geological-geophysical sections (fig. 3, 6, 7, 11)

Structures: Gusar-Devechi megazone: zones: Kh – Xachmaz; G – Quba; subzones: Hg – Hasangala; Ch – Chilagir. Side Range megazone: zones: U – Ulluchay; Bb – Beybulag; T – Tairdjal; S – Sudur; ShKh – Shakhdag-Khizi; GG – Guton-Gonagkend. Southern Slope megazone: zones: ST – Speroz-Tufan; ZG – Zagatala-Govdag; Ab – Absheron; subzones: Tf – Tufan; DD – Djikhikh-Dindidag; MS – Mazim-Saribash; M – Megikan; GR – Galal-Rustambaz; ZD – Zagatala-Dibrar; D – Durudja; GS – Govdag-Sumqait; schuppens (nappe plates): dt – Djurmut-Tunsaribor; kh – Khalakhel; p – Rokhnor; b – Boskal; d – Djikhikh; kk – Kasdag-Kasmala; fa – Filizchay-Attagay; kg – Katekh-Gumbulchay; dy – Dibrar-Yashma; bb – Balakan-Babadag; zb – Zagatala-Burovdal. Kakhети-Vandam-Gobustan megazone: zones: V – Vandam; ShamG – Shamakhi-Gobustan; subzones: DL – Dashagil-Lahidj; GD – Gulluk-Dadagunash; A – Ayrichay; segments: Sh – Shamakhi; SM – Sundi-Maraza; CG – Central-Gobustan; EG – East-Gobustan

Faults: 1 – İmamgulukend-Khachmaz; 2 – Khazra-Guba-Kuchay; 3 – Ashagimaki; 4 – Tendi-Keyda; 5 – Tairdjal; 6 – Siyazan; 7 – Shakhdag-Gonagkend; 8 – Major Caucasus; 9 – Khuray-Malkamud; 10 – Djoakhor-Gudurdag; 11 – Khalakhel; 12 – Kasmaldag; 13 – Machkhalor; 14 – Djikhikh-Chugak; 15 – Kokhnamadan; 16 – Hamzagor-Saribash; 17 – Suvagil; 18 – Gamarvan; 19 – Megikan; 20 – Altiagach; 21 – İlisu-Aladash; 22 – Gaynar-Gozluchay; 23 – Mamrux-Galadjig; 24 – Zangi-Garadjuzlu; 25 – Dashagil-Madrasa; 26 – Mudji; 27 – Shambul-İsmailli; 28 – Ganikh-Ayrichay; 29 – Adjichay-Alat

In the east (interfluvium of the Girdimanchay and Agsuchay rivers) the Mesozoic core of the Vandam uplift is flexurally downwarped along the Girdimanchay-Velvechay flexure and its southeastern continuation opens up into the wide Shamakhi-Gobustan depression, which is primarily composed of Paleocene-Pliocene terrigenous-clayey deposits. These deposits are folded into small, often overturned to the south sharp and isoclinal folds (Alizadeh et al., 2005a).

The Lower Cretaceous deposits of the Vandam tectonic zone are characterized by slope facies sediments primarily composed of carbonate and siliciclastic turbidites (Fig. 2). The Berriasian-Valanginian succession (Kepuch Formation) cropping out in the Vandam zone is composed of massive layers of conglomerates, separated by packages of limestones, marls, and tuffaceous sandstones (50 m), above which lies a sequence of light-gray carbonate-terrigenous flysch. In some places, pelitomorphic limestones alternate with marly clays and grey non-carbonate clays. The Hauterivian succession is comprised of terrigenous-carbonate flysch series and corresponds to the Gyrkhublag Formation. The thickness of these deposits reaches 300 m. These sediments are sharply different from the marly Kepuch Formation in their almost exclusively terrigenous character. The Hauterivian stage is dominated by argillites with interlayers of siltstones and sandstones. There are also individual interbeds of pelitomorphic limestone with a schistose structure (Alizadeh et al., 2005b).

Samples and methodology

For this study, ten samples were collected from the Kepuch and Gyrkhublag Formations that crop out in the Vandam zone on the southern slope of the Greater Caucasus. These units were examined in five representative outcrops: four riverside outcrops along the Behmezchay (BC), Kishchay (KC), Damiraparanchay (DC), and Galachay (FL) rivers, and one, SQ, along the road from Sheki to Gakh (Fig. 3). The samples were initially crushed for 20 minutes in a planetary ball mill to create a well-mixed powder. This powder was then further pulverized in a pulverizing machine. The finely ground powder (<100 µm) was placed in a porcelain crucible and dried at 1000°C overnight to remove moisture. The dried powder was mixed with a binder (citric acid

and powder in a 1:10 ratio) and pulverized for two minutes. The mixture was then spooned into a 30 mm aluminum cap and sandwiched between two tungsten carbide pellets. Using a manual hydraulic press, the cap was pressed with a pressure of 10-15 tons per square inch for two minutes, after which the pressure was slowly released. The resulting pressed powder pellet was then ready for analysis. The major and trace element contents were measured using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) at the Laboratory of Geochemistry, Geochronology, and Isotope Geology of the Department of Earth Sciences "Ardito Desio" at the Università degli Studi di Milano Statale in Milan, Italy.

Thin-section petrography was conducted on ten representative samples at the geological laboratories of the University of Milano-Bicocca to determine their mineral composition and mineral structure under microscope. The unconsolidated samples were initially impregnated with epoxy resin, then cut and mounted on glass slides using Canada balsam. Slide preparation involved three stages of grinding, with careful inspection between each stage to ensure uniform reduction of interference colors. Once prepared, the slides were labeled and examined using transmitted light under a petrographic microscope with a flat stage. Photomicrographs were taken to document the features of the mineral grains, which were observed based on their optical properties.

Results and discussion

Petrography

Petrological studies revealed that studied samples are rich in lithic grains, followed by quartz, feldspar and mica. Lithic grains are dominated by volcanic (felsic volcanics) and low-grade metamorphic rocks (mainly fine-grained mica schist and quartz-mica schist (Fig. 4A, B)), along with a few sedimentary rock fragments (carbonate rock fragments). Among the quartz grains, monocrystalline quartz dominates over polycrystalline quartz. Both plagioclase and K-feldspar varieties are reported; plagioclase feldspar presence is higher than the potash feldspar (Fig. 4C). Calcite and dolomite are found both as detrital grains and as cements. Majority of the samples contain varying proportions of mica, and muscovite (Fig. 4D) is more abundant than biotite since it is more resistant to weathering.

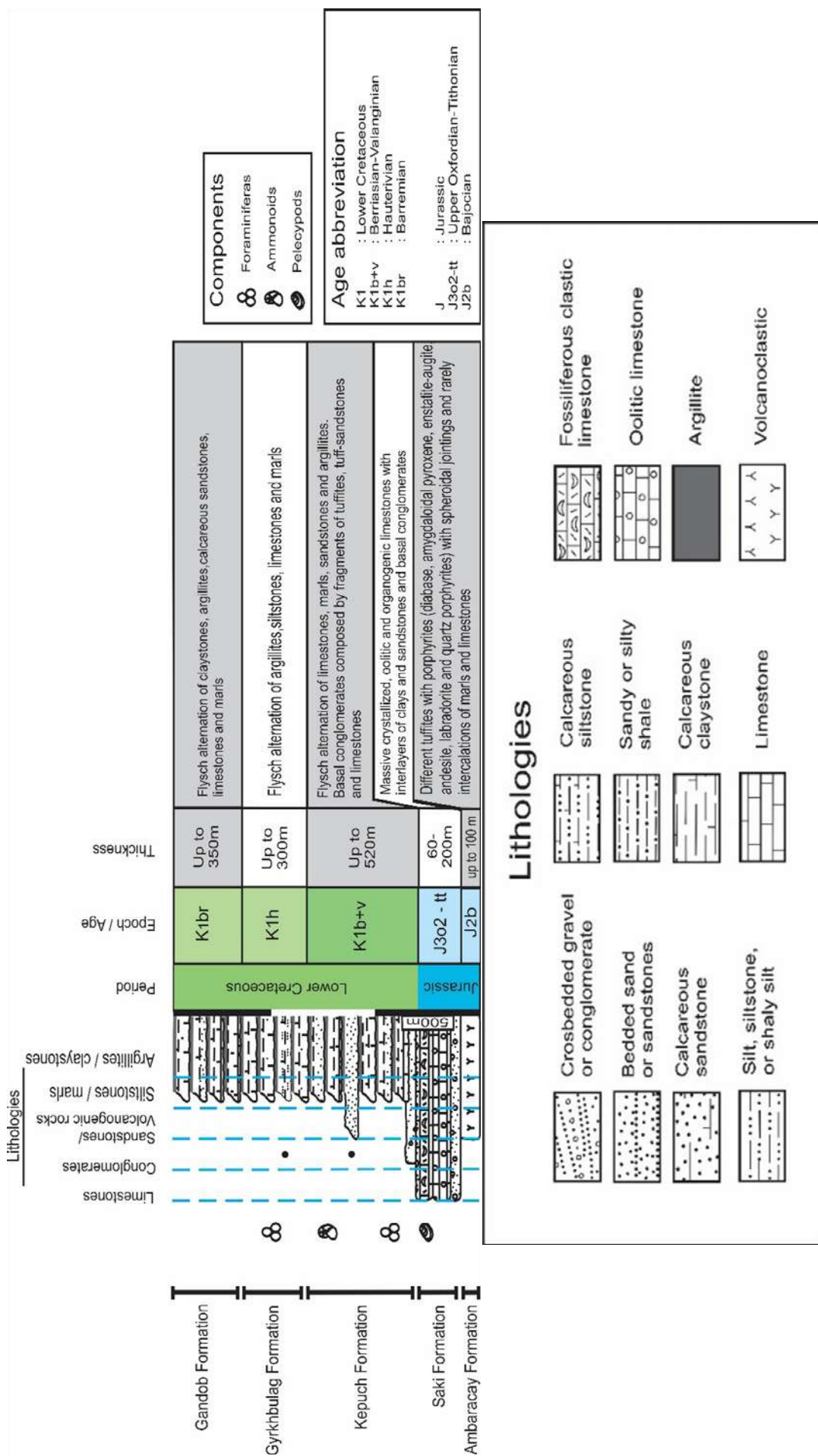


Fig. 2. Lithostratigraphic column of the Lower Cretaceous deposits of the Vandam zone (Alizadeh et al., 2005b)

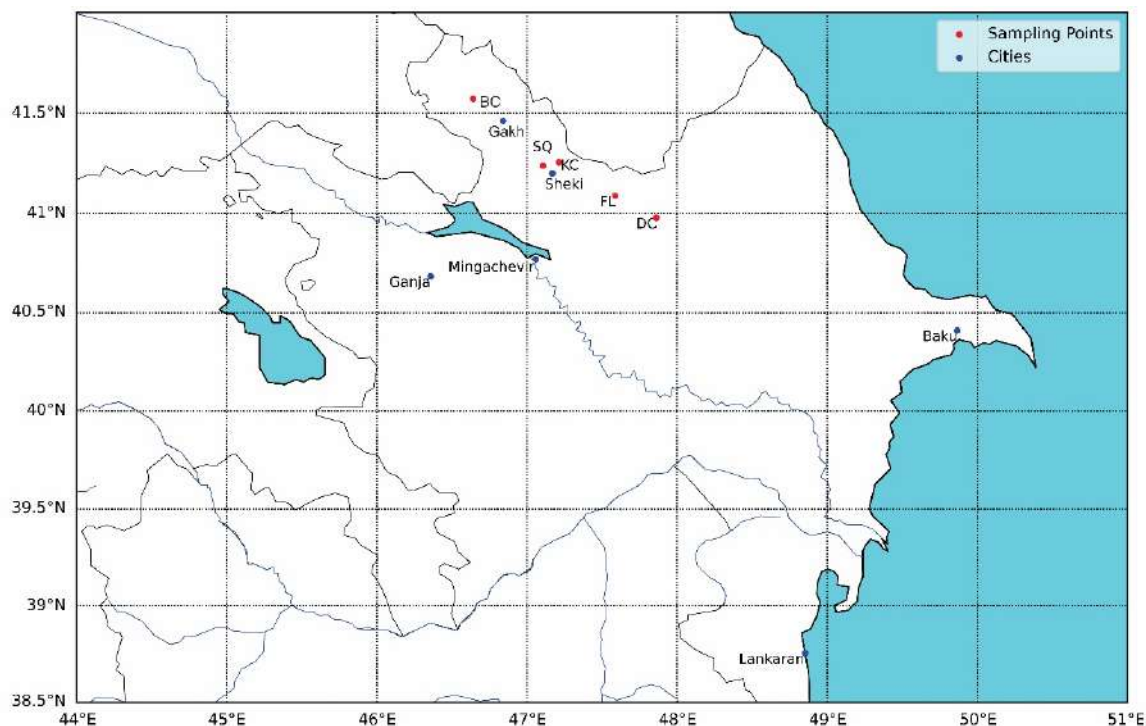


Fig. 3. Location map showing sampling points for the datasets used in the present work

The presence of matrix material, both detrital and pseudo matrix, is quite evident in the samples. Consequently, the classification system

proposed by Crook (1974) was employed. Given that the matrix content exceeds 15%, the samples are classified as greywacke.

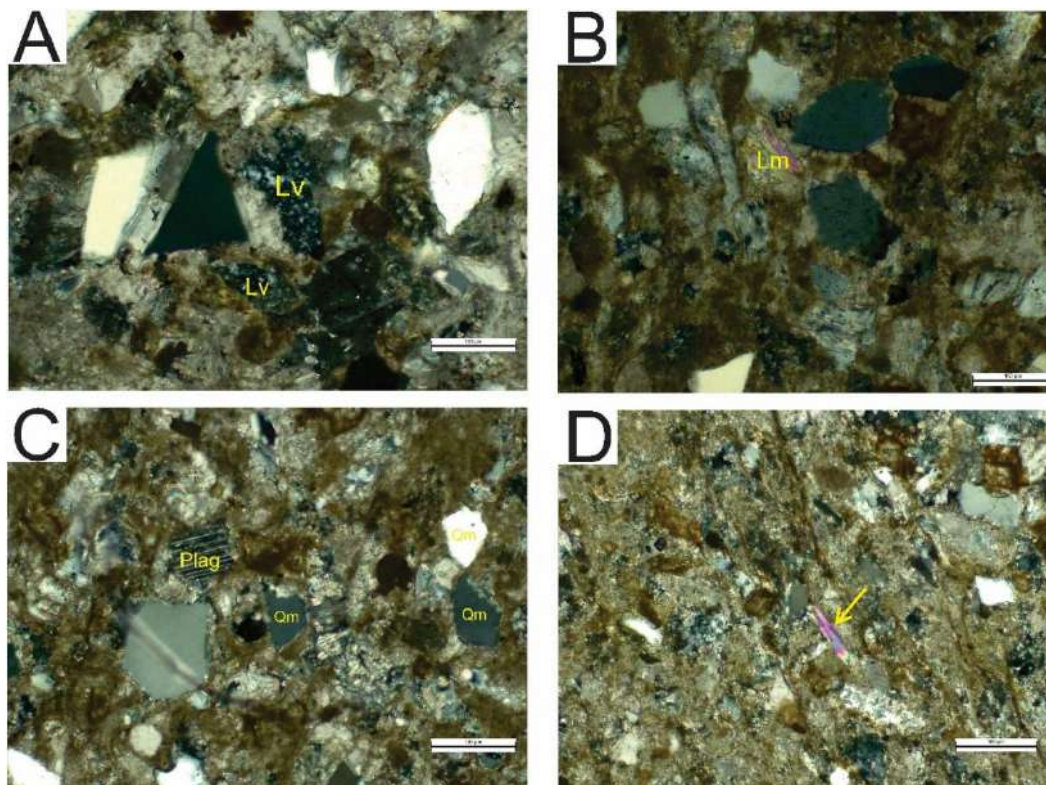


Fig. 4. Photomicrographs (in XPL) of thin-sectioned sandstones of the Kepuch and Gyrykbulag formations showing: (A) angular to subangular monocrystalline quartz grains (Qm) and plagioclase (Plag); (B) metamorphic lithic fragment (Lm); (C) felsic volcanic lithic fragment (Lv); (D) detrital muscovite (yellow arrow)

Whole-rock geochemistry

The major oxide- and trace-element concentrations of the analysed rocks are given in the Table.

Kepuch Formation. The content of SiO₂ ranges from 55.61 to 79.27 wt.% with an average of 65.51 wt.% similar to that of UCC (Upper Continental Crust) (Taylor, McLennan, 1985). The average content of Al₂O₃ is moderately high (about 9.09 wt%) ranging from (6.41 to 10.36 wt%). K₂O and Na₂O contents range from 1.21 wt% to 2.08 wt% and 0.55 wt% to 2.06 wt%, with average values of 1.58% and 1.09%, respectively. These clastic rocks are also characterized

by variable amounts of CaO (2.63-13.64 wt%), MgO (1.39-1.96 wt%), and Fe₂O₃ (3.34-4.39 wt%). The positive correlation of Al₂O₃ with Fe₂O₃ (R=0.54) and TiO₂ (R=0.72) (Fig. 5A, B) indicates that these elements are present in clay minerals resulting from weathering processes. Concentrations of trace elements in sandstones of Kepuch Formation (Table) are generally lower than the average upper continental crust (UCC) concentrations. The average concentrations of Sc (13.59 ppm), Ba (534 ppm) and Cs (4.69 ppm) are close to the average values of UCC.

Major (wt %) and trace (ppm) elements concentration of the samples of Kepuch and Gyrykbulag Formations

Formation	Kepuch Formation						Gyrykbulag Formation					
Sample no.	SQ-1	KC-1	KC-3	DC-1	DC-3	DC-4	BC-1	FL-1	FL-2	FL-3	UCC*	PAAS*
SiO ₂	67.70	55.61	63.82	66.33	79.27	60.33	61.41	68.69	70.14	69.98	65.89	62.9
TiO ₂	0.45	0.45	0.45	0.36	0.28	0.46	0.66	0.69	0.58	0.66	0.50	0.99
Al ₂ O ₃	9.52	9.24	10.36	9.97	6.41	9.02	17.55	14.02	10.71	12.91	15.17	18.9
Fe ₂ O ₃	3.55	3.71	4.39	3.53	3.34	4.22	6.56	5.40	6.65	4.50	4.49	7.22
MnO	0.03	0.08	0.05	0.10	0.12	0.13	0.05	0.01	0.06	0.06	0.07	0.11
MgO	1.79	1.69	1.96	1.39	1.49	1.61	2.90	1.35	1.73	1.71	2.20	2.20
CaO	5.86	13.64	7.38	6.78	2.63	10.04	0.43	0.17	1.10	1.08	4.19	1.29
Na ₂ O	0.76	1.79	2.06	0.81	0.55	0.58	1.28	1.24	1.28	1.42	3.89	1.18
K ₂ O	2.08	1.24	1.28	1.71	1.21	1.96	3.66	2.42	1.57	2.19	3.39	3.70
P ₂ O ₅	0.08	0.12	0.13	0.07	0.05	0.09	0.11	0.12	0.12	0.11	0.20	0.16
LOI	8.17	12.42	8.12	8.95	4.66	11.58	5.38	5.88	6.06	5.37	-	-
Sc	13.90	11.87	11.60	14.79	14.19	15.20	21.63	18.40	16.89	16.63	13.6	16
V	89.09	62.90	63.03	103.56	77.02	86.99	165.83	165.13	110.82	139.50	107	130
Cr	47.05	39.74	34.60	41.36	32.05	41.25	87.16	83.44	75.89	72.27	85	110
Co	16.56	11.06	11.30	13.20	13.38	15.36	19.03	4.39	17.87	16.65	17	23
Ni	37.08	32.32	41.16	26.19	27.06	32.95	62.53	23.87	57.53	51.74	44	55
Cu	14.54	15.02	17.01	61.98	34.78	64.19	47.25	48.51	44.84	45.35	25	50
Zn	55.56	60.61	75.53	65.52	53.22	57.47	134.38	63.80	138.38	90.05	71	85
Rb	94.07	53.26	52.23	76.49	54.70	84.83	166.17	117.91	76.75	107.27	112	160
Sr	143.40	488.02	335.03	609.42	79.39	129.09	59.02	70.28	74.54	84.57	350	200
Zr	106.00	131.73	104.84	73.50	55.78	84.60	141.06	171.22	272.17	184.02	190	210
Cs	5.66	4.35	4.46	5.36	3.57	4.75	8.25	8.92	4.62	7.74	4.6	9.3
Ba	211.74	328.01	242.46	1208.43	619.72	596.55	418.54	426.20	234.42	315.47	550	650
Pb	15.14	12.13	14.36	13.69	8.33	25.46	28.66	19.26	15.63	20.34	17	20
Th	7.23	6.12	6.16	5.64	3.86	4.10	10.40	8.72	7.94	9.73	10.7	14.6
U	1.59	1.60	1.32	1.21	0.98	0.78	1.90	3.75	3.15	3.40	2.8	3.1

*Taylor and McLennan (1985, 1995)

PAAS (Post-Archean Australian Shale)

UCC (Upper Continental Crust)

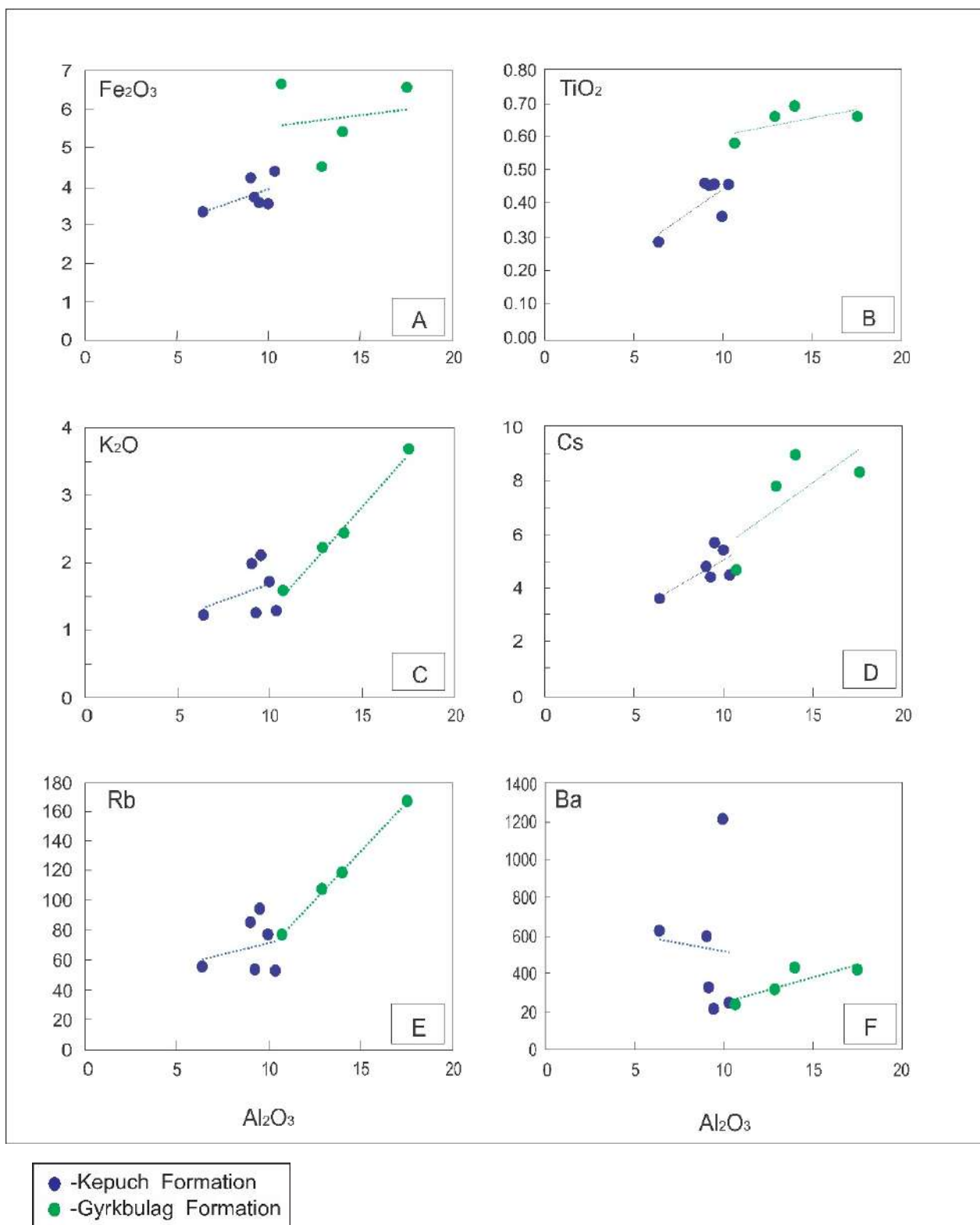


Fig. 5. Al_2O_3 vs. major oxides covariation diagrams (A-C); Al_2O_3 vs. trace elements covariation diagrams (D-F)

Gyrkbulag Formation. SiO_2 , Al_2O_3 , and Fe_2O_3 are the predominant oxides, with their contents varying from 61.41% to 70.14%, 10.71% to 17.55%, and 5.40% to 6.65%, respectively. The concentrations of MgO , Na_2O and K_2O are mostly similar, with ranges of 1.35-2.90 wt.%

(average 1.92 wt.%), 1.24-1.42 wt.% (average 1.31 wt.%), and 1.57-3.66 wt.% (average 2.46 wt.%), respectively. Meanwhile, the levels of TiO_2 , CaO and P_2O_5 are generally low, ranging from 0.58 to 0.69%, 0.17 to 1.10%, 0.11 to 0.12%, respectively. The positive correlation

($R=0.99$) between Al_2O_3 and K_2O (Fig. 5C) suggests that potassium serves as a significant trace component in clay minerals. Compared to the Upper Continental Crust (UCC), the samples of Gyrkbulag Formation are moderately enriched in Sc, V, Cs, and show a moderate to extreme depletion in Ba and Sr respectively. Al_2O_3 shows a strong positive correlation with Cs ($R=0.72$), Rb ($R=0.99$) and Ba ($R=0.84$) (Fig. 5 D-F). This suggests that phyllosilicates play a key role in determining the concentrations of Large Ion Lithophile Elements (LILE).

Geochemical classification

Pettijohn et al. (1972) and Herron (1988) developed classification schemes based on geochemical characteristics to categorize sedimentary rocks. By employing classification diagram after Herron (1988) (Fig. 6A), it was concluded that the majority of analysed samples fall within the wacke classification field, suggesting immaturity. According to the classification scheme by Pettijohn et al. (1972) depicted in Figure 6B, the studied samples are primarily categorized within the litharenite field, with a few samples falling into the arkose field.

Maturity and paleoclimate

The compositional maturity primarily reflects the weathering process occurring in the

source area and the extent of reworking/recycling, and transportation. Sediments classified as compositionally immature are typically located close to their source area or have undergone rapid transportation and deposition with minimal reworking from the source area characterized by limited physical and chemical weathering (Oni, Olatunji, 2017).

Sediment maturity is assessed through two distinct aspects: textural and mineralogical maturity, each characterized by different properties (Boggs, 2009; Nichols, 2015). Textural maturity focuses on the characteristics of the grains and their degree of sorting, while mineralogical maturity is determined by the presence of resistant minerals like quartz and zircon and the relative scarcity of more easily weathered minerals such as feldspars and ferromagnesian phases (Eric et al., 2021). Mature sediments present a uniform appearance with minimal compositional variability, contrasting with immature sediments, which are characterized by angular grains, various grain sizes, and significant compositional diversity (Boggs, 2006). The petrographic analyses show that the studied samples are immature mineralogically because of high content of rock fragments and scarcity of well-rounded quartz minerals, suggesting limited weathering and transportation processes.

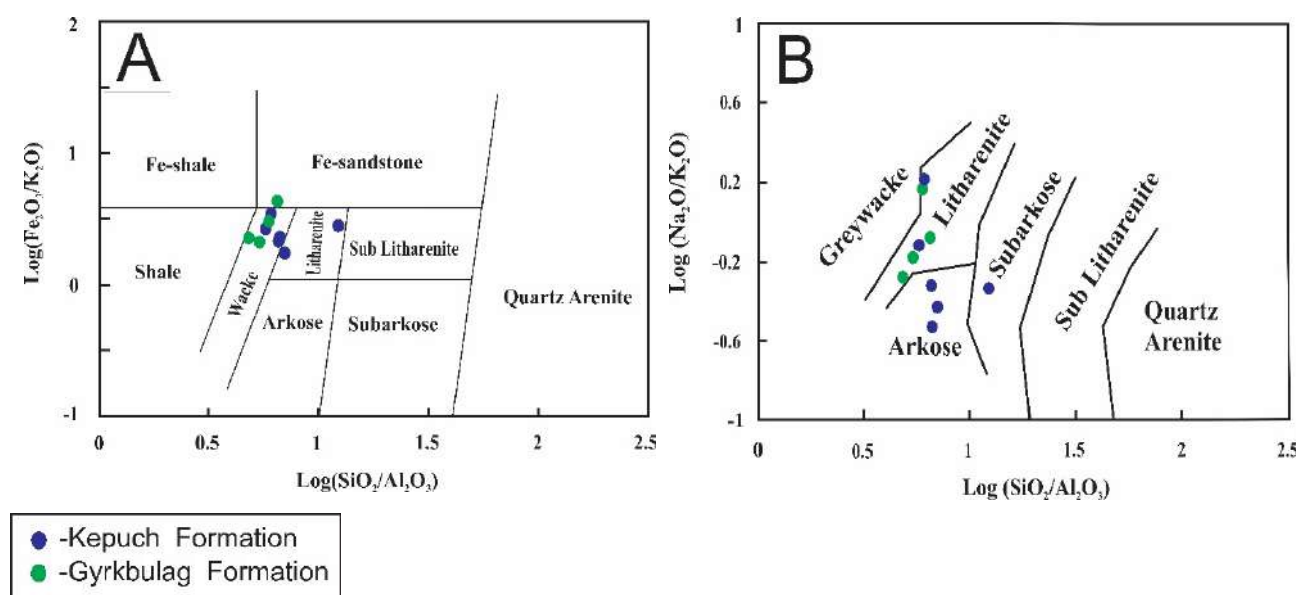


Fig. 6. Geochemical classification of samples (A) log ratios of $SiO_2/Al_2O_3 - Fe_2O_3/K_2O$ (Herron, 1988); (B) log ratios of $SiO_2/Al_2O_3 - Na_2O/K_2O$ (Pettijohn et al., 1972)

The petrographic results are further supported by various geochemical indicators, including the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio and the Index of Chemical Variability (ICV). The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios in clastic rocks are highly affected by processes such as sediment recycling and weathering, thus serving as reliable indicator of sediment maturity. Higher $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios in sandstone suggest the presence of mineralogically mature, quartz-rich sediments, while lower ratios indicate chemically immature sediments (Potter, 1978). In average volcanic rocks, the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ values typically lie in the narrow range, from around 3 in basic rocks (gabbros and basalts) to around 5 in acidic end members such as granites and rhyolites. Values more than 5 or 6 indicate that sedimentary rocks underwent recycling and became more mature (Roser and Korsch, 1986; Roser et al., 1996). The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios of the sandstones vary from 3.49 to 12.36 (average 6.53). Low values of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ indicate that sandstones are mineralogically immature.

The Index of Compositional Variability (ICV) suggested by Cox et al. (1995), is a geochemical tool used to evaluate the compositional maturity of clastic sedimentary rocks. Since clay minerals and nonclay minerals are characterized by very different proportions of alumina, Cox et al. (1995) defined a ratio to measure the abundance of alumina relative to the other major cations in a rock or mineral. The ICV calculation

involves the molar amounts of major oxides present in a rock or mineral.

$$\text{ICV} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}^* + \text{MgO} + \text{MnO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$$

CaO* is the amount in silicates

Sandstones which are more mature and predominantly composed of clay minerals exhibit lower ICV values, typically less than 1. This is because clay minerals are products of extensive weathering and thus indicate a higher degree of sediment maturity. In contrast, immature sandstones with a higher proportion of feldspars and other unstable minerals will have higher ICV values, indicating mild to moderate degree of weathering and lower sediment maturity. The ICV decreases further in the montmorillonite group clay minerals and lowest in the kaolinite group minerals (Baiyegunhi et al., 2017). The higher ICV values (more than 1) for most samples indicate poor maturity, which is also supported by their weak chemical weathering. In a plot of ICV versus CIA (Chemical Index of Alteration) as shown in Fig. 7A (after Long et al., 2012) the studied samples (except for DC-4) are plotted in immature and weak weathering fields, suggesting that recycling has a negligible impact on CIA values and these values can effectively reflect the paleoweathering conditions.

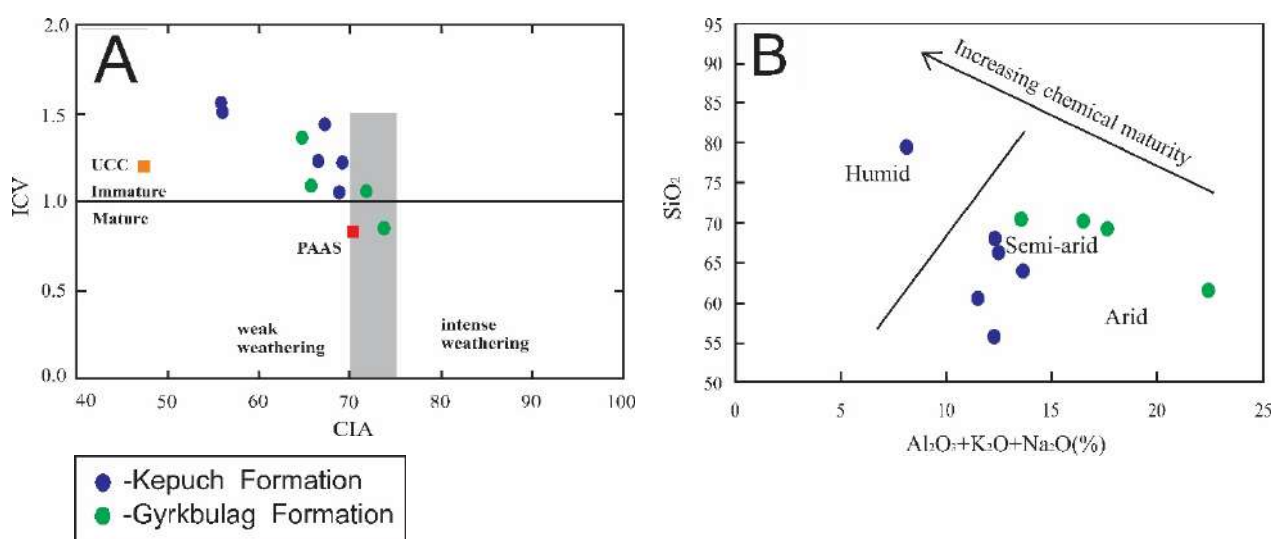


Fig. 7. (A) CIA (Chemical Index of Alteration) versus ICV (Index of Compositional Variability) plot displays the intensity of weathering and maturity of the sandstones of both the Kepuch and Gyrkbulag Formations (after Long et al., 2012); (PAAS-Post-Archean Australian Shale; UCC-Upper Continental Crust) (B) Paleoclimate discriminant diagram, after Suttner and Dutta (1986)

The degree of weathering and composition of detritus are also affected by climatic conditions (Suttner and Dutta, 1986). Accordingly, the relationship between SiO_2 and $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ indicates that the studied rock formations have experienced arid and semi-arid climatic conditions with a low-medium chemical maturity (Fig. 7B).

Source area weathering, recycling and sorting

Chemical weathering plays a crucial role in driving interelemental fractionation, resulting in elemental ratios that differ from those of the source rocks. The intensity and degree of chemical weathering in clastic rocks can be obtained by the calculation of various indices including chemical index of alteration (CIA), plagioclase index of alteration (PIA) and chemical index of weathering (CIW) (Nesbitt and Young, 1982, 1984; Fedo et al., 1995; Harnois, 1988).

The Chemical Index of Alteration (CIA) introduced by Nesbitt and Young (1982) is the most accepted among weathering indices. The CIA value increases in response to more intense chemical weathering and a greater abundance of residual clays, including illite, chlorite, kaolinite, and gibbsite. Elevated CIA values indicate strong weathering or recycling under warm and humid

paleoclimatic conditions, characterized by the depletion of readily soluble cations such as Ca^{2+} , Na^+ , K^+ in favor of less soluble cations like Al^{3+} and Ti^{4+} . Conversely, low CIA values suggest minimal or almost no chemical weathering, typically indicative of cool and/or arid environmental conditions. The CIA is expressed as $\text{CIA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$, where Al_2O_3 , CaO , Na_2O , and K_2O are in molar proportions, and CaO^* is the amount in silicates. The effect of carbonate minerals has been ruled out in CIA, which mainly reflects the weathering intensity of silicate minerals, so it can well reflect the chemical weathering of the source area. The CIA values of Lower Cretaceous deposits ranging from 55.9 to 73.7 indicate a range from weak to moderate degrees of chemical weathering at the source.

CIA values can also be plotted graphically on a Al_2O_3 - $(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ - K_2O (A-CN-K) diagram to evaluate weathering trends and the effects of K-metamorphism more effectively. In addition, the A-CN-K diagram allows for the constraining of the primary composition of the source rocks (Nesbitt and Young, 1982, 1984; Fedo et al., 1995). The studied samples plot along the ideal weathering line for granodiorite towards the illite line for granodiorite towards the illite composition, and do not indicate any evidence of K-metasomatism (Fig. 8).

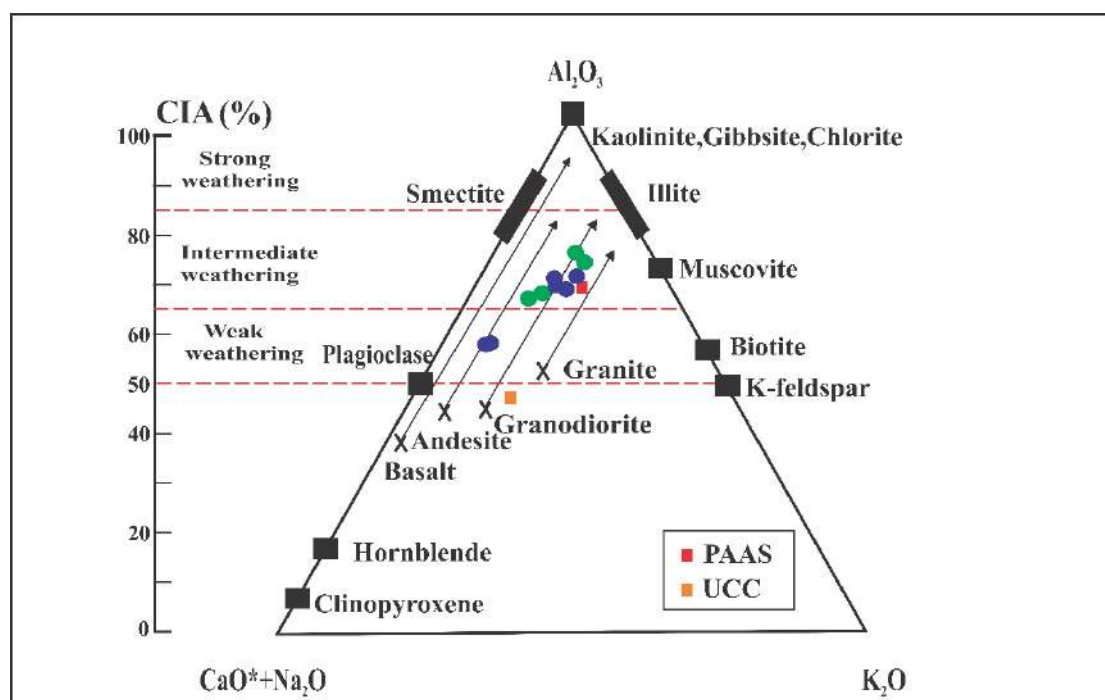


Fig. 8. The A-CN-K ternary plot of the samples; Al, Al_2O_3 ; CN, $\text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O}$; K, K_2O (oxides are plotted as molar); (PAAS-Post-Archean Australian Shale; UCC-Upper Continental Crust)

The impact of weathering can also be evaluated by examining the molecular percentages of oxide components through the Chemical Index of Weathering (CIW) proposed by Harnois (1988). Similar to CIA, the CIW also measures the degree of chemical weathering and conversion of feldspar into clays (Nesbitt and Young, 1984, 1989; Fedo et al., 1995; Maynard et al., 1995). It is defined as: $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)] \times 100$, where Al_2O_3 , CaO , and Na_2O are in molar proportions and CaO^* is restricted to the amount of CaO in the silicate fraction only. This index is alike CIA except to the elimination of K_2O . This exclusion accounts for the leaching of potassium or its gathering within the weathering products during sedimentation processes. Due to its higher ion exchange capacity, it is more readily accommodated by clay minerals compared to Na^+ and Ca^+ (Kroonenberg, 1994). The CIW precludes the issues related to the remobilization of K during diagenesis or metamorphism. Both CIA and CIW values are similarly interpreted, with the values ~50 representing unweathered upper continental crust and values close to 100 for highly weathered materials (i.e. kaolinite and gibbsite). The CIW values of samples, varying between 60 and 85 with an average of 75, suggest low to moderate levels of weathering of the source materials, consistent with the CIA.

The Plagioclase Index of Alteration (PIA), introduced by Fedo et al. (1995), serves as an alternative to the Chemical Index of Weathering (CIW). PIA specifically focuses on the destruction of plagioclase feldspar, a common mineral in silicate rocks, and is used when plagioclase weathering alone needs to be monitored. Unweathered plagioclase has a PIA value of 50 and the maximum of PIA is 100 for completely altered materials. The PIA is calculated using the relationship: $PIA = [(Al_2O_3 - K_2O) / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O - K_2O)] \times 100$, where CaO^* is limited to the amount of CaO incorporated in silicate fraction only while the oxide amounts are expressed in moles. The PIA values for the studied samples ranged between 56.9 and 82.8, with an average of 72.1, suggesting low to moderate degrees of chemical weathering.

In addition to weathering in the source area, recycling of previously deposited sediments can significantly alter their geochemical signature, complicating the interpretation of their original

source and depositional history. (Weltje and von Eynatten, 2004). The Zr/Sc ratio is employed to identify zircon enrichment resulting from sedimentary recycling, given that Zr is significantly enriched in zircon mineral, while Sc tends to be retained by clay particles during the recycling process. On the other hand, the Th/Sc ratio is a reliable chemical indicator of igneous differentiation, as Th is regarded as an incompatible element in most igneous processes, whereas Sc typically behaves compatibly. The Th/Sc vs. Zr/Sc diagram is an effective tool for distinguishing between samples with compositional variability and those enriched in Zr due to sedimentary recycling. During the sedimentary recycling, Zr/Sc and Th/Sc ratios of the first-order sediments form a simple positive correlation along the composition evolution line. In contrast, recycled sediments demonstrate Zr/Sc increasing substantially, with Th/Sc increasing far less, consistent with zircon enrichment (McLennan et al., 1993). In this regard, all the analysed samples follow a general trend consistent with their direct derivation from igneous rocks. The Th/Sc ratio values of the samples (0.26-0.58, average 0.44) are relatively low, indicating that the source rocks were not altered by obvious sedimentary recycling.

McLennan et al. (1993) employed the Rb/Sr and Th/U ratios as a tool to trace the weathering conditions and recycling processes experienced by sedimentary rocks. Due to its similar ion radius to K^+ , Rb^+ tends to be homogeneously distributed within minerals that contain potassium, such as biotite, muscovite, and K-feldspar, in various rock formations. During the process of supergene weathering, these potassium-rich minerals are decomposed, releasing Rb. The released Rb tends to be adsorbed by clay minerals rich in potassium, with only a small part being transported or leached away. These characteristics limit the extent of Rb's leaching and migration into soil during weathering processes (Fei et al., 2017). Sr is another example of a typically dispersed element. Its ionic radius of 112 picometers (PM) positions it between that of Ca^{2+} (99 PM) and K^+ (123 PM). As a result, Sr^{2+} is often found as a trace element in minerals such as calcite, plagioclase, K-feldspar, and mica. Due to Sr^{2+} 's geochemical behaviour being more closely aligned with that of Ca^{2+} in the supergene environment, Sr^{2+} tends to migrate more readily with

soil solutions or surface water, primarily in its carbonate form. Consequently, a considerable amount of Sr in the formation can be leached away as a result. The high values (1.02-2.81), characteristic of the Gyrkbulag Formation, presumably reflect moderate weathering, supported by similar variation in the CIA proxy. The rest show Rb/Sr values ranging from 0.10 to 0.68, indicating lesser degree of weathering in the source area. A positive correlation ($R=0.87$) between Rb/Sr and $1/Sr$ ratios suggests that variations in the Rb/Sr ratios are primarily influenced by the activity of Sr during the weathering process (Jin et al., 2006).

Sedimentary recycling under oxidizing conditions typically leads to the fractionation of thorium (Th) and uranium (U), as U^{4+} is easily oxidized to the more soluble U^{6+} during the weathering process. The dissolution and loss of uranium (U) can lead to increased thorium to uranium (Th/U) ratios in sediments. Typically, upper continental crust (UCC) Th/U values range from 3.5 to 4. Therefore, Th/U ratios greater than 4.0 indicate that the source rocks have undergone sedimentary recycling. The Th/U ratios in Neocomian rocks, which range from 2.32 to 5.48 with an average of 4.0, suggest that these sediments have started to experience sedimentary recycling (McLennan, 1993). Hence, it can be deduced from Fig. 9 (A) and (B) that the Neocomian sediments derived directly from igneous

rocks, which had experienced low to moderate degrees of weathering and no significant sediment recycling.

The Al_2O_3 - TiO_2 -Zr plot is used to monitor the effects of sorting processes and zircon concentration in sediments. Interpretation of compositional variation for these three elements assumes that sedimentation involves weathering, transport, mixing from different sources and sorting. In the first three processes, the contents of less soluble elements such as Al, Ti and Zr may vary in response to the degree of leaching of the soluble elements. However, their relative proportions are preserved from the source area to bulk sediment without, or with little, modification. This material is then sorted according to the hydraulic properties of its constituent minerals, leading to a chemical differentiation between shales and sandstones. In fact, the ternary diagram eliminates the impact of weathering and focuses on highlighting the effects of sorting processes. On this diagram, sediments exhibiting a wide range of TiO_2/Zr variations are indicative of high compositional maturity, while immature clastic rocks, on the contrary, have a more limited range of TiO_2/Zr variations (Garcia, 1994). The limited range of TiO_2/Zr variations observed in the samples suggests that they likely originate from ill-sorted, rapidly deposited sediments derived from a less weathered source (Fig. 10).

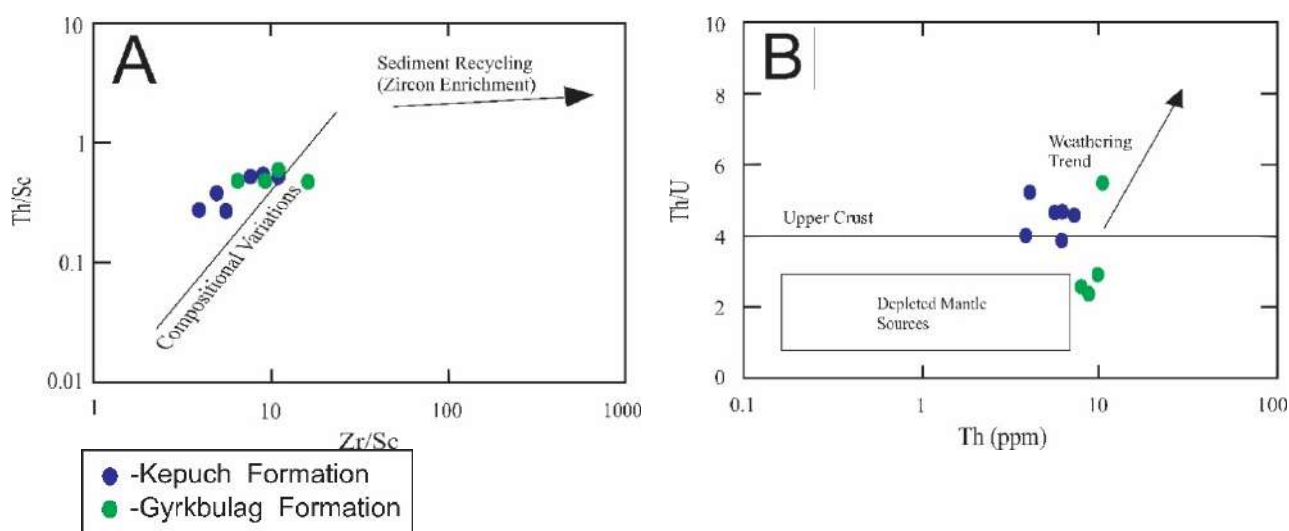


Fig. 9. Discrimination diagrams illustrating the influence of weathering and sediment recycling. (A) Th/ Sc versus Zr/Sc; (B) Th/U versus Th; Diagrams after McLennan (1993).

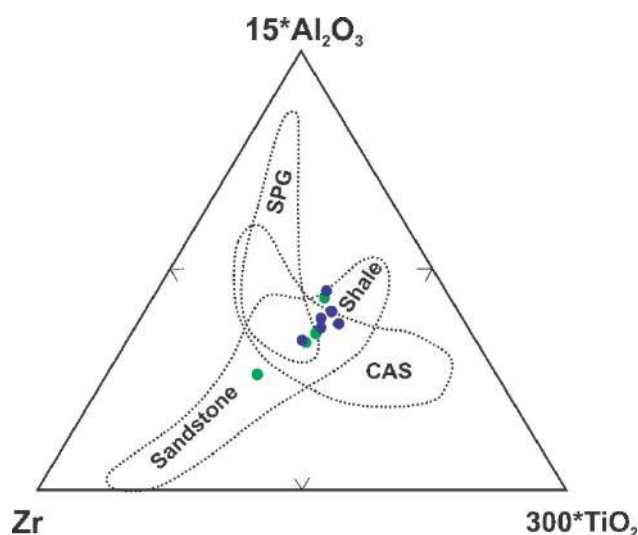


Fig. 10. Al_2O_3 - TiO_2 -Zr 'immobile element' diagram showing typical fields for some rock types (SPG and CAS are fields for strongly peraluminous granite and calc-alkaline igneous suites respectively; from Garcia et al., 1994)

Conclusion

Based on petrographic and geochemical composition of the Lower Cretaceous (Neocomian) deposits of the Vandam zone the following conclusions can be drawn. The sandstones are fine to medium grained, angular to sub-rounded, and moderately sorted. They show a low textural

and mineral maturity. According to geochemical classification diagrams, the studied samples are identified as wackes and litharenites. However, considering the matrix content exceeds 15%, they are more accurately classified as grey-wackes. Chemical Index of Alteration (CIA) values for the analyzed sandstones range from 55.9 to 73.7, indicating a low to moderate level of chemical weathering in their source areas. Furthermore, the Chemical Index of Weathering (CIW) and the Plagioclase Index of Alteration (PIA) ratios support the interpretation that the sediments from the source areas experienced low to moderate degrees of weathering before deposition in the basin. The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio, along with the Th/U, Zr/Sc, Th/Sc, and Al_2O_3 - TiO_2 -Zr plots, reveal that the samples have low compositional and mineralogical maturity, and minerals did not undergo obvious fractionation and sedimentation recycling, representing the first sedimentation of tectonic active zones. This conclusion is further supported by Index of Compositional Variability (ICV) values exceeding 1. Based on paleoweathering proxies and the SiO_2 vs. $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ paleoclimate discriminant diagram, it can be inferred that the studied area was influenced by arid to semi-arid climatic conditions.

REFERENCES

- Alizadeh Ak.A. Geology of Azerbaijan. Vol. 1. Stratigraphy, part 2: Mesozoic Cenozoic. Nafta Press. Baku, 2005b, 580 p. (in Russian).
- Alizadeh Ak.A. The modern problems of geology and geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian depression. 34th International geological congress. Nafta Press, Baku, 2012, 286 p.
- Alizadeh Ak.A. Geology of Azerbaijan. Volume 4: Tectonics. Nafta Press. Baku, 2005a, 580 p. (in Russian)
- Baiyegunhi C., Liu K., Gwavava O. Geochemistry of sandstones and shales from the Eccu Group, Karoo Supergroup, in the Eastern Cape Province of South Africa: Implications for provenance, weathering and tectonic setting. Open Geosciences, Vol. 9, No. 1, 2017, DOI:10.1515/geo-2017-0028.
- Boggs Jr.S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. 4th Edition, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ 07458, USA, ISBN 0-13-154728-3, 2006, 662 p.
- Boggs S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy, (5th ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. ISBN 0-13-099696-3. 2009.
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of

ЛИТЕРАТУРА

- Ализаде Ак.А. Геология Азербайджана. Том IV – Тектоника. Издательство "Nafta Press". Баку, 2005а, 506 с.
- Ализаде Ак.А. Геология Азербайджана. Том 1 – Стратиграфия. Часть 2: Мезозойская и Кайнозойская эры. "Nafta Press". Баку, 2005б, 580 с.
- Alizadeh Ak.A. The modern problems of geology and geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian depression. 34th International geological congress. Nafta Press, Baku, 2012, 286 p.
- Baiyegunhi C., Liu K., Gwavava O. Geochemistry of sandstones and shales from the Eccu Group, Karoo Supergroup, in the Eastern Cape Province of South Africa: Implications for provenance, weathering and tectonic setting. Open Geosciences, Vol. 9, No. 1, 2017, DOI: 10.1515/geo-2017-0028.
- Boggs Jr.S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. 4th Edition, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ 07458, USA, ISBN 0-13-154728-3, 2006, 662 p.
- Boggs S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy, (5th ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. ISBN 0-13-099696-3. 2009.
- Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of

- mudrock chemistry in the Southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 59, No. 14, 1995, pp. 2919-2940, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00185-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00185-9).
- Crook K.A.W. Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional variation in flysch arenites (graywackes), In: *Modern and ancient geosynclinal sedimentation* (Dott R.H. and Shaver R.H. eds.). SEPM Spec. Publ., 19, 1974, pp. 304-310.
- Eric B.E., Fralick P., Emile E., Betrant B.S., Ntoboh T.C., Nkongho A.E., Cedric B.B. Geochemical constraints on the provenance, paleoweathering and maturity of the Mamfe black shales, West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 175, No. 3, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.104078>.
- Fedo C.M., Nesbitt H.W. and Young G.M. Unravelling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for palaeoweathering conditions and provenance. *Geology*, Vol. 23, No. 10, 1995, pp. 921-924, [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2).
- Fei X., Liu J., Tang C., Zou X., Zhang L. Supergene weathering of ore deposits and geochemical prospecting. In: *Advances in Earth Science Research* (Shandong J. and Fu X. eds.), Springer. 2017, pp. 119-137.
- Garcia D., Fonteilles M., Moutte J. Sedimentary fractionations between Al, Ti, and Zr and the genesis of strongly peraluminous granites. *The Journal of Geology*, Vol. 102, No. 4, 1994, pp. 411-422. <https://doi.org/10.1086/629683>.
- Jin Z., Cao J., Wu J., Wang S. A Rb/Sr record of catchment weathering response to Holocene climate change in Inner Mongolia. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 31, No. 3, 2006, pp. 285-291, DOI:10.1002/esp.1243.
- Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, Vol. 55, No. 3-4, 1988, pp. 319-322, [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90137-6).
- Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 58, No. 5, 1988, pp. 820-829.
- Kangarli T.N. Mass overthrust within the structure of Greater Caucasus (Azerbaijan). In: *The modern problems of geology and geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian Depression*. 34th International Geological Congress. Special Issue Papers. Nafta-Press. Baku, 2012, pp. 163-201.
- Kroonenberg S.B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. In: *Proc. 29th Int. Geol. Congr. Part A*. (Kumon FYu. K.M. eds.), Kyoto, Japan 1992. VSP Publ., Utrecht, 1994, pp. 69-81.
- Long X., Yuan C., Sun M., Xiao W., Wang Y., Cai K., Jiang Y. Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogens. *Gondwana Research*, Vol. 22, No. 2, 2012, pp. 554-566, DOI:10.1016/j.gr.2011.04.009.
- Maynard J.B., Sutton S.J., Robb L.J., Ferraz M.F., Meyer F.M. A paleosol developed on hydrothermally altered granite from the hinterland of the Witwatersrand Basin: mudrock chemistry in the Southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 59, No. 14, 1995, pp. 2919-2940, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00185-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00185-9).
- Crook K.A.W. Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional variation in flysch arenites (graywackes), In: *Modern and ancient geosynclinal sedimentation* (Dott R.H. and Shaver R.H. eds.). SEPM Spec. Publ., 19, 1974, pp. 304-310.
- Eric B.E., Fralick P., Emile E., Betrant B.S., Ntoboh T.C., Nkongho A.E., Cedric B.B. Geochemical constraints on the provenance, paleoweathering and maturity of the Mamfe black shales, West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 175, No. 3, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.104078>.
- Fedo C.M., Nesbitt H.W. and Young G.M. Unravelling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for palaeoweathering conditions and provenance. *Geology*, Vol. 23, No. 10, 1995, pp. 921-924, [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0921:UTEOPM>2.3.CO;2).
- Fei X., Liu J., Tang C., Zou X., Zhang L. Supergene weathering of ore deposits and geochemical prospecting. In: *Advances in Earth Science Research* (Shandong J. and Fu X. eds.), Springer. 2017, pp. 119-137.
- Garcia D., Fonteilles M., Moutte J. Sedimentary fractionations between Al, Ti, and Zr and the genesis of strongly peraluminous granites. *The Journal of Geology*, Vol. 102, No. 4, 1994, pp. 411-422. <https://doi.org/10.1086/629683>.
- Jin Z., Cao J., Wu J., Wang S. A Rb/Sr record of catchment weathering response to Holocene climate change in Inner Mongolia. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 31, No. 3, 2006, pp. 285-291, DOI:10.1002/esp.1243.
- Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, Vol. 55, No. 3-4, 1988, pp. 319-322, [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90137-6).
- Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 58, No. 5, 1988, pp. 820-829.
- Kangarli T.N. Mass overthrust within the structure of Greater Caucasus (Azerbaijan). In: *The modern problems of geology and geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian Depression*. 34th International Geological Congress. Special Issue Papers. Nafta-Press. Baku, 2012, pp. 163-201.
- Kroonenberg S.B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. In: *Proc. 29th Int. Geol. Congr. Part A*. (Kumon FYu. K.M. eds.), Kyoto, Japan 1992. VSP Publ., Utrecht, 1994, pp. 69-81.
- Long X., Yuan C., Sun M., Xiao W., Wang Y., Cai K., Jiang Y. Geochemistry and Nd isotopic composition of the Early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, Central Asia: Evidence for a northward-derived mafic source and insight into Nd model ages in accretionary orogens. *Gondwana Research*, Vol. 22, No. 2, 2012, pp. 554-566, DOI:10.1016/j.gr.2011.04.009.
- Maynard J.B., Sutton S.J., Robb L.J., Ferraz M.F., Meyer F.M. A paleosol developed on hydrothermally altered granite from the hinterland of the Witwatersrand Basin:

- characteristics of a source of Basin Fill. *Journal of Geology*, 103, 1995, pp. 357-377, <https://doi.org/10.1086/629757>.
- McLennan S.M. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements* (Lipin B.R. and McKay G.A., eds.), De Gruyter. Berlin, Vol. 21, No. 1, 1989, pp. 169-200, <https://doi.org/10.1515/9781501509032-010>.
- McLennan S.M. Weathering and global denudation. *Journal of Geology*, Vol. 101, No 2, 1993, pp. 295-303, <http://dx.doi.org/10.1086/648222>.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 299, 1982, pp. 715-717, <https://doi.org/10.1038/299715a0>.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 48, No. 7, 1984, pp. 1523-1534, DOI:10.1016/0016-7037(84)90408-3.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Formation and diagenesis of weathering profiles. *Journal of Geology*, Vol. 97, No. 2, 1989, pp. 129-147, DOI:10.1086/629290.
- Nichols G. *Terrigenous clastic sediments*. Blackwell Science. Oxford, 2015, pp. 1-14.
- Oni S.O. and Olatunji A.S. Depositional environments signatures, maturity and source weathering of Niger Delta sediments from an oil well in southeastern Delta State, Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science*, Vol. 6, No. 3, 2017, pp. 259-274, <https://doi.org/10.18393/ejss.297245>.
- Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 1972, 583 p.
- Potter P.E. Petrology and chemistry of modern Big River Sands. *The Journal of Geology*, Vol. 86, No. 4, 1978, pp. 423-449. <https://doi.org/10.1086/649711>.
- Roser B.P. and Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ Content and K₂O/Na₂O Ratio. *The Journal of Geology*, Vol. 94, No. 5, 1986, pp. 635-650. <https://doi.org/10.1086/629071>.
- Roser B.P., Cooper R.A., Nathan S., Tulloch A.J. Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance, and tectonic setting of the lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, Vol. 39, No. 1, 1996, pp. 1-16, DOI:10.1080/00288306.1996.9514690.
- Suttner L.J. and Dutta P.K. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 56, No. 3, 1986, pp. 329-345, DOI:10.1306/212F8909-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Taylor S.R. and McLennan S.M. *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 1985, pp. 1-312.
- Taylor S.R. and McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics*, Vol. 33, 1995, pp. 241-265.
- Weltje G.J. and von Eynatten H. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedimentary Geology*, Vol. 171, No. 1-4, 2004, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.05.007>.
- characteristics of a source of Basin Fill. *Journal of Geology*, 103, 1995, pp. 357-377, <https://doi.org/10.1086/629757>.
- McLennan S.M. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements* (Lipin B.R. and McKay G.A., eds.), De Gruyter. Berlin, Vol. 21, No. 1, 1989, pp. 169-200, <https://doi.org/10.1515/9781501509032-010>.
- McLennan S.M. Weathering and global denudation. *Journal of Geology*, Vol. 101, No 2, 1993, pp. 295-303, <http://dx.doi.org/10.1086/648222>.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 299, 1982, pp. 715-717, <https://doi.org/10.1038/299715a0>.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 48, No. 7, 1984, pp. 1523-1534, DOI:10.1016/0016-7037(84)90408-3.
- Nesbitt H.W. and Young G.M. Formation and diagenesis of weathering profiles. *Journal of Geology*, Vol. 97, No. 2, 1989, pp. 129-147, DOI:10.1086/629290.
- Nichols G. *Terrigenous clastic sediments*. Blackwell Science. Oxford, 2015, pp. 1-14.
- Oni S.O. and Olatunji A.S. Depositional environments signatures, maturity and source weathering of Niger Delta sediments from an oil well in southeastern Delta State, Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science*, Vol. 6, No. 3, 2017, pp. 259-274, <https://doi.org/10.18393/ejss.297245>.
- Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 1972, 583 p.
- Potter P.E. Petrology and chemistry of modern Big River Sands. *The Journal of Geology*, Vol. 86, No. 4, 1978, pp. 423-449. <https://doi.org/10.1086/649711>.
- Roser B.P. and Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ Content and K₂O/Na₂O Ratio. *The Journal of Geology*, Vol. 94, No. 5, 1986, pp. 635-650. <https://doi.org/10.1086/629071>.
- Roser B.P., Cooper R.A., Nathan S., Tulloch A.J. Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance, and tectonic setting of the lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, Vol. 39, No. 1, 1996, pp. 1-16, DOI:10.1080/00288306.1996.9514690.
- Suttner L.J. and Dutta P.K. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 56, No. 3, 1986, pp. 329-345, DOI:10.1306/212F8909-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Taylor S.R. and McLennan S.M. *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 1985, pp. 1-312.
- Taylor S.R. and McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics*, Vol. 33, 1995, pp. 241-265.
- Weltje G.J. and von Eynatten H. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedimentary Geology*, Vol. 171, No. 1-4, 2004, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.05.007>.

ПЕТРОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВАНДАМСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ СКЛОН БОЛЬШОГО КAVKAZA, АЗЕРБАЙДЖАН): ЗРЕЛОСТЬ, ПАЛЕОКЛИМАТ И ПАЛЕОВЫВЕТРИВАНИЕ

Гулиев Э.Х.

*Министерство науки и образования Азербайджанской Республики,
Институт геологии и геофизики, Азербайджан
AZ1073, Баку, просп. Г.Джавида, 119: guliyevemin@outlook.com*

Резюме. В данной статье приводится подробный петрографический и геохимический анализ нижнемеловых отложений южного склона Большого Кавказа (Вандамская зона). Цель данной работы – оценить зрелость вещественного состава пород путем исследования кремнисто-обломочных пород кепучской и гырхбулагской свит и реконструировать палеоусловия, включая палеоклимат и палеовыветривание. Петрографический анализ выявил, что эти отложения характеризуются плохой сортировкой обломочного материала и состоят из угловатых и полуугловатых зерен, что свидетельствует об их формировании вблизи источника сноса. Минералогическая зрелость осадков оценивалась с помощью индекса зрелости осадков (ICV), а интенсивность выветривания – по индексу химической изменчивости (CIA), химическому индексу выветривания (CIW) и индексу изменения плагиоклазов (PIA). Установлено, что согласно геохимической классификации отложения соответствуют лититовым аренитам и грауваккам. Диаграмма $Al_2O_3-(CaO^* + Na_2O)-K_2O$ (A-CN-K) наряду с индексами химического выветривания указывают на низко-умеренное выветривание в районе источника, что соответствует аридным и полуаридным климатическим условиям исследуемого района. С другой стороны, значения индекса зрелости осадка (ICV), варьирующиеся в пределах от 0.9 до 1.59, свидетельствуют и низкой зрелости вещественного и минералогического состава терригенных отложений. Кроме того, дискриминационные диаграммы Zr/Sc-Th/Sc и $Al_2O_3-Zr-TiO_2$ показывают, что осадки не подвергались рециклингу и гидравлической сортировке.

Ключевые слова: зрелость, палеоклимат, палеовегетация, ICV, CIA, PIA, CIW, рециклинг, сортировка

VƏNDAM ZONASININ (BÖYÜK QAFQAZ, AZƏRBAYCANIN CƏNUB YAMACI) ALT TƏBAŞİR ÇÖKÜNTÜLƏRİNİN PETROQRAFİKASI VƏ GEOKİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ: YETKİNLİK, PALEOİQLİM VƏ PALEOAŞINMA

Quliyev E.H.

*Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi, Geologiya və Geofizika İnstitutu, Azərbaycan
AZ1073, Bakı, H.Cavid prospekti, 119: guliyevemin@outlook.com*

Xülasə. Məqalədə Böyük Qafqazın cənub yamacının (Vəndam tektonik zonası) Alt Təbaşir çöküntülərinin petroqrafik və geokimyəvi göstəriciləri əsasında Kəpuç və Qırxbulaq formasiyalarının terrigen süxurlarının yetkinliyi, paleoqlim və paleoaşınma şəraitləri öyrənilir. Petroqrafik təhlil zamanı müəyyən olunmuşdur ki, bu çöküntülər qırıntı materialın zəif çeşidlənməsi ilə xarakterizə olunur. Qırıntıların bucaqlı və yarım bucaqlı olması onların yaxın terreynlərdən gətirildiyini göstərir. Çöküntülərin mineraloji yetkinliyi tərkibə dəyişkənlik indeksindən (ICV), aşınma xüsusiyyətləri isə kimyəvi dəyişkənlik indeksi (CIA), kimyəvi aşınma indeksi (CIW) və plagioklaz dəyişkənlik indeksindən (PIA) istifadə etməklə qiymətləndirilmişdir. Aparılmış geokimyəvi təsnifata görə çöküntülərin litarenitlərə və qrauvaklara uyğun olduğu müəyyən edilmişdir. $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ (A-CN-K) diaqramı kimyəvi aşınma indeksləri ilə birlikdə mənbə sahəsindəki quraqlıq və yarımquraqlıq iqlim şəraitinə uyğun olaraq zəif və mülayim aşınmanı göstərir. Digər tərəfdən, "ICV"-nin 0,9-1,59 diapazonunda dəyişməsi çöküntülərin maddi və mineraloji tərkibinin zəif yetkinliyinin indikatorudur. Bundan başqa, Zr/Sc-Th/Sc və $Al_2O_3-Zr-TiO_2$ kimi diskriminant diaqramlar çöküntülərin təkrar çökmədiyini və hidravlik çeşidlənməyə məruz qalmadığını ifadə edir.

Açar sözlər: yetkinlik, paleoqlim, paleoaşınma, ICV, CIA, PIA, CIW, təkrar sedimentasiya, çeşidlənmə

ЗНАМЕНИТЫЕ УХТИНЦЫ ИЗ АЗЕРБАЙДЖАНА

В поисках, разведке, переработке и транспортировке нефти, газа Тимана и продуктов их переработки активное участие принимали и продолжают принимать нефтяники и газовики – выходцы из Азербайджана.

В 2024 г. отмечаются круглые, юбилейные даты со дня рождения двоих знаменитых азербайджанских нефтяников, ставших ухтинцами и внёсших огромный вклад в создание и развитие нефтяной и газовой промышленности Республики Коми (бывшей Коми АССР) – Андрея Яковлевича Кремса и Анны Яковлевны Молий.

Андрей Яковлевич Кремс родился 5 июля 1899 г. в местечке с названием Зюд-Остов-Култук, недалеко от г. Баку. В юношеском возрасте он стал сиротой и после болезни лишился слуха. Окончив политехническое училище в г. Баку, Андрей Яковлевич стал техником-промысловиком и прошёл на нефтепромыслах Азербайджана должностной путь от чертёжника и коллектора до старшего геолога Балаханского геологического бюро. В 1931 г. за освоение нефтяных богатств Азербайджана был награждён орденом Ленина.

После окончания (заочно) Азербайджанского нефтяного института Андрей Яковлевич стал инженером-геологом нефтегазового промысла и получил должность главного геолога Азнефти, а в 1934 г. стал главным геологом Главного управления нефтяной промышленности СССР. В 1936 г. он с группой советских нефтяников посетил США, где детально ознакомился с применяемыми там методами поисков и разведки нефтегазовых месторождений, а в 1938 г. вместе с участниками этой поездки был арестован и осуждён на 8 лет



лагерей. Для отбывания срока он был направлен в пос. Чибью, который в 1943 г. был переименован в пос. Ухта, а вскоре 1943 г. получил статус города. Здесь его назначили на должность коллектора в бюро проектирования нефтешахты № 1 на Яреге.

В 1940 г. Андрей Яковлевич был досрочно освобождён, но остался работать в Ухте. Он увлёкся изучением нефтегазоносности республики и посвятил ей всю оставшуюся жизнь. Уже в 1942 г. он стал главным геологом Ухтижемстроя, в 1943 г. переименованного в Ухткомбинат.

В 1947 г. А.Я.Кремс доложил И.В.Сталину о проводимых в Коми АССР работах в области добычи нефти и газа, о перспективах региона в этой сфере, демонстрируя при этом карту Тимано-Печорской провинции.

В 1960 г. в Ухте было создано Ухтинское территориальное геологическое управление (УТГУ) и Андрей Яковлевич стал его главным геологом. В это время в Ухтинской геологоразведочной экспедиции (УГРЭ) завершилось составление отчёта по поисково-разведочным работам на редкометалльно-редкоземельные месторождения на Среднем Тимане. При защите отчёта на совете в УТГУ заседание вёл Андрей Яковлевич. Он с большим вниманием слушал доклад и высоко оценил результаты выполненных работ. На этом заседании я впервые познакомился с этим замечательным человеком.

Под его руководством в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции было открыто более 30 месторождений нефти и газа, в числе которых Вуктыльское, Усинское, Вой-Вожское и др.

Для развития в республике геологоразведочных работ сюда направлялись выпускники разных вузов страны, подготовки своих специалистов-геологов и геофизиков на местах не производилось, поэтому Андрей Яковлевич и другие геологи выступили с инициа-



тивной о создании в Ухте нефтяного института. И такой институт, Индустриальный (УИИ), был создан. Андрей Яковлевич стал первым заведующим кафедрой геологии на общественных началах. Он очень беспокоился о нехватке местных молодых геологических кадров, и по его инициативе в городе была создана Малая академия для выпускников школ, планирующих получить высшее образование в своём городе и своей республике.

Андрей Яковлевич был добрым, отзывчивым и внимательным человеком. Мне довелось присутствовать на предварительной защите докторской диссертации О.С.Кочеткова в квартире Андрея Яковлевича с его участием. Он с большим интересом выслушал Олега Сергеевича и дал несколько ценных рекомендаций и советов. Диссертация была позже успешно защищена.

Об отзывчивости и доброте Андрея Яковлевича, его профессионализме говорили многие приглашённые на День его Памяти. Это заседание проходило в квартире-музее А.Я.Кремса на ул. А.Я.Кремса.

В Ухте Андрей Яковлевич жил в одной квартире с женой и приехавшей из Баку и ставшей директором нефтеперерабатывающего завода Анной Яковлевной Молий. После ухода из жизни жены они с Анной Яковлевной стали супругами и прожили вместе до его кончины 31 мая 1975 г.

Труды Андрея Яковлевича высоко оценены государством. Он стал Героем Социалистического Труда, Заслуженным деятелем науки и техники Коми АССР, Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, Лауреатом Сталинской премии. Его награды: 3 ордена

Ленина, 2 ордена Трудового Красного Знамени, 2 ордена Красной Звезды, многие медали. Ему присвоено звание Почётный гражданин Ухты, а имя занесено в Книгу трудовой славы Коми АССР и присвоено улице, на которой он проживал. Рабочий кабинет его стал Музеем-квартирой, а на доме установлена Мемориальная Доска.



Посмертно Андрею Яковлевичу присвоено звание «Ухтинец XX века», его именем назван один из видов девонских брахиопод.

5 июля 2024 г. исполнилось 125 лет со дня рождения Андрея Яковлевича Кремса... Вечная ему память.

Анна Яковлевна Молий родилась в г. Баку 16 февраля 1919 г. В 1935 г. она окончила факультет переработки нефти в Азербайджанском Индустриальном институте и поступила на работу на Бакинский нефтеперерабатывающий завод. В 1938 г. репрессии коснулись и её семьи, она была уволена с завода, но при поддержке коллектива завода устроилась в отдел Азнефтезаводпроекта. Работа ей здесь не понравилась и в 1940 г. она уехала в Ухту, где была принята на должность инженера производственного отдела Ухткомбината и куратора Ухтинского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).



Вскоре Анна Яковлевна познакомилась здесь со своим земляком Андреем Яковлевичем Кремсом и вместе с его семьёй посели-



лась в доме на ул. Пушкина. Когда в городе были построены новые 5-этажки, они переселились в 3-комнатную квартиру на ул. Студенческой (в настоящее время – ул. А.Я.Кремса) и дружно жили здесь много лет.

В 1942 г. она стала директором НПЗ и одновременно из-за недостатка кадров на заводе исполняла обязанности главного инженера.

Под её руководством на заводе постоянно осваивалось производство новой продукции из нефти: незамерзающие смазочные масла, солидол, мазут, лаковый битум, обеспечивая растущие потребности страны. В 1944 г. продукция Ухтинского НПЗ доставлялась в осаждённый Ленинград с участием и в сопровождении Анны Яковлевны.

Её упорный успешный труд получил высокую оценку правительства СССР, она была награждена орденом Трудового Красного Знамени и медалью «За трудовое отличие». Она была твёрдым и требовательным, а потому успешным руководителем.

В 1953 г. Анна Яковлевна была направлена на повышение квалификации в Московскую академию нефтяной промышленности, после чего вернулась на НПЗ и продолжала руководить деятельностью завода по 1967 год. В 1967 г. Анну Яковлевну неожиданно по неизвестным причинам перевели на работу в Коми филиал Всесоюзного научно-исследовательского института природных газов «ВНИИГаз» на должность руководителя лаборатории переработки газа и конденсата. Она была недовольна таким поворотом судьбы, но пришлось смириться и продолжать свой упорный и успешный труд.

Её заслуги были отмечены новыми наградами – орденами: Ленина, «Знак Почёта»,

«Трудового Красного Знамени», медалями. Ей были присвоены Почётные звания «Заслуженный деятель науки и техники Коми АССР» и «Заслуженный работник нефтяной и газовой промышленности Коми АССР», «Почётный гражданин города Ухта». Имя Анны Яковлевны занесено в Книгу Трудовой Славы Коми АССР.

Анна Яковлевна скончалась 12 апреля 1979 г. Ухтинские нефтяники и газовики бережно хранят память об Анне Яковлевне Молий. 4 сентября на Ухтинском НПЗ установлена Памятная Доска в память об Анне Яковлевне.



Современный НПЗ в Ухте

Плякин А.М., проф. УГТУ

ЛИТЕРАТУРА

- Демченко Н.П. Высшая школа разведчиков (Страницы истории геологоразведочного факультета Ухтинского государственного технического университета). УГТУ. Ухта, ОАО «Кировская областная типография». Киров, 2007, с. 54, 56-67.
- Цхадая Н. Ухтинский государственный технический университет: пути становления и развития. Изд. «Центр-ЛитНефтегаз». Ухта. УГТУ, 2008, с. 33-34.
- Сергеева В.В. (под ред.). Анна Яковлевна Молий. К 100-летию со дня рождения. ООО Коми республиканская типография. Сыктывкар, 2019, 208 с.

<https://www.isjss.com>

CONFERENCE INFORMATION

INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTH SCIENCE AND CLIMATE CHANGE

21-22 October, 2024, Roma, Italy

Website: <https://www.clocate.com/international-conference-on-earth-science-and-climate-change/103317/>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOLOGY AND GEOPHYSICS ICGG

28-29 October, 2024, Montreal, Canada

Website: <https://waset.org/geology-and-geophysics-conference-in-october-2024-in-montreal>

Program: <https://waset.org/conferences-in-october-2024-in-montreal/program>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOLOGY AND GEOPHYSICS ICGG

04-05 November, 2024, Amsterdam, Netherlands

Website: <https://waset.org/geology-and-geophysics-conference-in-november-2024-in-amsterdam>

Program: <https://waset.org/conferences-in-november-2024-in-amsterdam/program>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON OIL, GAS AND PETROLEUM GEOLOGY ICOGPG

04-05 November, 2024, Amsterdam, Netherlands

Website: <https://waset.org/oil-gas-and-petroleum-geology-conference-in-november-2024-in-amsterdam>

Program: <https://waset.org/conferences-in-november-2024-in-amsterdam/program>

**GEOKURDISTAN VI – THE SIXTH INTERNATIONAL
GEOLOGICAL CONFERENCE OF KURDISTAN**

5-7 November 2024, Slemani, Kurdistan Region, Iraq

Website: <https://gk-conference.com/>

PROCESS MINERALOGY '24

11-13 November, 2024, Cape Town, South Africa

Website: <https://mei.eventsair.com/process-mineralogy-24/>

INTERNATIONAL PROFESIONAL GEOLOGY

21-23 November, 2024, Zaragoza, Spain

Website: <http://www.icog.es>

Program: <http://www.icog.es>

GSNZ ANNUAL CONFERENCE 2024

25-29 November, 2024, Dunedin, New Zealand

Website: <https://confer.eventsair.com/gsnz2024/>

**COURSE – ROCK PHYSICS, GEOMECHANICS, AND HAZARD
OF FLUID-INDUCED SEISMICITY**

02-05 December, 2024, Virtual, Any Location (virtual event)

Website: <https://seg.org/courses/rock-physics-geomechanics-and-hazard-of-fluid-induced-seismicity/>

AMERICAN GEOPHYSICAL UNION – ANNUAL MEETING

09-13 December, 2024, Washington, D.C., United States

Website: <https://www.agu.org/Plan-for-a-Meeting/AGUMeetings>

**WRE 2024 - 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE
ON WATER RESOURCE AND ENVIRONMENT**

15-18 December, 2024, Hong Kong, China

Website: <https://www.wreconf.org/>

IGC-2024 – INDIAN GEOTECHNICAL CONFERENCE

19-21 December, 2024, Aurangabad, India

Website: <https://igc2024mit.com/>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOLOGY AND GEOPHYSICS

30-31 December, 2024, Honolulu, United States

Website: <https://waset.org/geology-and-geophysics-conference-in-december-2024-in-honolulu>

Program: <https://waset.org/conferences-in-december-2024-in-honolulu/program>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOLOGY AND GEOPHYSICS ICGG

07-08 January, 2025, Tokyo, Japan

Website: <https://waset.org/geology-and-geophysics-conference-in-january-2025-in-tokyo>

Program: <https://waset.org/conferences-in-january-2025-in-tokyo/program>

GUIDE FOR AUTHORS

The editorial board of a journal "Stratigraphy, petroleum sedimentology, geochemistry" accepts papers, reviews and brief information. Manuscripts should be submitted in Azerbaijani, Russian and English.

Articles, after publication, are assigned an individual DOI identifier

The title of the manuscript

(font: Times New Roman (TNR) – 12 pt., all letters in the Title capital, bold, should be placed symmetrically relatively the middle of page along the width of text margin (16.5 cm), then – type the author's last name then initials, in one space). Title should be given in the original language of the manuscript in line with Russian and English translation.

Author's names and initials and affiliation

(font: – 11 pt, lower-case letters, should be placed symmetrically relatively the middle of page, text margin. Then, below, type the title of the affiliation, its mail address and after the colon – e-mail address of the corresponding author (for contacts and correspondence at all stages of the review process, publication, and in the period after publication). Font: – 11 pt, italics, letters lower-case, should be placed symmetrically relatively the middle of page along the width of text margin. Email address of the corresponding author indicates that the author will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication.

Authors should be indicated as follows: first is the last name then initials. If the authors work in different affiliations, after initials should be put superscript. After the authors' last name and initials, in the next line the respective superscript should be placed, corresponding to the affiliation of the authors. For instance, such as below,

Ismail-Zadeh A.J.¹, Musyaev Sh.D.², Veliyev Z.A.¹

¹*Geology and Geophysics Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences
119, H. Javid Ave., Baku, Azerbaijan, AZ1073: arifismail@mail.ru*

²*"AzerGold" CJSC*

M.Mushfig Str., 2H, Baku, Azerbaijan, AZ1004

Summary

Please provide Summary of 200 to 250 words describing the objectives of the research, and the rationale and methods (if relevant), should be included. The word "Summary" should be bold. Both the word "Summary" and the text should have font: – 11 pt, lower-case letters. The text in Summary should not contain formula. References should be avoided. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. The width of the text should not exceed 13.5 cm and should be placed symmetrically relatively the middle of page. Single space between lines should be considered. Summary should be given in the original language of the manuscript, also in Russian and English and contain 200-250 words.

Keywords

Immediately after the abstract in a single space provide a maximum of 7 keywords, avoiding general and plural terms and multiple concepts (if possible, avoid, for example, 'and', 'of'). The word "Keywords" with colon should be bold and italic. After the colon the keywords should appear italic and separating from each other by comma. The keywords will be used for indexing purposes. After two spaces Introduction should come.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Requirement to manuscript design

There are no strict requirements on consequent enumeration of the titles in the manuscript. Authors can put title in any style or format as long as the titles in the manuscript are consistent. Authors can select to either enumerate each title or not to enumerate. Titles and subtitles are indented in the text by separate line on the line with an indentation and are printed by bold font – 14pt (for titles) and 12pt (for subtitles). Their appearance begins on the left margin of the text.

Text of the manuscript

Each paragraph begins with indentation of 1 cm from the left margin of the column. The spaces between lines in the text are 1.5 interval, the text of the paper is printed in the MW. Recommended font: 14pt (Times New Roman). The other fonts (Helvetica, Arial and etc.), should be avoided. The papers are presented in Azerbaijani, Russian, or English languages. However, if presented in Azerbaijani language, please, ensure to provide the Russian version of the manuscript. Overall, the preference will be given to the papers presented in English.

The text of the paper should be formatted (in particular, all lines should be justified from left and right without leaving the margins of the text), should be edited and checked from the spelling viewpoint, special geographical terms and signs (in the international SI system).

Page format

Page format corresponds to A4 format, (21,0×29,7cm). Margins: from left 3 cm, right – 1.5 cm, from top and bottom – 2 cm. Number all manuscript pages consecutively in the lower right corner.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

Theory section should extend, not repeat the background to the manuscript already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Illustrations, tables, formulas

Each figure (map, diagram, scheme, etc.) should be presented as a separate object in the end of the text or as file in JPEG (*.jpeg, *.jpg). As a rule, their sizes should not exceed 7.75 cm in the width. It should not exceed the width of text margin (16.5 cm) and located symmetrically relatively the middle of page. Picture caption should be carried out by font – 12pt (bold), the caption (deciphering of conditional signs, explanation etc.) font TNR – 12 pt in italics. Each figure and caption should be on one page, and figure caption is under the figure.

For graphical work, you are recommended to use the following guidelines:

- For bitmap images, use the JPG/JPEG, TIF format at 300-dpi resolution, 256 grayscales.
- Vector images must be submitted in CorelDraw, Adobe Photoshop.
- For photographs, use a JPG/JPEG, TIF format at no less than 300 dpi.

Numbers and names of tables are given by font – 12pt (bold) above them. The tables should not be huge and should not be left the boundaries of text margin. The tables should not have continuation from one page to another. The tables should be placed in the text of the paper. Please, number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Each figure and its caption must be placed on the same page, with the caption directly below the figure. Abbreviations are not allowed in the table.

Formulas are given without intermediate computation, with compulsory deciphering of symbols using in them (immediately after formulas), with a distinct displacement of degrees and footnote indexes, relatively the middle of page, containing this formula. Numbers of formulas are put in round brackets near the right margin of text on one line with formula in case if they are mentioned in text. Microsoft Equation is recommended for formulas. The width of line with formula and number of formula should not exceed 7.75 cm.

Results and/or Discussions

Results should be clear and concise. Discussion should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short. **Conclusions** section may stand alone or form a subsection of a **Discussion** or **Results and Discussion** section, depending on the decision of author(s), style of the research in manuscript, obtained results from theory/calculations, etc.

Reference

Please, use the style of the References such as below. No numeration. Non-dependent on the original language of the manuscript, References must be provided also in English. If the reference in origin is either in Azerbaijani language or in Russian, please, translate the name of the book/article/material in English, but put the origin of the language in parenthesis, such as (in Russian). Please, remain the name of the Publishing House non-translated, such as Nauka, Nedra, Nafta-press, Elm, etc.

Example:

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Hasanov T.Ab. Ophiolites of Lesser Caucasus. Nedra. Moscow, 1985, 240 p. (in Russian).

Isachenko A.G. Landscape studies and physico-geographical zoning. Vysshaya shkola. Moscow, 1991, 366 p. (in Russian).

Bortnikov N.S. Geochemistry and origin of ore forming fluids in hydrothermal-magmatic systems in tectonically active zones. Geology of ore fields. Vol. 48, No. 1, 2006, pp. 3-28 (in Russian).

Examples of References for the paper submitted in English

REFERENCES

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F. (Editors). Environmental Magnetism: a practical guide, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy correlation. Netherlands Journal of Geosciences, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W., Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys. 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. Geophys. Res. Lett., Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Mammadov A.B., Aleskerov B.D. Pleistocene of Azerbaijan. Azerbaijan National Academy of Sciences. Institute of Geography. Baku, 2002, 70 p. (in Russian).
- Pilipenko O.V., Sharonova Z.V., Trubikhin V.M., Novruzov Z., Karyagdy S.K., Abrakhamson N. Study of environmental change of Karaja section rocks formation (Azerbaijan) on results of petromagnetic research. Earth Physics, No. 4, 2009, pp. 85-96 (in Russian).
- Trubikhin V.M. Paleomagnetic method and dating of regional geological events of Pontian-Caspian. New data on geochronology of Quaternary period. Nauka. Moscow, 1987, pp. 150-157 (in Russian).

ЛИТЕРАТУРА

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F., (Editors). Environmental Magnetism: a practical guide, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London, 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shore line: stratigraphy correlation. Netherlands Journal of Geosciences, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W. and Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys. 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. Geophys. Res. Lett., Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Мамедов А.В., Алескеров Б.Д. Плейстоцен Азербайджана. Национ. Акад.наук Азербайджана. Институт Географии. Баку, 2002, 70 с.
- Пилипенко О.В., Шаронова З.В., Трубихин В.М., Новрузов З., Карягды С.К., Абрахамсен Н. Изучение изменений среды формирования пород разреза Караджа (Азербайджан) по результатам петромагнитных исследований. Физика Земли, No. 4, 2009, с. 85-96.
- Трубихин В.М. Палеомагнитный метод и датирования региональных геологических событий Понто-Каспия. Новые данные по геохронологии четвертичного периода. Наука. Москва, 1987, с. 150-157.

Example of References for the paper submitted in Azerbaijani (or Russian) languages

ƏDƏBİYYAT

- Azərbaycan Respublikası əhalisinin siyahıyaalınması. 2009-cu il. XIX cild, Bakı, 2011, 820 s.
- Azərbaycan Respublikasının konstruktiv coğrafiyası. (Budağov B.Ə. redaktəsi altında). 3 cildə, III cild, Avropa. Bakı, 2003, 256 s.

REFERENCES

- Alizade E.K., Tarikhazer S.A. Exomorphodynamics of mountain relief and its estimation. Victory. Baku, 2016, 236 p. (in Russian).
- Budagov B.A. Modern natural landscapes of the Azerbaijan SSR. Elm. Baku, 1988, 135 p. (in Russian).

- Ibrahimov T.O. Landşaft tədqiqatları və onların ekoloji problemləri. Elm. Bakı, 2015, 384 s.
- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikasının müasir landşaftlarının antropogen transformasiyası. Mars Print. Bakı, 2011, 299 s.
- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikası təbii landşaftlarının optimallaşdırılması. AzTU mətbəəsi. Bakı, 2012, 216 s.
- Məmmədov Q.Ş. Torpaşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları. Elm. Bakı, 2007, 660 s.
- Məmmədov R.M. Azərbaycanda landşaft planlaşdırılması (ilk təcrübə və tətbiq). Bakı, 2009, 142 s.
- Namazova S.N. Xızı inzibati rayonunun davamlı inkişafı və landşaft planlaşdırılmasının qiymətləndirilməsi. Pedagoji Universitet Xəbərləri, təbiət elmləri bölməsi, No. 4, 2014, s. 70-72.
- Süleymanov M.Ə. Azərbaycanın təbii və antropogen landşaftlarının coğrafi qanunauyğunluqları. Əbilov, Zeynalov və oğulları. Bakı, 2005, 248 s.
- Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экзоморфодинамика рельефа гор и ее оценка. Victory. Баку, 2016, 236 с.
- Будагов Б.А. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку, 1988, 135 с.
- Казакоев Л.К. Ландшафтоведение (природные и антропогенные ландшафты). МНЭПУ. Москва, 2004, 264 с.
- Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Вища школа. Львов, 1974, 202 с.
- Census of the population of the Republic of Azerbaijan, 2009. Vol. 19. Baku, 2011, 820 p. (in Azerbaijani).
- Constructive geography of the Republic of Azerbaijan (edited by B.A.Budagov). In three volumes. Vol. 3. Avropa. Baku, 2003, 256 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Anthropogenic transformation of modern landscapes in Azerbaijan Republic. Mars print. Baku, 2011, 299 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Optimization of natural landscapes in Azerbaijan Republic. Printing house of ATU. Baku, 2012, 216 p. (in Azerbaijani).
- Ibrahimov T.O. Landscape studies and their ecological problems. Elm. Bakı, 2015, 384 p. (in Azerbaijani).
- Kazakov L.K. Landscape science (natural and anthropogenic landscapes). Academy MNEPU. Moscow, 2004, 264 p. (in Russian).
- Mammadov G.Sh. Fundamentals of soil science and soil geography. Elm. Baku, 2007, 660 p. (in Azerbaijani).
- Mammadov R.M. Landscape planning in Azerbaijan (first experience and application). Baku, 2009, 142 p. (in Azerbaijani).
- Miller G.P. Landscape studies of the mountain and foothill areas. Vishcha shkola. Lviv, 1974, 202 p. (in Russian).
- Namazova S.N. Assessment of sustainable development and landscape planning of Khyzi administrative district. Proceedings of Pedagogical University, series of natural sciences, No. 4, 2014, pp. 70-72 (in Azerbaijani).
- Suleymanov M.A. Geographical laws of natural and anthropogenic landscapes of Azerbaijan. Abilov, Zeynalov ve oğullari. Baku, 2005, 248 p. (in Azerbaijani)

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Citation in the text must be given depending on the origin of the manuscript language.

All citations in the text should be in parenthesis and should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Groups of references should be listed chronologically. Example: “as evidenced (Bryulov, 1999; McKenzie, 2000)...”. Citation can be also such as follows: “Alizadeh et al. (2016) have recently shown ...”.

List: References should be arranged alphabetically. Font – 12 pt. Family name starts with the capital letter, the rest letters in the family name – in lower-case, no comma after the family name. After author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, volume/issue number, book chapter/ journal number, printing house, city, year of publication and pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Ismayil-zadeh A.J. Bipolar conjugation of volcano-plutonic and ophiolitic belts in Caucasus. Proceedings of NAS of Azerbaijan. The Sciences of Earth, No. 1, 2009, pp. 40-53 (in Russian).

Reference to book:

Mustafayev G.V. Mesozoic granitoid formations of Azerbaijan and peculiarities of its metallogeny. Elm. Baku, 1977, 234 p. (in Russian).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam G.R., Adams L.B. How to prepare an electronic version of your article. In: Introduction to the Electronic Age. E-Publishing Inc., New York, 2009, pp. 281–304.

Reference to dissertation and/or Abstract of dissertation (known as Avtoreferat):

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Reference to Conferences and Symposia

Khain V.Ye. Northcaucasian-Turkmeno-Northafganian Late Triassic volcano-plutonic belt and detection of north zone of Tethys. Doklady AS of USSR, Vol. 249, No. 5, 1979, pp. 1190-1192 (in Russian).

Reference to a website:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. 1975, <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset (methodological recommendation booklet):

Oguro M., Imahiro S., Saito S., Nakashizuka T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, Vol. 1, 2015.

Submission

All submitted papers undergo reviewing and approval by the Editorial Board. Papers which passed this procedure and received a positive review, are published free of charge. Authors should submit their manuscripts online to the Editorial Board via “**Submit the manuscript**”.

The term of the manuscript reviewing takes from **one to two months** since the date of its submission to the Editorial Office. Manuscripts are published in the order of their submission. Help us to make your manuscripts to the highest possible standards – in both paper and electronic formats. Submitting your manuscripts in an electronic format helps us produce your work to the best possible standards, ensuring accuracy, clarity and a high level of detail.

In the case when the manuscript will be returned to the authors for alteration, the revised version should be returned to the editorial office **within two weeks**. If the manuscript is delayed by the authors for **over two weeks**, it will thereafter be considered by the editorial office to be newly received.

When submitting a paper, please, send the scanned electronic version of the cover letter addressed to the Editor-in-Chief with a request to accept the paper for review according to the rules of the Journal and after required procedures, if applicable, to publish it.

MÜƏLLİFLƏR ÜÇÜN QAYDALAR

“Stratigrafiya, neft sedimentologiyası, geokimya” jurnalının redaksiya heyəti məqalələri, icmal xarakterli məlumatları, müzakirələri və qısa məlumatları qəbul edir. Məqalələr İngilis, Rus və Azərbaycan dillərində təqdim edilə bilər.

Nəşr edildikdən sonra məqalələrə fərdi DOI identifikatoru verilir.

Məqalənin adı

Şrift: Times New Roman (TNR) – 12 pt, bütün hərflər böyük, qalın olmalı, səhifənin ortasında tam eninə (16,5 sm) simmetrik yerləşdirilməlidir. Sonra bir interval buraxaraq müəlliflərin soyadı və adının baş hərfləri yazılmalıdır. Məqalənin adı orijinalda rus və ingilis tərcümələrinə uyğun olaraq yazılmalıdır.

Müəlliflərin inisialı və soyadı, işlədikləri təşkilatın adı

Şriftin ölçüsü – 11 pt, kiçik hərflərlə səhifənin mərkəzinə simmetrik yerləşdirilməlidir. Aşağıda təşkilatın adı, poçt ünvanı iki nöqtə ilə – müəllifin e-mail ünvanı (bütün mərhələlərdə, eləcə də nəşrdən sonrakı yazışmalar və müraciətlər üçün). Şrift – 11 pt, kursiv, kiçik hərflərlə, səhifənin tam eninə simmetrik yerləşdirilməlidir.

Müəlliflər aşağıdakı ardıcılıqla qeyd edilməlidir: əvvəlcə soyad, sonra isə inisial. Əgər müəlliflər fərqli təşkilatlarda işləyirlərsə, inisialdan sonra yuxarı indeksdə rəqəm qoyulmalıdır. Soyad və inisialdan sonra, növbəti sətirdə müvafiq yuxarı indeks müəlliflərin işlədiyi təşkilatın adı ilə uyğun olaraq yerləşdirilməlidir. Məsələn, aşağıdakı kimi:

Ismail-Zadeh A.J.¹, Musyaev Sh.D.², Veliyev Z.A.¹

¹*Geology and Geophysics Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences
119, H. Javid Ave., Baku, Azerbaijan, AZ1073: arifismail@mail.ru*

²*“AzerGold” CJSC*

M.Mushfig Str., 2H, Baku, Azerbaijan, AZ1004

Xülasə

Xülasədə 200-250 söz olmalı və burada tədqiqatın məqsədi, mahiyyəti və lazım gələrsə, metodları (əgər tələb olunursa) izah edilməlidir. “Xülasə” sözü qalın şriftlə çap olunmalıdır. Həm “Xülasə” sözü, həm də mətn 11 pt. şrift ölçüsündə, kiçik hərflərlə yazılmalıdır. Xülasə mətni düsturlardan ibarət olmamalıdır. İstinadlardan istifadə etməyin. Standart olmayan və ya nadir abreviaturalardan çəkinin, lakin lazım gələrsə, onlar ilk dəfə qeyd edildikdə açıq şəkildə göstərilməlidir. Mətnin eni 13,5 sm-dən çox olmamalıdır və səhifəsinin mərkəzində simmetrik yerləşdirilməlidir. Mətnə sətirlər arasındakı məsafə – 1 interval olmalıdır. Xülasə orijinal dildə, rus və ingilis dillərində təqdim olunmalı və həcmi 200-250 söz olmalıdır.

Açar sözlər

Xülasədən sonra 1 interval buraxaraq, maksimum 7 sözdən ibarət açar sözlər yerləşdirilməlidir, bu zaman ümumi və çoxsaylı terminlərdən və anlayışlardan çəkinin (mümkünsə, məsələn, “və” bağlayıcısından istifadə etməyin). “Açar sözlər” iki nöqtə ilə kursiv və qalın şriftlə yazılmalıdır. İki nöqtə işarəsindən sonra açar sözlər kursivlə, vergüllə ayrılaraq yazılmalıdır. Açar sözlər indeksləşdirmə zamanı istifadə olunacaq. Daha sonra 2 intervaldan sonra Giriş yazılmalıdır.

Giriş

İşin məqsədlərini, mövzunun öyrənilməsini göstərin, bu vaxt dərc olunan materialların və ya tədqiqatın nəticələrinin ətraflı icmalından uzaq olun.

Məqalənin tərtibinin tələbləri

Mətnin sərlövhəsinin nömrələnməsi ilə bağlı birbaşa tələblər yoxdur. Müəlliflər sərlövhələri istədikləri stil və formatda çap edə bilərlər. Sərlövhələri nömrələmək və ya nömrələməmək müəlliflərin ixtiyarındadır. Sərlövhələr və yarımşərlövhələr mətndə ayrı bir sətirdə sol tərəfdə ara buraxaraq qalın şriftlə – 14 pt (sərlövhələr üçün) və 12 pt (yarımşərlövhələr üçün) çap olunmalıdır.

Məqalənin mətni

Hər bir abzas səhifənin sol tərəfindən 1 sm aralı başlayır. Mətndə sətirlər arasındakı məsafə – 1,5 interval olmalıdır, məqalə MW formatda çap edilməlidir. Təvsiyə olunan şrift ölçüsü – 14 pt (Times New Roman). Başqa şriftlərdən istifadə etməyin. Məqalələr Azərbaycan, rus və ya ingilis dilində təqdim olunmalıdır. Əgər məqalə azərbaycanca yazılıbsa, xahiş edirik, rus dilində olan versiyasını da əlavə edin. İngiliscə təqdim olunan məqalələrə üstünlük veriləcək.

Məqalənin mətni düzgün formatlanmalı (xüsusilə, bütün sətirlər soldan və sağdan düz olmalı, səhifədən kənara çıxmamalıdır), diqqətlə redaktə olunmalı və coğrafi adların, geoloji terminlərin və beynəlxalq SI sistemindəki simvolların düzgün yazılması baxımından yoxlanılmalıdır.

Səhifənin formatı

Səhifənin formatı A4 ölçüsünə (21,0 x 29,7 sm) uyğun olmalıdır. Kənarlar: soldan – 3 sm, sağdan – 1,5 sm, yuxarıdan və aşağıdan – hər biri 2 sm məsafədə, əlyazmasının səhifələrinin nömrələnməsi – aşağı sağ küncdə olmalıdır.

Material və metodlar

Müstəqil tədqiqatçının işi yenidən çapa edə bilməsi üçün ətraflı məlumat təqdim edin. Bundan əvvəl dərc olunmuş metodları qısa şəkildə izah edin və onlara istinad edin. Əvvəllər dərc olunmuş bir metodu birbaşa sitat gətirəndə onu dırnaq içində yazın və mənbəni göstərin. Mövcud metodların bütün dəyişikliklərini də qeyd etməlisiniz.

Nəzəriyyə və hesablamalar

Nəzəri hissə geniş şəkildə təqdim olunmalı və gələcək işlər üçün əsas yaratmalıdır, girişdə verilmiş məlumatlar təkrarlanmamalıdır. Hesablamalar bölməsi işin praktik hissəsini təsvir edir, bu da işin nəzəri mövqeyini təsdiqləyir.

İllüstrasiyalar, cədvəllər, düsturlar

Hər bir şəkil (xəritə, diaqram, sxem və s.) mətndən sonra ayrı obyekt kimi təqdim olunmalı və ya JPEG (*.jpeg, *.jpg) formatında fayl olaraq göndərilməlidir. Onların ölçüləri, bir qayda olaraq, eni 7,75 sm-i və ya səhifənin kənarlarını (16,5 sm) aşmamalıdır. Şəkillər səhifənin mərkəzində simmetrik yerləşdirilməlidir. Şəkilin altındakı yazıların ölçüsü – 12 pt, şəkilaltı yazı mətni (şerti işarələrin izahı və s.) – 12 pt; kursivlə yazılmalıdır. Hər bir şəkil və şəkilaltı mətn eyni səhifədə olmalı, şəkilaltı yazı mətni şəkilin altında yerləşməlidir.

Qrafik işlər üçün aşağıdakı qaydaları tövsiyə edirik:

- Rastr təsvirlər üçün JPG/JPEG, TIF formatını 300 dpi, boz rəngin 256 qradasiyasında istifadə edin.
- Vektor təsvirlər CorelDraw, Adobe Photoshop formatında təqdim olunmalıdır.
- Fotolar üçün JPG/JPEG, TIF formatını 300 dpi-dən aşağı olmayan rezolyusiyada istifadə edin.

Cədvəllərin nömrələri və adları onların üzərində 12 pt şriftlə göstərilməlidir. Cədvəllər çox mürəkkəb olmamalıdır və səhifədən kənara çıxmamalıdır. Cədvəlin bir səhifədən digərinə keçməsi qadağandır. Cədvəllər məqalənin mətni içində yerləşdirilməlidir. Cədvəlləri mətndəki yerinə uyğun olaraq bir-birinin ardınca nömrələyin, cədvələ aid qeydləri isə cədvəlin altında yerləşdirin. Cədvəldə qısaltmalara icazə verilmir. Düsturlar araşdırmalar olmadan verilməlidir, istifadə olunan simvolların açılışı (düsturdan dərhal sonra) mütləq olmalıdır və dərəcələrin və alt indekslərin mətndəki düsturun ortasında dəqiq şəkildə yerləşdirilməsi tələb olunur. Düsturların nömrələri, əgər onlara istinad olunursa, düsturun sağ tərəfində, düstur ilə eyni xətdə dairəvi mötərizələr içində göstərilməlidir. Düsturların yazılması üçün Microsoft Equation redaktorundan istifadə edilməlidir. Düstur və düstur nömrəsi olan sətirin eni 7,75 sm-dən çox olmamalıdır.

Nəticələr və/və ya Müzakirələr

Nəticələr aydın və qısa şəkildə təqdim edilməlidir. Müzakirələrdə işin nəticələrinin əhəmiyyəti xüsusi qeyd edilməlidir, nəticələri təkrarlamamalı, çoxsaylı sitatlardan və dərc olunmuş ədəbiyyatın müzakirələrindən çəkinilməlidir. Nəticələr və Müzakirələr bölmələrinin birləşdirilməsi mümkündür.

Nəticələr

Tədqiqatın əsas nəticələri qısa şəkildə təqdim oluna bilər. Nəticələr bölməsi ayrıca yerləşdirilə bilər və ya Müzakirələr və ya Nəticələr və Müzakirələr bölmələrinin alt bölməsi kimi müəlliflərin seçiminə uyğun olaraq, eləcə də məqalənin üslubuna, əldə olunan nəzəri nəticələrə, hesablamalara və s. görə yerləşdirilə bilər.

Ədəbiyyat

Ədəbiyyat aşağıda verilmiş tələblərə və nümunələrə uyğun olmalıdır: nömrələnmədən verilməlidir; orijinal dilindən asılı olmayaraq, ədəbiyyat mütləq ingilis dilində də təqdim olunmalıdır. Əgər ədəbiyyat orijinalda, həm azərbaycanca, həm də rusca təqdim olunubsa, kitabın/məqalənin/materialın adını ingilis dilinə tərcümə edin, lakin orijinal dili mötərizədə aşağıdakı kimi göstərin: (in Russian).

Nəşriyyatın adını tərcümə etmədən göstərin, məsələn: Nauka, Nedra, Nafta-Press, Elm və s.

Məsələn:

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Hasanov T.Ab. Ophiolites of Lesser Caucasus. Nedra. Moscow, 1985, 240 p. (in Russian).

Isachenko A.G. Landscape studies and physico-geographical zoning. Vysshaya shkola. Moscow, 1991, 366 p. (in Russian).

Bortnikov N.S. Geochemistry and origin of ore forming fluids in hydrothermal-magmatic systems in tectonically active zones. *Geology of ore fields*. Vol. 48, No. 1, 2006, pp. 3-28 (in Russian).

Məqalə üçün ədəbiyyat siyahısının ingilis dilində təqdim olunmuş nümunəsi

REFERENCES

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F. (Editors). *Environmental Magnetism: a practical guide*, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy correlation. *Netherlands Journal of Geosciences*, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W., Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. *U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys.* 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Mammadov A.B., Aleskerov B.D. Pleistocene of Azerbaijan. *Azerbaijan National Academy of Sciences. Institute of Geography*. Baku, 2002, 70 p. (in Russian).
- Pilipenko O.V., Sharonova Z.V., Trubikhin V.M., Novruzov Z., Karyagdy S.K., Abrakhamson N. Study of environmental change of Karaja section rocks formation (Azerbaijan) on results of petromagnetic research. *Earth Physics*, No. 4, 2009, pp. 85-96 (in Russian).
- Trubikhin V.M. Paleomagnetic method and dating of regional geological events of Pontian-Caspian. *New data on geochronology of Quaternary period*. Nauka. Moscow, 1987, pp. 150-157 (in Russian).

ЛИТЕРАТУРА

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F., (Editors). *Environmental Magnetism: a practical guide*, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London, 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shore line: stratigraphy correlation. *Netherlands Journal of Geosciences*, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W. and Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. *U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys.* 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Мамедов А.В., Алескеров Б.Д. Плейстоцен Азербайджана. *Национ. Акад.наук Азербайджана. Институт Географии*. Баку, 2002, 70 с.
- Пилипенко О.В., Шаронова З.В., Трубихин В.М., Новрузов З., Карягды С.К., Абрахамсен Н. Изучение изменений среды формирования пород разреза Караджа (Азербайджан) по результатам петромагнитных исследований. *Физика Земли*, No. 4, 2009, с. 85-96.
- Трубихин В.М. Палеомагнитный метод и датирования региональных геологических событий Понто-Каспия. *Новые данные по геохронологии четвертичного периода*. Наука. Москва, 1987, с. 150-157.

Məqalə üçün ədəbiyyat siyahısının Azərbaycan (və ya rus) dilində təqdim olunmuş nümunəsi

ƏDƏBİYYAT

- Azərbaycan Respublikası əhalisinin siyahıyaalınması. 2009-cu il. XIX cild, Bakı, 2011, 820 s.
- Azərbaycan Respublikasının konstruktiv coğrafiyası. (Budagov B.Ə. redaktəsi altında). 3 cildə, III cild, Avropa. Bakı, 2003, 256 s.
- Ibrahimov T.O. Landşaft tədqiqatları və onların ekoloji problemləri. *Elm*. Bakı, 2015, 384 s.
- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikasının müasir landşaftlarının antropogen transformasiyası. *Mars Print*. Bakı, 2011, 299 s.
- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikası təbii landşaftlarının optimallaşdırılması. *AzTU mətbəəsi*. Bakı, 2012, 216 s.
- Məmmədov Q.Ş. Torpaqşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları. *Elm*. Bakı, 2007, 660 s.
- Məmmədov R.M. Azərbaycanda landşaft planlaşdırılması (ilk təcrübə və tətbiq). Bakı, 2009, 142 s.
- Namazova S.N. Xızı inzibati rayonunun davamlı inkişafı və landşaft planlaşdırılmasının qiymətləndirilməsi. *Pe-*

REFERENCES

- Alizade E.K., Tarikhazer S.A. Exomorphodynamics of mountain relief and its estimation. *Victory*. Baku, 2016, 236 p. (in Russian).
- Budagov B.A. Modern natural landscapes of the Azerbaijan SSR. *Elm*. Baku, 1988, 135 p. (in Russian).
- Census of the population of the Republic of Azerbaijan, 2009. Vol. 19. Baku, 2011, 820 p. (in Azerbaijani).
- Constructive geography of the Republic of Azerbaijan (edited by B.A.Budagov). In three volumes. Vol. 3. Avropa. Baku, 2003, 256 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Anthropogenic transformation of modern landscapes in Azerbaijan Republic. *Mars print*. Baku, 2011, 299 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Optimization of natural landscapes in Azerbaijan Republic. *Printing house of ATU*. Baku, 2012, 216 p. (in Azerbaijani).
- Ibrahimov T.O. Landscape studies and their ecological problems. *Elm*. Baku, 2015, 384 p. (in Azerbaijani).

- daqoji Universitet Xəbərləri, təbiət elmləri bölməsi, No. 4, 2014, s. 70-72.
- Süleymanov M.Ə. Azərbaycanın təbii və antropogen landşaftlarının coğrafi qanunauyğunluqları. Əbilov, Zeynalov və oğulları. Bakı, 2005, 248 s.
- Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экзоморфодинамика рельефа гор и ее оценка. Victory. Баку, 2016, 236 с.
- Будагов Б.А. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку, 1988, 135 с.
- Казакон Л.К. Ландшафтоведение (природные и антропогенные ландшафты). МНЭПУ. Москва, 2004, 264 с.
- Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Вища школа. Львов, 1974, 202 с.
- Kazakov L.K. Landscape science (natural and anthropogenic landscapes). Academy MNEPU. Moscow, 2004, 264 p. (in Russian).
- Mammadov G.Sh. Fundamentals of soil science and soil geography. Elm. Baku, 2007, 660 p. (in Azerbaijani).
- Mammadov R.M. Landscape planning in Azerbaijan (first experience and application). Baku, 2009, 142 p. (in Azerbaijani).
- Miller G.P. Landscape studies of the mountain and foothill areas. Vishcha shkola. Lviv, 1974, 202 p. (in Russian).
- Namazova S.N. Assessment of sustainable development and landscape planning of Khyzi administrative district. Proceedings of Pedagogical University, series of natural sciences, No. 4, 2014, pp. 70-72 (in Azerbaijani).
- Suleymanov M.A. Geographical laws of natural and anthropogenic landscapes of Azerbaijan. Abilov, Zeynalov ve ogullari. Baku, 2005, 248 p. (in Azerbaijani)

Xahiş edirik, mətndə istinad edilən hər bir ədəbiyyat mənbəyinin ədəbiyyat siyahısında olmasına (və əksinə) diqqət yetirin. Mətndəki istinadlar original dildə verilməlidir.

Bütün istinadlar mətndə mötərizəyə alınmalı və aşağıdakı qaydalara uyğun olmalıdır:

- Bir müəllif: müəllifin soyadı (inisial olmadan), nəşr ili;
- İki müəllif: hər iki müəllifin soyadı, nəşr ili;
- Üç və ya daha çox müəllif: birinci müəllifin soyadı, ardından “et al.” (və s.), nəşr ili.

Bir sıra istinadlar xronoloji ardıcılıqla təqdim olunmalıdır. Məsələn, (Bryulov, 1999; McKenzie, 2000)...”. İstinad həmçinin aşağıdakı formada da ola bilər: “Alizadeh et al. (2016) have recently shown ...”.

Ədəbiyyat siyahısı: İstifadə olunan ədəbiyyat mənbələri əlifba sırasına uyğun olmalıdır. Şriftin ölçüsü – 12 pt. Soyad böyük hərflə başlayır, digər hərflər kiçik olmalıdır, soyaddan sonra vergül olmamalıdır. Soyad(lar)dan sonra jurnalın adı/kitabın adı/ bölmənin adı/məqalənin adı, cild/nömrə, kitabın bölməsi/jurnalın nömrəsi, nəşriyyat, şəhər, nəşr ili və səhifə nömrələri göstərilməlidir. DOI identifikasiya indekslərinin istifadəsi tövsiyə olunur. Eyni müəllifin eyni nəşr ili üçün bir neçə ədəbiyyat mənbəyi varsa, əlavə olaraq “a”, “b”, “c” və s. hərfləri tətbiq olunmalıdır (Aliyev, 2009a).

Nümunələr:

Jurnal məqalələrinə istinadlar:

Ismayil-zadeh A.J. Bipolar conjugation of volcano-plutonic and ophiolitic belts in Caucasus. Proceedings of NAS of Azerbaijan. The Sciences of Earth, No. 1, 2009, pp. 40-53 (in Russian).

Kitablar və monoqrafiyalara istinadlar:

Mustafayev G.V. Mesozoic granitoid formations of Azerbaijan and peculiarities of its metallogeny. Elm. Baku, 1977, 234 p. (in Russian).

Redaktə olunan kitablardakı bölmələrə istinadlar:

Mettam G.R., Adams L.B. How to prepare an electronic version of your article. In: Introduction to the Electronic Age. E-Publishing Inc., New York, 2009, pp. 281-304.

Dissertasiyalar və ya avtoreferatlara istinadlar:

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Konfranslar və simpoziumlara istinadlar:

Khain V.Ye. Northcaucasian-Turkmeno-Northafganian Late Triassic volcano-plutonic belt and detection of north zone of Tethys. Doklady AS of USSR, Vol. 249, No. 5, 1979, pp. 1190-1192 (in Russian).

Veb-saytlara istinadlar:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. 1975, <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>(accessed 13 March 2003).

Məlumat bazalarına istinadlar (metodoloji məqalələr, broşürlər):

Oguro M., Imahiro S., Saito S., Nakashizuka T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, Vol. 1, 2015.

Məqalələrin təqdim edilməsi

Təqdim olunan bütün məqalələr resenziyalaşdırılma və redaksiya heyəti tərəfindən təsdiqlənməyə göndərilir. Bu prosedurdan keçən və müsbət rəy alan məqalələr pulsuz dərc olunur. Müəlliflər əlyazmalarını **“Məqaləni təqdim et” (Submit the manuscript)** funksiyası vasitəsilə onlayn olaraq Redaksiya Heyətinə təqdim etməlidirlər.

Rəy prosesi məqalənin redaksiyaya təqdim olunmasından etibarən **1-2 ay müddətində** davam edir. Məqalələr qəbul edildikləri ardıcılıqla dərc olunur. Həm kağız, həm də elektron formatda təqdim olunan məqalələrin yüksək peşəkar standartlara uyğun olmasını xahiş edirik. Məqalələrin elektron formatda təqdim edilməsi etibarlılığı, dəqiqliyi və ətraflı məlumatlılığını təmin edərək işinizi yüksək səviyyədə hazırlamağa kömək edəcək.

Məqalə müəlliflərə dəyişikliklər edilməsi üçün qaytarıldıqda, düzəldilmiş variant **iki həftə ərzində** redaksiyaya qaytarılmalıdır. Əgər əlyazma müəllifin günahı üzündən **iki həftədən artıq** gecikərsə, redaksiya tərəfindən məqalə yenidən qəbul olunmuş kimi qiymətləndiriləcək.

Məqaləni təqdim edərkən baş redaktorun adına göndərilən müşayiət məktubunun skan edilmiş elektron versiyasını da göndərməli, məqalənin jurnalın qaydalarına uyğun olaraq baxılması və bütün tələblərə uyğun olduğu halda çap olunması xahiş olunmalıdır.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакционный совет журнала "Stratigraphy, petroleum sedimentology, geochemistry" принимает статьи, обзорную информацию, дискуссии и краткие сообщения. Статьи могут быть представлены на английском, русском и азербайджанском языках.

После публикации, статьям присваивается индивидуальный идентификатор DOI

Название статьи

Шрифт: Times New Roman (TNR) – 12 pt, все буквы заглавные, жирные, следует располагать симметрично относительно середины страницы по всей ширине текстового поля (16,5 см), далее через один интервал печатать фамилии авторов и инициалы. Название печатается на языке оригинала, соответствующего русскому и английскому переводам.

Инициалы и фамилии авторов, название организации, в которой они работают

Размер шрифта – 11 pt, строчные буквы нужно располагать симметрично относительно середины страницы, текстового поля. Далее ниже печатать название организации, ее почтовый адрес и после двоеточия – e-mail автора (для контактов и переписки на всех этапах процесса рецензирования, публикации, а также в период после публикации). Шрифт – 11 pt, курсив, буквы строчные, располагать симметрично относительно середины страницы по всей ширине текстового поля.

Авторов следует указывать в следующем порядке: сначала печатается фамилия, затем инициалы. Если авторы работают в разных организациях, после инициалов следует ставить цифру в надстрочном индексе. После фамилии и инициалов авторов на следующей строке нужно расположить соответствующий надстрочный индекс в соответствии с названием организации авторов. Например, так, как указано ниже:

Ismail-Zadeh A.J.¹, Musyayev Sh.D.², Veliyev Z.A.¹

¹*Geology and Geophysics Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences
119, H. Javid Ave., Baku, Azerbaijan, AZ1073: arifismail@mail.ru*

²*"AzerGold" CJSC*

M.Mushfig Str., 2H, Baku, Azerbaijan, AZ1004

Резюме

Следует включить резюме из 200-250 слов, описывающих задачи, суть, а также методы (если необходимо) исследования. Слово «Резюме» печатать жирным шрифтом. Как слово «Резюме», так и текст должны иметь размер шрифта – 11 pt., буквы – строчные. Текст резюме не должен содержать формул. Не используйте ссылки. Избегайте нестандартных или редких аббревиатур, но если они необходимы, то должны быть расшифрованы в самом резюме при первом упоминании. Ширина текста не должна превышать 13,5 см, а текст следует располагать симметрично относительно середины страницы. Расстояние между строками в тексте – 1 интервал. Резюме представляются на языках оригинала, русском и английском и должны содержать 200-250 слов.

Ключевые слова

Сразу после резюме через 1 интервал следует расположить ключевые слова, включающие максимум 7 слов, при этом избегайте общих и множественных терминов и понятий (если

возможно, не используйте, например, союз «и»). «Ключевые слова» с двоеточием нужно набирать курсивом и жирным шрифтом. После двоеточия сами ключевые слова печатаются курсивом через запятую. Ключевые слова будут использоваться при индексировании. Далее через 2 интервала печатать Введение.

Введение

Укажите цели работы, изученность темы, при этом избегайте подробного обзора публикаций или результатов исследований.

Требования к оформлению статьи

Нет прямых требований к нумерации заголовков рукописи. Авторы могут печатать заголовки в любом стиле и формате. Можно нумеровать и не нумеровать заголовки (на рассмотрение авторов). Заголовки и подзаголовки следует вставлять в текст в левом поле на отдельной строке с отступом и печатать жирным шрифтом – 14 pt (для заголовков) и 12 pt (для подзаголовков).

Текст статьи

Каждый абзац начинается отступом 1 см от левой границы текстового поля. Расстояние между строками в тексте – 1,5 интервала, текст статьи следует печатать в MW. Рекомендуемый размер шрифта – 14 pt (Times New Roman). Другие шрифты просим не использовать. Статьи представляются на азербайджанском, русском или английском языках. Однако, если они на азербайджанском, пожалуйста, приложите русскую версию рукописи. Предпочтение будет отдаваться статьям, представленным на английском языке.

Текст статьи должен быть отформатирован (в частности, все строки должны быть выровнены слева и справа, не выходя за поле текста), тщательно отредактирован и выверен с точки зрения правильности написания географических названий, геологических терминов и обозначений (в международной системе СИ).

Формат страницы

Формат страницы соответствует формату А4 (21,0 x 29,7 см). Поля: слева – 3 см, справа – 1,5 см, снизу и сверху – по 2 см. Нумерация страниц рукописи – в нижнем правом углу.

Материал и методы

Предоставьте детальную информацию, позволяющую воспроизвести работу независимым исследователем. Следует кратко изложить ранее опубликованные методы и указать на них ссылки. При непосредственном цитировании ранее опубликованного метода используйте кавычки и укажите источник. Нужно описывать любые модификации существующих методов.

Теория и расчеты (вычисления)

Теоретическая часть должна излагаться в расширенном виде и создавать основу для дальнейшей работы, а не повторять информацию, приведенную во введении. Раздел Расчеты (вычисления) описывает практическую часть работы, подтверждающую теоретические положения работы.

Иллюстрации, таблицы, формулы

Каждый рисунок (карта, диаграмма, схема и т.д.) представляется в виде отдельного объекта в конце текста или в виде файла в формате JPEG (*.jpeg, *.jpg). Их размеры, как правило, не должны превышать ширины в 7,75 см или текстового поля (16,5 см). Рисунки следует размещать симметрично относительно середины страницы. Размер шрифта подрисуночных подписей – 12 pt, а подрисуночного текста (расшифровка условных обозначений и т.д.) – 12 pt; набирается курсивом. Каждый рисунок и подрисуночный текст должны располагаться на одной странице, причем подрисуночный текст – под рисунком.

Для графической работы рекомендуется использовать следующие правила:

- Для растровых изображений используйте формат JPG/JPEG, TIF при разрешении 300 dpi, 256 градаций серого.
- Векторные изображения следует предоставлять в CorelDraw, Adobe Photoshop.
- Для фотографий применяйте формат JPG/JPEG, TIF при разрешении не менее 300 dpi.

Номера и названия таблиц приводятся шрифтом 12 pt над ними. Таблицы не должны быть громоздкими и выходить за пределы текстового поля. Перенос таблицы с одной страницы на другую не допускается. Таблицы должны быть помещены в текст статьи. Пронумеруйте таблицы одну за другой в соответствии с их местоположением в тексте, а примечания к ним разместите под таблицей. В таблице не допускаются сокращения. Формулы даются без промежуточных выкладок с обязательной расшифровкой используемых в них символов (сразу после формулы) с четким смещением степеней и подстрочных индексов относительно середины строки, содержащей эту формулу. Номера формул, если они упоминаются, указываются в круглых скобках у правой границы текста, на одной линии с формулой. Для набора формул следует использовать редактор Microsoft Equation. Ширина строки с формулой и номером формулы не должна превышать 7,75 см.

Результаты и/или Обсуждения

Результаты должны быть изложены четко и кратко. В Обсуждении следует акцентироваться на значимости результатов работы, а не повторять их, избегая многочисленных цитирований и обсуждений опубликованной литературы. Допускается объединение разделов Результаты и Обсуждение.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть изложены кратко. Раздел **Выводы** может располагаться отдельно или образовывать подраздел **Обсуждения** или **Результатов и Обсуждений** по рассмотрению авторов, а также в зависимости от стиля статьи, полученных теоретических результатов, вычислений и т.д.

Литература

Литература должна соответствовать нижеприведенным требованиям и примерам: приводиться без нумерации; независимо от языка оригинала, литература обязательно должна быть дана также на английском языке. Если литература в оригинале дана как на азербайджанском, так и на русском языках, переведите название книги/статьи/материала на английский, но укажите язык оригинала в скобках следующим образом: (in Russian).

Название издательства укажите без перевода, как например: Nauka, Nedra, Nafta-Press, Elm и т.д.

Например:

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Hasanov T.Ab. Ophiolites of Lesser Caucasus. Nedra. Moscow, 1985, 240 p. (in Russian).

Isachenko A.G. Landscape studies and physico-geographical zoning. Vysshaya shkola. Moscow, 1991, 366 p. (in Russian).

Bortnikov N.S. Geochemistry and origin of ore forming fluids in hydrothermal-magmatic systems in tectonically active zones. Geology of ore fields. Vol. 48, No. 1, 2006, pp. 3-28 (in Russian).

Пример Списка литературы для статьи, представленной на английском языке

REFERENCES

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F. (Editors). Environmental Magnetism: a practical guide, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shoreline: stratigraphy correlation. Netherlands Journal of Geosciences, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W., Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys. 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. Geophys. Res. Lett., Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Mammadov A.B., Aleskerov B.D. Pleistocene of Azerbaijan. Azerbaijan National Academy of Sciences. Institute of Geography. Baku, 2002, 70 p. (in Russian).
- Pilipenko O.V., Sharonova Z.V., Trubikhin V.M., Novruzov Z., Karyagdy S.K., Abrakhamzen N. Study of environmental change of Karaja section rocks formation (Azerbaijan) on results of petromagnetic research. Earth Physics, No. 4, 2009, pp. 85-96 (in Russian).
- Trubikhin V.M. Paleomagnetic method and dating of regional geological events of Pontian-Caspian. New data on geochronology of Quaternary period. Nauka. Moscow, 1987, pp. 150-157 (in Russian).

ЛИТЕРАТУРА

- Dearing J. Magnetic susceptibility. In: Walden J., Smith J.P., Oldfield F., (Editors). Environmental Magnetism: a practical guide, Quaternary Research Association. Technical Guide, No. 6, London, 1999, pp. 35-62.
- Dodonov A.E., Tchepalyga A.L., Mihailescu C.D., Zhou L.P., Markova A.K., Trubikhin V.M., Simahova A.N., Konikov E.G. Last-interglacial records from central Asia to the northern Black Sea shore line: stratigraphy correlation. Netherlands Journal of Geosciences, Vol. 79, No. 2/3, 2000, pp. 303-311.
- King J.W. and Channell J.E.T. Sedimentary magnetism, environmental magnetism, and magnetostratigraphy. U.S. Nat. Rep. Int. Union Geod. Geophys. Rev. Geophys. 1987-1990, V. 29, 1991, pp. 358-370.
- Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. Geophys. Res. Lett., Vol. 17(2), 1990, pp. 159-162.
- Мамедов А.В., Алескеров Б.Д. Плейстоцен Азербайджана. Национ. Акад.наук Азербайджана. Институт Географии. Баку, 2002, 70 с.
- Пилипенко О.В., Шаронова З.В., Трубихин В.М., Новрузов З., Карягды С.К., Абрахамсен Н. Изучение изменений среды формирования пород разреза Караджа (Азербайджан) по результатам петромагнитных исследований. Физика Земли, No. 4, 2009, с. 85-96.
- Трубихин В.М. Палеомагнитный метод и датирования региональных геологических событий Понто-Каспия. Новые данные по геохронологии четвертичного периода. Наука. Москва, 1987, с. 150-157.

Пример Списка литературы для статьи, представленной на азербайджанском (или на русском) языке

ƏDƏBİYYAT

- Azərbaycan Respublikası əhalisinin siyahıya alınması. 2009-cu il. XIX cild, Bakı, 2011, 820 s.
- Azərbaycan Respublikasının konstruktiv coğrafiyası. (Budagov B.Ə. redaktəsi altında). 3 cildə, III cild, Avropa. Bakı, 2003, 256 s.
- Ibrahimov T.O. Landşaft tədqiqatları və onların ekoloji problemləri. Elm. Bakı, 2015, 384 s.

REFERENCES

- Alizade E.K., Tarikhazer S.A. Exomorphodynamics of mountain relief and its estimation. Victory. Baku, 2016, 236 p. (in Russian).
- Budagov B.A. Modern natural landscapes of the Azerbaijan SSR. Elm. Baku, 1988, 135 p. (in Russian).
- Census of the population of the Republic of Azerbaijan, 2009. Vol. 19. Baku, 2011, 820 p. (in Azerbaijani).

- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikasının müasir landşaftlarının antropogen transformasiyası. Mars Print. Bakı, 2011, 299 s.
- Qəribov Y.Ə. Azərbaycan Respublikası təbii landşaftlarının optimallaşdırılması. AzTU mətbəəsi. Bakı, 2012, 216 s.
- Məmmədov Q.Ş. Torpaqsüənəşmə və torpaq coğrafiyasının əsasları. Elm. Bakı, 2007, 660 s.
- Məmmədov R.M. Azərbaycanda landşaft planlaşdırılması (ilk təcrübə və tətbiq). Bakı, 2009, 142 s.
- Namazova S.N. Xızı inzibati rayonunun davamlı inkişafı və landşaft planlaşdırılmasının qiymətləndirilməsi. Pedaqoji Universitet Xəbərləri, təbiət elmləri bölməsi, No. 4, 2014, s. 70-72.
- Süleymanov M.Ə. Azərbaycanın təbii və antropogen landşaftlarının coğrafi qanunauyğunluqları. Əbilov, Zeynalov və oğulları. Bakı, 2005, 248 s.
- Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экзоморфодинамика рельефа гор и ее оценка. Victory. Баку, 2016, 236 с.
- Будагов Б.А. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку, 1988, 135 с.
- Казакон Л.К. Ландшафтоведение (природные и антропогенные ландшафты). МНЭПУ. Москва, 2004, 264 с.
- Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Вища школа. Львов, 1974, 202 с.
- Constructive geography of the Republic of Azerbaijan (edited by B.A.Budagov). In three volumes. Vol. 3. Avropa. Bakı, 2003, 256 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Anthropogenic transformation of modern landscapes in Azerbaijan Republic. Mars print. Bakı, 2011, 299 p. (in Azerbaijani).
- Garibov Y.A. Optimization of natural landscapes in Azerbaijan Republic. Printing house of ATU. Bakı, 2012, 216 p. (in Azerbaijani).
- Ibrahimov T.O. Landscape studies and their ecological problems. Elm. Bakı, 2015, 384 p. (in Azerbaijani).
- Kazakov L.K. Landscape science (natural and anthropogenic landscapes). Academy MNEPU. Moscow, 2004, 264 p. (in Russian).
- Mammadov G.Sh. Fundamentals of soil science and soil geography. Elm. Bakı, 2007, 660 p. (in Azerbaijani).
- Mammadov R.M. Landscape planning in Azerbaijan (first experience and application). Bakı, 2009, 142 p. (in Azerbaijani).
- Miller G.P. Landscape studies of the mountain and foothill areas. Vishcha shkola. Lviv, 1974, 202 p. (in Russian).
- Namazova S.N. Assessment of sustainable development and landscape planning of Khyzi administrative district. Proceedings of Pedagogical University, series of natural sciences, No. 4, 2014, pp. 70-72 (in Azerbaijani).
- Suleymanov M.A. Geographical laws of natural and anthropogenic landscapes of Azerbaijan. Abilov, Zeynalov ve oğullari. Bakı, 2005, 248 p. (in Azerbaijani)

Пожалуйста, удостоверьтесь, что каждый литературный источник, на который ссылались в тексте, имеется в списке литературы (и наоборот). Ссылки в тексте должны даваться на языке оригинала.

Все ссылки в тексте должны быть заключены в скобки и относиться к:

1. Одному автору: фамилия автора (без инициалов), год издания;
2. Двум авторам: фамилии обоих авторов, год издания;
3. Трех и более авторам: фамилия первого автора, далее следует «et al.» (и др.), год издания.

Ряд ссылок следует представить в хронологическом порядке. Например, (Bryulov, 1999; McKenzie, 2000)...". Ссылка также может быть в следующей форме: "Alizadeh et al. (2016) have recently shown ...".

Список литературы: Цитируемые литературные источники должны быть выстроены по алфавиту. Размер шрифта – 12 pt. Фамилия начинается заглавной буквой, остальные буквы строчные без запятой после фамилии. После фамилии(й) автора(ов) указываются название журнала/название книги/название раздела/название статьи, номер тома/ выпуска, глава книги/номер журнала, издательство, город, год издания и номера страниц. Настоятельно рекомендуется использовать идентификационные индексы DOI. В случае нескольких ссылок на литературные источники одного и того же автора и одинакового года издания, следует применить дополнительно буквы "a", "b", "c" и т.д. (Aliyev, 2009a).

Примеры:

Ссылки на журнальные статьи:

Ismayil-zadeh A.J. Bipolar conjugation of volcano-plutonic and ophiolitic belts in Caucasus. Proceedings of NAS of Azerbaijan. The Sciences of Earth, No.1, 2009, pp. 40-53 (in Russian).

Ссылки на книги и монографии:

Mustafayev G.V. Mesozoic granitoid formations of Azerbaijan and peculiarities of its metallogeny. Elm. Baku, 1977, 234 p. (in Russian).

Ссылки на главы в книгах под редакцией:

Mettam G.R., Adams L.B. How to prepare an electronic version of your article. In: Introduction to the Electronic Age. E-Publishing Inc., New York, 2009, pp. 281-304.

Ссылки на диссертации и/или авторефераты:

Garibov Y.E. Anthropogenous transformation of modern landscapes of the Azerbaijan Republic and their optimization ways. Abstract of PhD dissertation (geography), Baku, Azerbaijan, 2013, 47 p. (in Azerbaijani).

Ссылки на конференции и симпозиумы:

Khain V.Ye. Northcaucasian-Turkmeno-Northafganian Late Triassic volcano-plutonic belt and detection of north zone of Tethys. Doklady AS of USSR, Vol. 249, No. 5, 1979, pp. 1190-1192 (in Russian).

Ссылки на вебсайты:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. 1975, <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> accessed 13 March 2003).

Ссылки на базы данных (методологические разработки, буклеты, брошюры):

Oguro M., Imahiro S., Saito S., Nakashizuka T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, Vol. 1, 2015.

Представление статей

Все представленные статьи посылаются на рецензирование и одобрение редакционной коллегии. Статьи, которые прошли эту процедуру и получили положительный отзыв, публикуются бесплатно. Авторам следует представлять рукописи в Редакционную Коллегию онлайн посредством функции **“Подать статью (Submit the manuscript)”**.

Рецензирование длится **1-2 месяца** со дня представления статьи в редакцию. Статьи публикуются в порядке поступления (очередности). Будем благодарны, если статьи как в бумажном, так и электронном виде будут соответствовать высоким профессиональным стандартам. Представление статей в электронном виде поможет нам подготовить вашу работу наилучшим образом, обеспечивая достоверность, четкость и подробную информативность.

В случае возврата статьи авторам для внесения изменений доработанный вариант должен быть возвращен в редакцию **в течение двух недель**. Если рукопись будет задержана по вине автора **более двух недель**, она будет рассматриваться редакцией как вновь поступившая.

При представлении статьи необходимо прислать также отсканированную электронную версию сопроводительного письма на имя главного редактора с просьбой принять статью на рассмотрение согласно правилам журнала и в случае соответствия всем требованиям опубликовать ее.

CONTENTS

Bakulina L.P., Dovjikova Y.G.

Brachiopods as indicators of the Upper Devonian Frasnian sedimentation in the Timan-Pechora oil and gas province.....3-11

Eppelbaum L.V.

Comprehensive gravity and magnetic data analysis for quantitative determining salt bodies in complex physical-geological environments..... 12-26

Abdulla-zade M.Ch., Namazli N.E.

Seismogeological interpretation of the wave-reflecting horizons of the eastern side of the transition zone from the South Caspian to the Middle Caspian basin27-41

Guliyev E.Kh.

Petrography and geochemical characterization of the Lower Cretaceous deposits of the Vandam zone (southern slope of the Greater Caucasus, Azerbaijan): implications for maturity, paleoclimate and paleoweathering.....42-57

A.M.Plyakin

Famous Ukhta residents from Azerbaijan.....58-60

Conference information.....61-62

Guide for authors in English, Azerbaijani and Russian63-80

MÜNDƏRİCAT

Bakulina L.P., Dovjikova Y.Q.

Timan-Peçora neft-qazlı vilayətinin Fran mərtəbəsinin Üst Devon çöküntütoplanmanın indikatorları – braxiopodlar3-11

Eppelbaum L.V.

Mürəkkəb fiziki-geoloji şəraitdə miqdarca müəyyənləşdirilmiş duzlu cisimlərin qravimaqnit göstəricilərinin kompleks analizi 12-26

Abdulla-zadə M.Ç., Namazlı N.E.

Cənubi Xəzər hövzəsindən Orta Xəzər hövzəsinə keçid zonasının şərq bortunun dalğa əksətdirici horizontlarının seysmogeoloji şərh.....27-41

Quliyev E.H.

Vəndam zonasının (Böyük Qafqaz, Azərbaycanın cənub yamacı) Alt Təbaşir çöküntülərinin petroqrafikası və geokimyəvi xüsusiyyətləri: yetkinlik, paleoiklim və paleoaşınma42-57

A.M.Plyakin

Azərbaycanlı məşhur uxtalırlar58-60

Konfranslar barəsində məlumat.....61-62

Müəlliflər üçün qaydalar (ingiliscə, azərbaycanca və rusca variantlarda)63-80

ОГЛАВЛЕНИЕ

Бакулина Л.П., Довжикова Е.Г.

Брахиоподы – индикаторы осадконакопления франского яруса верхнего девона
Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.....3-11

Эпельбаум Л.В.

Комплексный анализ гравимагнитных данных для количественного определения
соляных тел в сложных физико-геологических условиях 12-26

Абдулла-заде М.Ч, Намазлы Н.Е.

Сейсмогеологическая интерпретация волноотражающих горизонтов восточного
борта переходной зоны от Южно-Каспийского к Средне-Каспийскому бассейну.....27-41

Гулиев Э.Х.

Петрография и геохимическая характеристика нижнемеловых отложений
вандамской зоны (южный склон Большого Кавказа, Азербайджан):
зрелость, палеоклимат и палеовыветривание42-57

А.М.Плякин

Знаменитые ухтинцы из Азербайджана.....58-60

Информация о конференциях61-62

Правила для авторов (английский, азербайджанский и русский варианты)63-80