

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

ISSN 0515-961X

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES



3 / 2021

Հանդեսը հիմնադրվել է 1948 թվականին, լույս է տեսնում տարին երեք անգամ
հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն լեզուներով

Գլխավոր խմբագիր՝
Ռ.Լ.ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ

Խմբագրական կոլեգիա՝
**Ա.Հ.ԱՂԻՆՅԱՆ, Ա.Վ.ԱՎԱԳՅԱՆ (գլխ.խմբ.տեղակալ), Ա.Ա.ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ,
Հ.Ռ.ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Գ.Ա.ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆՑ, Դ.Լ.ԳԱԼՈՅԱՆ, Շ.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ,
Տ.ԴԱՆԵԼԻԱՆ (Ֆրանսիա), Լ.Զ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ,
Է.Ե.ԽԱՉԻՅԱՆ, Զ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ռ.Ս.ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ
(սլատախիանատու քարտուղար), Ս.Ն.ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Ռ.Տ.ՋՐԲԱՇՅԱՆ,
Ս.Ա.ՓԱԼԱՆՅԱՆ (Ռուսաստան)**

Главный редактор
Р.Л.МЕЛКОНЯН

Редакционная коллегия
**Ա.Վ.ԱՎԱԿՅԱՆ (зам.глав.ред.), Ա.Օ.ԱԳԻՆՅԱՆ, Ա.Ա.ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ, Ա.Ր.ԲԱԳԴԱՏԱՐՅԱՆ,
Դ.Ա.ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆՑ, Կ.Լ.ԳԱԼՈՅԱՆ, Ս.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ, Դ.ԴԱՆԵԼԻԱՆ (Франция),
Ր.Տ.ԴՋՐԲԱՇՅԱՆ, Զ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ր.Ս.ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ
(ответ.секретарь), Ս.Ն.ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Լ.Յ.ՕԳԱՆԵՍՅԱՆ, Ս.Մ.ՕԳԱՆԵՍՅԱՆ,
Ս.Ա.ՓԱԼԱՆՅԱՆ (Россия), Յ.Ե.ԽԱՉԻՅԱՆ**

Editor in Chief
R.L.MELKONYAN

Editorial Board
**Ա.Հ.ԱԳԻՆՅԱՆ, Ա.Վ.ԱՎԱԳՅԱՆ (Deputy Editor in Chief), Ա.Ա.ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ,
Հ.Ր.ԲԱԳԴԱՏԱՐՅԱՆ, Դ.ԴԱՆԵԼԻԱՆ (France), Գ.Ա.ԳԱԲՐԵԼՅԱՆՑ, Դ.Լ.ԳԱԼՈՅԱՆ,
Ս.Հ.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ, Լ.Հ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ր.Տ.ԴՋՐԲԱՇՅԱՆ,
Զ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ե.Կ.ԽԱՉԻՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ր.Տ.ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ
(Executive Secretary), Ս.Ն.ՆԱԶԱՐԵՏՅԱՆ, Ս.Ա.ՓԱԼԱՆՅԱՆ (Russia)**

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան-19, Մարշալ Բաղրամյանի պող. 24ա
Адрес редакции: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а
Editorial address: 24a, Marshal Baghramyan ave., Yerevan, 0019, Republic of Armenia

E-mail: geoscience @ geology. am
© Издательство “Гитутюн” НАН РА
Типография издательства “Гитутюн” НАН РА
Известия НАН РА, Науки о Земле, 2021

ԹԻՎ 3	ՀԱՏՈՐ 74	2021
--------------	-----------------	-------------

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՊԵՏՐՈԼՈԳԻԱ

- Գալոյան Ղ.Լ.** Ստորին-միջին յուրայի տրոնդեմիտային սերիայի առաջացումը
 Փոքր Կովկասում (Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետու-
 թյուններ) 3

ՀԻԴՐՈԼՈԳԻԱ

- Առաքելյան Ա.Ա., Միսակյան Ա.Է., Ազիզյան Հ.Հ.** Աղստեղ գետի ավազանում
 հեղեղումների վտանգի գնահատում անալիտիկ հիերարխիաների մեթոդի
 կիրառմամբ 22

ՀԻԴՐՈԳԵՈՔԻՄԻԱ

- Շահինյան Հ.Վ., Մելիքսեթյան Խ.Բ., Չաքարյան Շ.Ս., Գյուլնազարյան Շ.Ա.**
 Մեվանա լճում կապտականաչ ջրիմուռների ծաղկման որոշ նախադրյալների
 մասին 32

ԲԿՈԼՈԳԻԱ

- Դեմիրճյան Գ.Ա., Մովսիսյան Ն.Է., Փյունկույան Կ.Ի., Սահակյան Լ.Վ.,**
Սաղաթելյան Ա.Կ., Բեյսևա Օ.Ա. Տեխնոլոգիապես փոփոխված բնական
 ռադիոակտիվությունը Ալավերդի քաղաքի հողերում 41

ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ

- Հարությունյան Ռ.Ա.** Եվա մեկ անգամ IX դարի Դվինի ավերիչ երկրաշարժերի
 մասին. երկրաշարժերի պատճառած ավերումները 51
- Մաթևոսյան Ա.Կ., Բաբայան Գ.Ա.** Արդյունավետ ժամանակային ցուցանիշ
 դիֆերենցիալ չափման ռեժիմով հարուցված բեվեռացման ոչգծային
 պրոցեսների ուսումնասիրությունների ժամանակ 63

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕТРОЛОГИЯ

- Галоян К.Л.** Формирование ниже–среднеюрской трондьемитовой серии на
 Малом Кавказе (Республики Армения и Нагорный Карабах) 3

ГИДРОЛОГИЯ

- Аракелян А.А., Мисакян А.Э., Азизян А.О.** Оценка опасности наводнений в
 бассейне реки Агстев с применением метода анализа иерархий 22

ГИДРОГЕОХИМИЯ

- Шагинян Г.В., Меликсетян Х.Б., Закарян Ш.С., Гюльназарян Ш.А.** О неко-
 торых предпосылках "цветения" синезеленых водорослей в озере Севан ... 32

ЭКОЛОГИЯ

Демирчян Г.А., Мовсисян Н.Э., Пюскюлян К.И., Саакян Л.В., Сагателян А.К., Беляева О.А. Технологически повышенная естественная радиоактивность в почвах города Алаверди	41
---	----

ГЕОФИЗИКА

Арутюнян Р.А. Еще раз о разрушительных землетрясениях IX века в Двине (Армения): разрушения, вызванные землетрясениями	51
Матевосян А.К., Бабалян Г.А. Эффективный временной показатель при изучении нелинейных процессов вызванной поляризации дифференциальным временным режимом измерений	63

TABLE OF CONTENT

PETROLOGY

Galoyan Gh.L. Generation of lower-middle jurassic trondhjemite series in the Lesser Caucasus (Republics of Armenia and Mountainous Karabakh)	3
---	---

HYDROLOGY

Arakelyan A.A., Misakyan A.E., Azizyan H.H. Assessing flood hazard for the Aghstev river basin using the analytical hierarchy process	22
--	----

HIDROGEOCHEMISTRY

Shahinyan H. V., Meliksetian Kh. B., Zakaryan Sh. S., Gyulnazaryan Sh. A. On several prerequisites of the blue-green algae blooming in lake Sevan	32
--	----

ECOLOGY

Demirtchyan G.A., Movsisyan N.E., Pyuskyulyan K.I., Sahakyan L.V., Saghatelyan A.K., Belyaeva O.A. Technologically enhanced natural radioactivity in the soils of the city of Alaverdi	41
---	----

GEOPHYSICS

Haroutiunian R.A. The destructive earthquakes of the 9th century in Dvin (Armenia) revisited: the destructions caused by earthquakes	51
Matevosyan A.K., Babayan G.A. Effective time indicator in study of nonlinear processes of induced polarization by differential time-mode measurements	63

PETROLOGY

GENERATION OF LOWER-MIDDLE JURASSIC TRONDHJEMITE SERIES IN THE LESSER CAUCASUS (REPUBLICS OF ARMENIA AND MOUNTAINOUS KARABAGH)

Galoyan Gh.L.

*Institute of Geological Sciences, NAS RA
24a M. Baghramian Ave., Yerevan, 0019, Republic of Armenia
E-mail: ghazar.galoyan@gmail.com
Received by the Editor 02.09.2021*

Abstract

The age and geotectonic history of trondhjemite (plagiogranite) magmatism of Mesozoic is especially important for unraveling the geological/geodynamic evolution of the east-southeastern segment of the Lesser Caucasus (LC). Issues for a more definite and comprehensive interpretation of tectonic implications of the LC ophiolites with adjacent Somkheto–Karabagh and Spitak–Kapan Jurassic–Cretaceous zones have been discussed anew. Evidently, these zones, particularly the geological units in them, are strongly associated with each other both spatially and temporally. U–Pb zircon dating of plagiogranites from Sevan ophiolite (central part of Amasia–Sevan–Hakari: ASH suture zone) and from mentioned zones in LC provides more reliable geochronological constraints on the evolution of Neotethys (?). Obviously, all zircon ages are in the interval of late Early to late Middle Jurassic epoch (~180–165 Ma). Considering these data, the age of the host effusions located actually both south and north of the main ASH ophiolite zone, should possibly be minimum Pliensbachian–Toarcian or older, rather than Bajocian and Bathonian. Based on whole rock geochemistry, the amphibole gabbro, pillow basalt and plagiogranites are co-genetic, suggesting a common melt source in their origin. All plagiogranite samples display variable LILE-enrichment and marked negative HFSE (Nb, Ta and Ti) anomalies typical of subduction-related magmas. Based on the field relationships and petrologic-geochemical features, all five plagiogranite bodies discussed are similar and may be interpreted to have been generated by low-pressure crystal fractionation of a basaltic magma derived from partial melting of the mantle in a subduction (or supra-subduction) zone tectonic setting. Created on the Paleotethys the ASH basin (as northern branch of Neotethys) was probably consumed by either northward or preferred southward double subductions mainly during Early–Middle Jurassic to Late Cretaceous, not excluding the possibility of the existence of a single subduction zone here.

Keywords: Zircon U–Pb dating, trondhjemite, plagiogranite, Sevan ophiolite, geodynamics, Neotethys, Armenia, Mountainous Karabagh, Lesser Caucasus.

1. Introduction

Granitic rocks of different ages are widespread in the Lesser Caucasus (LC) in which various plagiogranites are significantly represented. In particular, pla-

giogranite intrusions of Lower–Middle Jurassic are well known, which are part of different tectono-magmatic zones. These are especially common in the Somkheto–Karabagh tectonic belt (outcrops in NE Armenia and western Azerbaijan), in the Spitak–Kapan volcanic zone (e.g., in Karabagh territory) and in their intermediate Amasia–Sevan–Hakari ophiolite zone (e.g., in Sevan area).

The Mesozoic ophiolites of LC constitute a part of the Tethyan (Neotethyan) ophiolite belt (e.g., Knipper, 1975; Knipper and Khain, 1980; Adamia et al., 1981; Zakariadze et al., 1983; Galoyan, 2008; Rolland et al., 2009; Sosson et al., 2010), which provide constraints on the geodynamic evolution of the former oceanic domain(s) starting its (their) opening until the closure and finally obduction of the oceanic lithosphere remnants onto the continental crust as an “ophiolite complex”. Sevan ophiolite exposed in northeastern part of Sevan Lake is one of the largest and best-preserved relicts of the ancient oceanic crust of Neotethys in Armenia; therefore, this complex contains important information about that basin evolution.

Unlike of the ophiolites of LC, the geological history and tectonic evolution of the Mesozoic and especially of the most predominant Jurassic magmatic activity in this region are still obscure and debated due to the scarcity of structural, geophysical, modern geochemical and authentic geochronological data. Therefore, a good understanding of this region requires the study, interpretation and integration of the whole geological information from a number of areas across a wide region, which may complete each other reciprocally.

The problem of the origin of granitoid formations is one of the most important in modern petrology. In Somkheto–Karabagh zone, the Middle Jurassic intrusions are represented by the Haghpata, Tavush, Khndzorut (in Armenia) and the Atabek–Slavyanka, Gilanbir (in Azerbaijan) plagiogranite complexes (e.g., Melkonyan, 1989; Sadikhov, Shatova, 2016). For comparison, here we have also discussed the Dali plagiogranite intrusion from Sevan ophiolite. This paper presents a review of field, geochronological and geochemical data from the eastern LC, focusing only on the felsic (plagiogranite=trondhjemite) rocks of Lower–Middle Jurassic and discussing their genetic link, possible origin (formation) and their tectonic setting.

2. Geological setting

The ophiolite complex of Sevan (the map is available e.g., in Galoyan et al., 2009) constitutes part of the Amasia–Sevan–Hakari (ASH; e.g., Galoyan and Melkonyan, 2011; Hässig et al., 2013) or Sevan–Akeru (e.g., Knipper, 1975) ophiolite belt that is considered to be a suture zone for half a century (e.g., Milanovski, 1968). The ASH is the largest in the LC belt, which is NW–SE oriented discontinuous arched zone extending for ca. 400 km (with a maximum width of 20–25km), from NW Armenia (Amasia–Stepanavan group of ophiolites) through the East of Sevan Lake to the Karabagh territory (Hakari branch of it).

The ophiolite complex on the eastern shore of Lake Sevan is a dismembered near-complete ophiolite succession, where mantle serpentinites and serpentinized peridotites at the base followed upwards by a layered dunite–wehrlite–troctolite–gabbro sequence, then followed by isotropic gabbros (including amphibole varieties), diorites and plagiogranites, and pillow or massive lavas (e.g., Galoyan et al., 2009 and references therein). These pillow lavas are associated with relatively deep-water sedimentary rocks (mainly cherts and radiolarites); but a well-developed sheeted diabase dyke complex has not been observed. The geological sections here are completely different in different valleys that join to the Lake. Dali section (located in a valley about 4km northwest of Jil village, fig.1) in the Sevan area plays a key role, where numerous field visits have been both by ourselves and with French partners in recent years (see Galoyan, 2020 for details).

Based on the U–Pb new data of Dali plagiogranitic intrusion (~172Ma), a new boundary is “drawn” between the pre-intrusive and post-intrusive basalts, both in pillowed nature (Galoyan, 2020). Accordingly, we suggested that “lower lava” series may have an older age, at least, the beginning of the Middle Jurassic, while the “upper lavas”, tectono-stratigraphically covering the main plagiogranite body, have an age of Upper Jurassic–Lower Cretaceous that is based on radiolarites intercalated in them (Asatryan et al., 2012). Lower pillow lavas are host rocks of this intrusion and, unfortunately, no signs of sedimentary rocks were found as cement in them, which would enable their direct dating.

The plagiogranite sample is taken from the largest stock-like felsic intrusive body (< 1km²) in Dali valley (fig.1), where they are overlain by radiolarites and pillow basalts of different geochemical composition. In the field the plagiogranites display bright, white and yellowish weathered surfaces and often contain mafic enclaves. They are strongly altered in their exocontact parts, mainly epidotized but some fresh parts are still available to study petrologically. Alternatively, plagiogranites have formed discrete and diffused segregations or discontinuous networks of veins with local coarse-pegmatitic texture within and around gabbro-dioritic intrusions.

Geological units of the Middle–Upper Jurassic have a wider distribution in the north-eastern part of the LC that is known as Somkheto–Karabagh tectonic belt (or “anticlinorium”, “zone” or “terrane”; for details see references in Galoyan et al., 2013, 2018). It is stretching by a continuous belt over than 350 km (with a maximum width of 35–40km) from the southern Georgia and mainly the Alaverdi–Ijevan regions of northern Armenia on its northwest, then partly passes through the north-western corner of Azerbaijan (Shamkhor–Dashkesan area) to the basins of rivers Tartar and Khachenaget on its southeast (in Karabagh Republic territory). Further, to the southwest formations of Jurassic period are outlined on the left bank of river Hakari (Akera), in Karabagh territory and in basins of rivers Vokhchi and Vorotan (Kapan region, in southern Armenia), which constitute the “Kapan block (or zone)” of Mesozoic age. Located southwest of the main ophiolite zone this “block” was part of the recently distinguished “Spitak–Kapan volcanic zone” (Galoyan et al., 2013) due to the

presence of Jurassic–Lower Cretaceous igneous and other complexes in the Tsaghkunyats anticlinorium and to the north of it (near the city of Spitak).

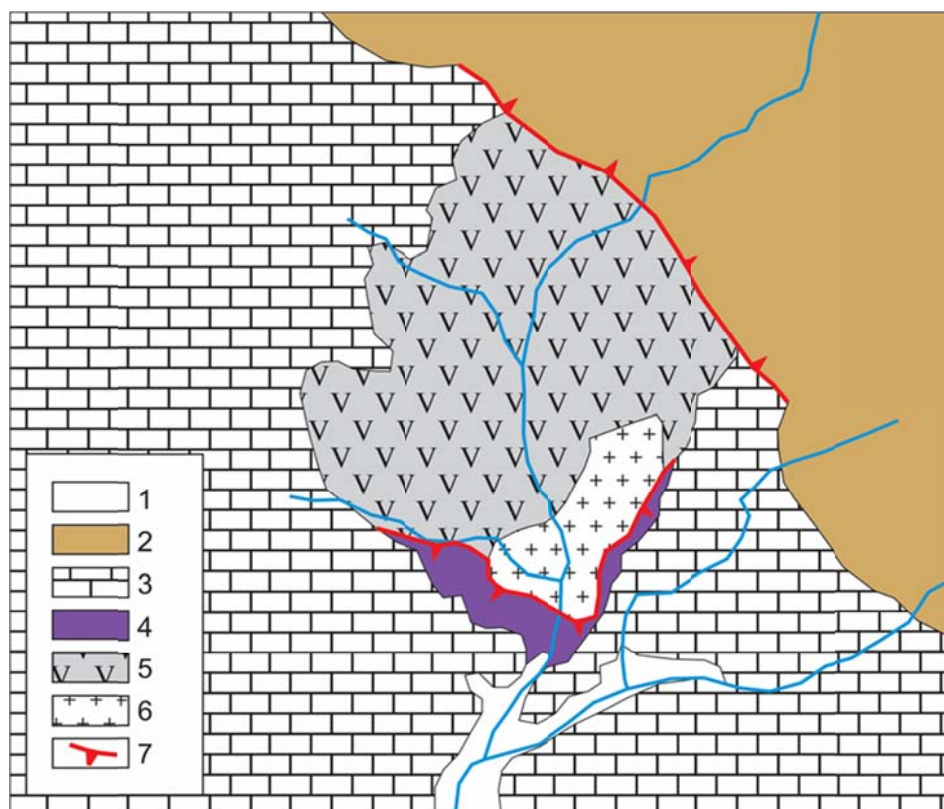


Fig.1. Schematic geological map of the middle valley of the Dali River; by Galoyan (2020). 1 – Quaternary deposits; 2 – Eocene volcanic and sedimentary formations; 3 – Campanian–Maastrichtian pelagic limestones and marls with micro-conglomerates at the base; 4 – Upper series of pillow basalts–radiolarites, 5 – Lower series of pillow basalts, cut by numerous rhyolite dikes, 6 – Dali plagiogranite intrusion of the early Middle Jurassic (~ 172Ma), 7 – thrust.

The presence of felsic granitoid intrusions of Middle and Late Jurassic epochs is common within these volcanogenic–sedimentary zones. According to the literature data (for compiled references in Russian see e.g., Aslanyan, 1958; Abdullayev, 1963; Lordkipanidze, 1980; Melkonyan, 1989; Galoyan et al., 2013) the Middle Jurassic in LC is represented by a great thick (about 3500m) sedimentary–volcanogenic sequence with predominant basalt–andesite series and associated pyroclastic rocks. The most ancient Mesozoic intrusions here are the Middle Jurassic trondhjemite (plagiogranite) massifs included in the “plagiogranitic formation”. In northern Armenia these are represented by several major bodies (Tavush and Khndzorut intrusions, about 50km²) and a lesser (around 6km²) massif of Haghpat (e.g., Melkonyan, 1989). In north-western Azerbaijan the intrusions of Atabek (80km²) and Gilanbir (16km²) are known (e.g., Sadikhov, Shatova, 2016). In the extreme southeast of the LC the Berdazor

(Bülöldüz) gabbro–plagiogranite massif ($< 60\text{km}^2$) is the main plagiogranite intrusion (Abdullayev et al., 1974; Galoyan et al., 2013).

Recently dated Berdadzor gabbro–plagiogranite massif is elongated and localized in the limits of Berdzor (Lachin) anticlinorium, which is intruded the mainly pillow basaltic volcanic and tuffaceous formations of Middle (?) Jurassic age (fig.2). The stratigraphic base of these formations remains unknown in this area. This intrusion is linearly propagating from northwest to the southeast, cropping out in many isolated localities, including dyke-like bodies (i.e. apophyses) within strongly epidotized basalts. Note also that in main plagiogranite body some dykes (up to 50 cm-thick or scarcely larger) of pinkish leucogranite (aplite) with the clear-cutting contacts are also encountered by us (Galoyan et al., 2013). The plagiogranite (labeled 6552) is sampled from one of the largest outcrops of the Berdadzor intrusion, on the vicinity of the highway between towns Berdzor–Shushi, where they intruded the pillow basalts of so considered Bathonian stage (e.g., Abdullaev et al., 1974 and references therein). The plagiogranite sample is white, medium-grained, and outwardly is fresher and massive.

3. Petrologic-geochemical background of plagiogranites

In general, plagiogranitic rocks are so similar with their texture and petrographic composition in different intrusions that there is no need to present their description separately. Therefore, rocks are briefly described as follows. They are small- to medium-grained hypidiomorphic-granular, sometimes porphyric in texture. Usually, plagioclase (40–70%) and quartz (20–50%) make up more than 90% of these rocks. Amphibole, biotite, magnetite, ilmenite and epidote are present in minor but variable amounts, and the zircon, sphene and apatite are typical accessory minerals. The textures of micro-pegmatitic, graphic to granophyric intergrowth with quartz and plagioclase crystals are not uncommon in them (e.g., Melkonyan, 1989; Galoyan et al., 2013, 2018; Sadikhov, Shatova, 2016). Coleman and Donato (1979) interpreted these kind plagioclase–quartz intergrowths (granophyric–micrographic) as primarily formed textures during eutectic crystallization of a low-K magma. The alterations are represented by chlorite, epidote, actinolite, sericite, carbonate and argillite.

Dali plagiogranite sample is formed from 55–65% plagioclase (An_{20-30}), 25–45% quartz, and minor biotite ($<5\%$), rarely ortho-amphibole ($<5\%$) and accessory phases of titanomagnetite, sphene (titanite), apatite and zircon (Galoyan, 2008; Galoyan et al., 2009).

The plots of Artanish amphibole gabbro (sample AR-03-10; this is used for genetic comparison) and Dali plagiogranite (AR-03-19) samples of Sevan ophiolite show nearly parallel forms in both MORB-normalized trace-element and Chondrite-normalized rare earth element (REE) diagrams (fig.3,4). In MORB-normalized diagram they both show significant enrichment of large-ion lithophile element (LILE) and slight enrichment of light REE (LREE) with respect to heavy (HREE) ones. Clear negative anomalies of Nb, Ta, P and Ti are

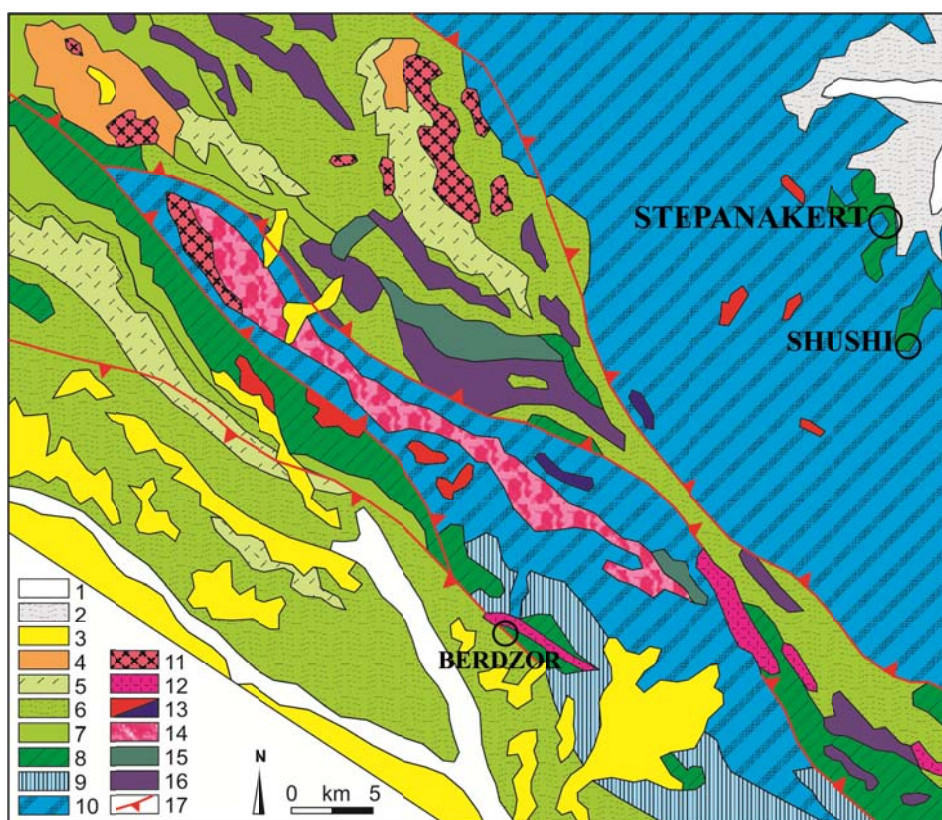


Fig.2. Schematic geological map of the Berdzor anticlinorium area, compiled after (Abdullaev et al., 1974; National Atlas of Armenia, 2007, p.26–27), modified by Galoyan. 1 – Quaternary deposits; 2 – Pleistocene formations; 3 – Upper Pliocene–Pleistocene volcanic, volcanoclastic formations; 4 – Middle–Upper Eocene volcanic, volcanoclastic formations; 5–7 Upper Cretaceous series: 5 – Campanian–Maastrichtian limestones and marls; 6 – Coniacian–Santonian conglomerates, limestones, argillites; 7 – Cenomanian limestones, argillites, tuffites; 8 – Lower Cretaceous, Albian limestones, argillites, marls, sandstones; 9 – Upper Jurassic, Oxfordian–Tithonian sandstones, tuffs, limestones; 10 – Middle Jurassic, Bajocian–Bathonian volcanic, volcanoclastic formations; Intrusive series (11–14): 11 – Upper Eocene, quartz diorites, granodiorites, granitoids; 12 – Upper Cretaceous, quartz diorites, granodiorites, syenites; 13 – Upper Jurassic: (A: red) quartz diorites, granodiorites, granitoids; (B: blue) diorites; 14 – Lower–Middle Jurassic, *Berdzor* plagiogranite intrusion; Lower–Middle Jurassic ophiolite series (15–16): 15 – gabbroids; 16 – ultrabasites, serpentinites; 17 – thrust.

also seen in them, in contrast to the diorite sample (AR-03-23), where there is no minimum of P, and that of Ti is weakly expressed. In a Chondrite-normalized REE diagram the amphibole gabbro shows slight depletion in LREE, and the plagiogranite sample (as well as diorite) is characterized by slightly concave pattern with negative Eu anomaly ($Eu/Eu^* = 0.67$), reflecting plagioclase fractionation. The similarities of many trace element features (or patterns) argue for a genetic relationship between these two groups (gabbro–granite members) of rocks, and, consequently, the fact of fractional crystallization during the formation of plagiogranites is more probable (or is obvious).

Table

Rock names, geotectonic affiliation, ages, coordinates, and data sources of samples used for geochemical comparisons.

<i>Sample name</i>	<i>Rock type</i>	<i>Geotectonic unit/zone</i>	<i>Age (Ma)</i>	<i>GPS coordinates</i>	<i>References</i>
AR-03-10	Amphibole gabbro	Sevan ophiolite of ASH belt	170.5 ± 4.4; 165.3 ± 1.7	N 40.51119° E 45.37227°	Galoyan et al., 2009
AR-03-19	Plagiogranite		171.8 ± 2.8	N 40.48466° E 45.42277°	
AR-03-23	Diorite		–	–	
6551	Pillow basalt	Spitak-Kapan zone	–	N 39.66798° E 46.59109°	Galoyan et al., 2013
6552	Plagiogranite		176.7 ± 1.7	N 39.67687° E 46.62931°	
11ARM25A	Plagiogranite	Somkheto-Karabagh zone	165 ± 4	N 41.11592° E 44.70738°	Galoyan et al., 2018
AL-09-05	Plagiogranite		–	N 41.11017° E 44.71101°	Mederer et al., 2014
L3.2	Plagiogranite*		–	N 41.08709° E 44.70564°	Neill et al., 2015
Azb-1	Plagiogranite		180.2 ± 1.8	–	Sadikhov, Shatova, 2016

The petrology and geochemical characteristics of Middle and Upper Jurassic magmatic rocks within the Artsakh (Karabagh) territory is summarised recently by Galoyan et al. (2013). According to these authors, the plagiogranite single sample (number 6552) is calc-alkaline, while their hosting pillowed basalt (sample 6551) is tholeiitic in AFM ternary plot. These two samples show nearly parallel patterns in both MORB-normalized trace-element and Chondrite-normalized REE diagrams (figs.3,4). The plagiogranite (sample 6552) is characterized by higher concentration of REEs (is enriched 31–38 times compared with the average chondrite value) than their hosting pillow basalt (sample 6551; is enriched 17–23 times), as well as the amphibole gabbro (sample AR-03-10; enriched 7–9 times) and the plagiogranite (sample AR-03-19; enriched 17–23 times) from Sevan ophiolite, although all of their patterns are similar and more or less parallel to each other. Negative Eu anomalies in all plagiogranites indicate plagioclase involvement during either a fractionation or a melting process (e.g. Floyd et al., 1998). Moreover, in the MORB-normalized spider dia-

gram all plagiogranites have similar patterns and are characterized by variably high concentrations of LILE (Ba, Rb, K) and Th with the negative Nb-Ta and deeper P and Ti anomalies (fig.3).

On the feldspar (An–Ab–Or) normative rock classification diagram of O'Connor (1965) all plagiogranites plot in “trondhjemite field” (not shown here). Therefore, it would be more correct classically to name these rocks *trondhjemite* although the term “plagiogranite” is widely used in Russian literature (since the 1930s). Though Frost et al. (2001) believe that trace element compositions of granitoids are a function of the sources and crystallization history of the melt, and the tectonic environment is secondary, nevertheless, some schemes are in wide use. On the basis of binary discrimination diagrams with respect to Rb, Y, Yb, Nb and Ta values for granitic rocks (Pearce et al., 1984, not shown) the Dali and other plagiogranites plots in the volcanic arc granite (VAG) field while the Berdazor plagiogranite plots in the ocean ridge granite (ORG) field but closer with the VAG limit. The compositional similarity in terms of major and trace elements and REEs of the Sevan ophiolite Dali plagiogranite with the other intrusions plagiogranites from Somkheto–Karabagh and Spitak–Kapan zones and their lateral vicinity suggests that they may be genetically related with each other. It is not difficult to notice that these structures (i.e. zones), in particular the geological units in them, are strongly associated with each other both spatially and temporally.

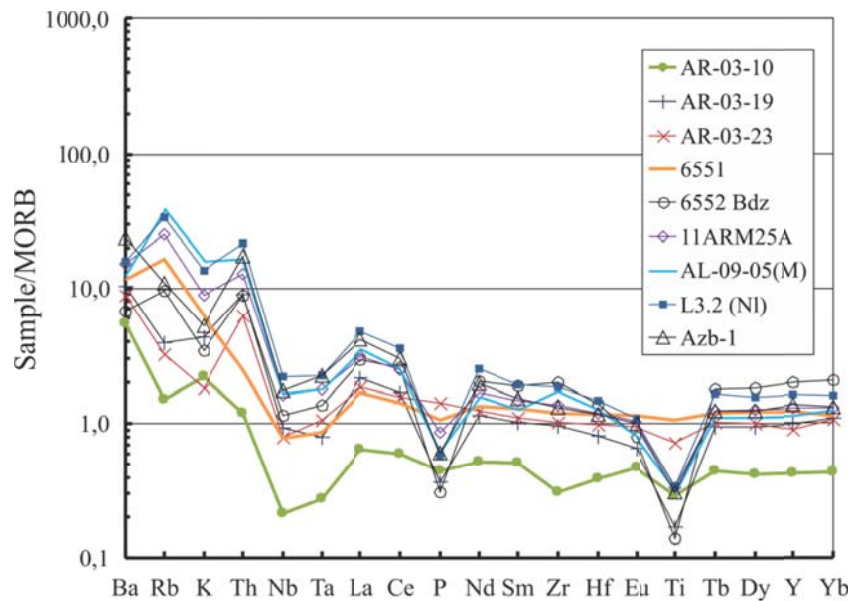


Fig.3. MORB-normalized multi-element (Sun and McDonough, 1989) diagram showing the patterns of amphibole gabbro (AR-03-10), plagiogranite (AR-03-19) and diorite (AR-03-23) from Sevan ophiolite (after Galoyan et al., 2009), Early Jurassic pillow basalt (6551) and plagiogranite (6552) from Kapan zone Berdzor locality (after Galoyan et al., 2013), plagiogranites (11ARM25A, AL-09-05, L3.2) of Haghpas intrusion (respectively, Galoyan et al., 2018; Mederer et al., 2014; Neill et al., 2015) and plagiogranite (Azb-1) from western Azerbaijan (Sadikhov, Shatova, 2016).

Actually, the ophiolite narrower belt here (in Karabagh), on its both NE and SW sides, is tectonically associated or accreted (attached) with the volcanic and volcanoclastic rocks of Lower (?) to Middle Jurassic age (fig.2). Thus, without estimating the volume of the marine crustal contraction here, these plagiogranitic stages of magmatism were developed very closely in space and time during the evolution of the LC crust formation. Besides, though the precise age of pillow basalts (hosting the Berdadzor plagiogranite) and geodynamic context of their formation are still uncertain, MORB- and Chondrite-normalized their patterns are parallel with and belong to the main “ophiolitic series” domain of LC ophiolites (not shown; Galoyan, 2008). In many discrimination diagrams (not shown here) the pillow basalt spans in the field of N-MORB and/or IAT, and its relatively high content of Ti ($\text{TiO}_2 = 1.3 \text{ wt.}\%$) is resulted of involvement of asthenospheric material. Meanwhile, its lower Mg-number ($\text{Mg\#} = 46$) evidence the possible derivation from variably fractionated melts but not primitive magmas (Galoyan et al., 2013). The lower Nb content (1.8ppm) of this pillow basalt is characteristic to the Nb content of representative arc tholeiitic basalt (e.g., 1.7ppm, in Pearce, 1982). In terms of geochemistry these features are peculiar for basalts from back-arc basins being transitional in composition between MORB and IAB (e.g., Pearce and Stern, 2006). Therefore, the potential tectonic setting for pillow basalts might also be either fore-arc or back-arc basin regime similar to the main ophiolite volcanic bodies.

Recall that petrologic and especially geochemical studies (major, trace, REE and some isotopes) suggest two distinct lava flow series in the LC ophiolites: (1) a contaminated normal Mid-Oceanic Ridge Basalt (N-MORB or back-arc basin basalt: BABB-type) series evolving from gabbro to plagiogranite and from basalt to basaltic andesite, exhibiting tholeiitic to calc-alkaline features (enrichments in LILE); negative anomalies in Nb, Ta and Ti relative to N-MORB) and (2) an alkaline ocean island basalt (OIB-type) series of lavas evolving from basanite to trachy-andesite that considered to be the expression of a mantle plume event (Galoyan, 2008).

4. Summary data on the age of trondhjemite magmatism

Establishing the precise magmatic ages of rocks is one of the most critical tasks, which is involved in their full characterization. In recent years, except for the plutons of north-eastern Armenia Shamshadin anticlinorium (i.e. Tavush–Khndzorut group), new U–Pb zircon ages have been obtained for plagiogranites of all other massifs under discussion (see table), which we will briefly present below from north to south. Plagiogranites of Haghpat intrusion in northern Armenia have a Bajocian–Bathonian age of $165 \pm 4 \text{ Ma}$ (Galoyan et al., 2018). Towards south-east in the territory of Azerbaijan, the crystallization ages of first phase plagiogranite ($180.2 \pm 1.8 \text{ Ma}$) and of second phase leucoplagiogranite ($169.3 \pm 1.2 \text{ Ma}$) (Sadikhov, Shatova, 2016) are somewhat older. The new age

of a sample taken from the Dali plagiogranite intrusion of Sevan ophiolite corresponds to the Aalenian–Bajocian ($171.8 \pm 2.8\text{Ma}$) period, in which no inherited zircon grains were found (Galoyan, 2020). Finally, the zircons of the oldest plagiogranite intrusion of Berdadzor from the territory of Artsakh revealed a relatively older age ($176.7 \pm 1.7\text{Ma}$) of Toarcian–Aalenian (Galoyan et al., 2013) than was it previously considered (K–Ar, $\sim 156\text{ Ma}$; Abdullayev et al., 1974). Thus, it is obvious that all ages are in the interval of late Lower to late Middle Jurassic epoch. We have used these data to attain a better understanding of the timing and geodynamic evolution of LC region during middle Mesozoic.

5. Discussion

Having new data accumulated in the literature it seems necessary to make certain adjustments to the understanding of the geodynamic setting of the formation and petrogenesis of various types of plagiogranites. The structure of the entire allochthonous ophiolite domain in the LC belt (mostly in Armenia and partly in Karabagh territory) was unraveled during the last years aimed to identify the setting of that allochthonous units and to timing their generation and emplacement into the thrust pile (e.g., Galoyan, 2008; Galoyan et al., 2009; Rolland et al., 2009, 2010; Sosson et al., 2010; Danelian et al., 2012; Hässig et al., 2013; 2014). We refer readers to use these works and references therein to avoid repetitions here.

After the recent studies of Sevan ophiolite (Galoyan et al., 2009), the plagiogranites (Dali and others) appear to be a most differentiated component of the dioritic intrusions. Either the fractional crystallization of basaltic magma (e.g. Coleman and Peterman, 1975; Coleman and Donato, 1979; Floyd et al., 1998) or the partial melting of a gabbroic source under hydrous conditions (e.g., Gerlach et al., 1981; Pedersen and Malpas, 1984; Koepke et al., 2004; Zi et al., 2012) is largely considered as a responsible process for production of plagiogranitic liquids. In our case, both field and geochemical peculiarities (e.g., Galoyan et al., 2009) suggest their origin by fractional crystallization of wet (amphibolic) gabbroic magma.

The age and tectonic emplacement history of the Sevan–Hakari ophiolite is especially important for unraveling the evolution of the eastern-southeastern segment of the LC ophiolite belt. U–Pb zircon dating of an amphibole gabbro (unpublished yet) and plagiogranite of Sevan ophiolite from the central part of ASH suture zone in LC belt provides new and more reliable geochronological constraints on the evolution of Neotethys (?). At the same time, the late Lower Jurassic age of Berdadzor plagiogranite from adjacent Spitak–Kapan zone is a supporting evidence to emphasize the shortening/closure stage of Tethyan LC basin related to the ongoing subduction (at any convergent plate boundary) or its initiation.

In Sevan area, several “anatectic plagiogranite–migmatites” from Pambak valley are described that have been formed under conditions of epidote–amphibolite facies of metamorphism (Kazaryan, 2006). Unlike it, during our

recent studies, no inherited zircons have encountered in a plagiogranite sample of Dali, i.e., there is no evidence for interaction with old crustal materials, which implies their magmatic differentiated origin too. Therefore, we interpret the amphibole gabbro and plagiogranite as having formed by the same source melt, derived from a “sea-floor spreading” likely in a supra-subduction zone setting. We further consider that the age of ~172Ma (Aalenian) for the upper plutonic part of the Sevan ophiolite represents the timing of an intra-oceanic (MOR/BAB setting) plutonism, which was more probably caused by fractional crystallization of a basic magma source. Alternatively, at least, the plagiogranite magma alone might be intruded the gabbroic unit, as we will discuss below, more probably above a subduction zone.

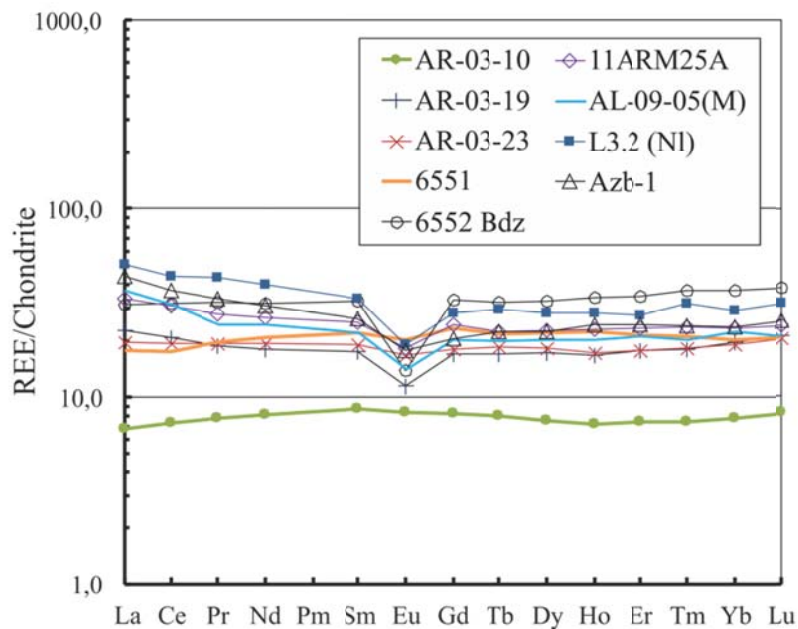


Fig.4. Chondrite-normalized REE (Sun and McDonough, 1989) diagram showing the patterns of mentioned rock samples in Fig.3.

One of the important questions with regard to Tethyan basin evolution is the nature of Somkheto–Karabagh volcanic arc? The analysis of tectonic models in the literature and the details of their own data are summarized in articles (Galoyan et al., 2013, 2018). The facts are in favor of a model of Mariana-type island arc environment. However, controversy still exists regarding to the tectonic setting(s), subduction polarity and the powerful magmatism on both northern and southern alongsides of the ASH suture zone during Jurassic and Cretaceous. Any viable interpretation needs to explain the origin and wider propagation of the arc-type (both volcanic and plutonic) magmatic rocks and ophiolites themselves. Some discussion based on available data of local and regional scale comparison can be useful for this and especially future studies.

In Berdzor anticlinorium (in Karabagh area), the pillow basalts that are hosting the Berdadzor plagiogranite intrusion could not be Bajocian or Bathonian as considered (e.g., Abdullaev et al., 1974), and should possibly be, at least, Pliensbachian–Toarcian, given the new age of ~177Ma (Toarcian; based on a last International chronostratigraphic chart, 2021) of mentioned intrusion. The same picture emerges with the plagiogranite intrusions (~180Ma; Sadikhov, Shatova, 2016) of western Azerbaijan. Therefore, considering these facts, the age of the host effusions located actually both south and north of the main ASH ophiolite zone, should possibly be minimum Pliensbachian–Toarcian or older, rather than Bajocian and/or Bathonian. So, these are new evidences of earliest Mesozoic magmatic activity(ies) being related to any of subduction models within the LC domain, which was unknown (or partially and somehow ignored?) up to present. Alternatively, those pillow basalts in Berdzor anticlinorium might also belong to a pre-existing oceanic crust (e.g., Paleotethys?) that was older than Lower–Middle Jurassic.

Evidently, the trondhjemitic intrusions are abundant in the northern segment of Somkheto–Karabagh zone exposed both in Armenian and Azerbaijan parts. While some of the plagiogranite and related pink leucogranite intrusions from NE Armenia are under the laboratory studying process, the U–Pb dating of plagiogranite (Galoyan et al., 2018) from smaller Haghpata intrusion of Alaverdi region (northern Armenia) argue the late Middle Jurassic stage (165 ± 4 Ma) of its emplacement. Although petrologically similar, this trondhjemitic sample is about 10 Ma younger than those mentioned above. Here, isotopically analyzed the single sample of plagiogranite yields higher $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ value of 0.70806 (Neil et al., 2015) than those of typical MORB (0.7035–0.7050), which reveals that the Haghpata plagiogranites were not entirely derived from a depleted mantle source but with additional input of some enriched materials (e.g., slab-derived components).

For the first time, fundamental differences were established in the geochemical appearance of ensialic paleo-island arc (i.e., Somkheto–Karabagh) plagiogranites and plagiogranites within the ophiolite association, due to the petrogenetic features of their formation (Melkonyan, 1989). However, geochemically, at least the Dali plagiogranite of the ophiolitic complex do not support this conclusion.

Chondrite-normalized undepleted (i.e., flat) HREE patterns suggest that the trondhjemitic liquids were generated in a low-pressure, garnet-absent field (e.g., Zi et al., 2012). Melting or the fractionation at lower pressures or with lower water contents may produce calc-alkaline liquids as plagioclase replaces garnet as the major Al-bearing phase (Carroll and Wyllie, 1990). Both Sevan and Berdadzor plagiogranites might have been produced by low-pressure crystal fractionation of a MORB source (e.g., Pallister and Knight, 1981; Pedersen and Malpas, 1984; Floyd et al., 1998; Dilek and Thy, 2006), because they generally show flat and unfractionated REE patterns that are similar (sub-parallel) to those of MORB-type parents. At the same time, all these samples display variable LILE-enrichment and marked negative HFSE (Nb, Ta and Ti) anomalies

typical of subduction-related magmas. Therefore, based on field relationships and petrologic-geochemical features (especially, positive correlation between REE and SiO₂ contents), all the discussed plagiogranite bodies may be interpreted to have been generated by low-pressure fractional crystallization of a basaltic magma derived from partial melting of the mantle in a subduction (or supra-subduction) zone tectonic setting.

It is already obvious that several of plutons are among the oldest (177–180 Ma) in this area, and it may represent the earliest stage in the magmatic evolution of an “intraoceanic island arc” or an “active continental margin”. Therefore, the earliest major magmatic event recorded in this study, and perhaps the “defining time” in the early Mesozoic evolution of the Lesser Caucasus, is the intense episode of Jurassic intra-oceanic arc magmatism at around 180–165 Ma.

To better understand the structure of the Earth's crust in the LC, we need additional and new data (including those of seismic tomography). The polarity of the subduction and the number of zones (one, two or three?) during Jurassic are still problematic and largely debated in this region (e.g., Rolland et al., 2009; Sosson et al., 2010; Hässig et al., 2015; Galoyan et al., 2009, 2018). If we consider a large Mesozoic sea-basin here, we will need “to propose” two subduction zones, which are responsible for the “creation” of zones Somkheto–Karabagh and Spitak–Kapan (Galoyan et al., 2013).

The first assumption is that only two north-dipping subduction zones might be “drawn” that are “responsible” for both southern and northern magmatic belts of Jurassic period separated by ASH sea-basin (or suture actually). Since, at least, late Early Jurassic (~180 Ma) the northern Neotethys was sinking under the Somkheto–Karabagh belt and the southern Neotethys or a southern branch (?) of northern Neotethys was subducting beneath the South Armenian microplate (SAM) and, probably, under the older oceanic crust (in the east), to produce the Spitak–Kapan zone. On the contrary, Hässig et al. (2015) considered that north-dipping subduction under the southern margin of SAM is unlikely at that time as it would lead to the convergence of SAM with Gondwana; so, they substantiated their south-facing model of subduction. Alternatively, a model of two south-dipping subduction zones in the Paleotethyan ocean is proposed recently (Galoyan et al., 2018), which led: (1) to the creation of the Somkheto–Karabagh island-arc (*sensu stricto*), (2) to the opening of LC sea-basin (corresponding to ASH ophiolites) behind it and (3) to the formation of the Spitak–Kapan heterogeneous zone due to subduction of Paleotethys beneath the SAM and itself(?). In both hypotheses, the LC ophiolites are creating in a back-arc basin context.

Apparently a more definite and comprehensive interpretation of tectonic implications of the LC Mesozoic ophiolites with adjacent Somkheto–Karabagh and Spitak–Kapan Jurassic–Cretaceous zones during Neotethys evolution and closure requires additional field and laboratory (including detailed geochemical and isotopic) studies and especially geophysical works. Nevertheless, from the results of the recent and present studies, we suggest the second scenario as more likely interpretation. Although it cannot be excluded that all these could have

been formed at the same time and over *only one subduction zone*, if we consider that the absorption volumes of the oceanic crust were not large, i.e., there was no wider Sea between these zones (or volcanic arcs). This is a question that can only be answered through additional and detailed paleomagnetic research.

6. Conclusions

The field data, petrological and geochemical results of the plagiogranites and associated mafic rocks (gabbro, pillow basalts etc.) allow us to draw the following conclusions on their ages, petrogenesis and tectonic setting within the Mesozoic tectono-magmatic sections of LC in Alpine–Himalayan orogenic belt.

The ophiolitic remnants within the LC belt represent an oceanic basement evolved between the Eurasian active continental margin ^(?) or Somkheto–Karabagh Island-arc terran to the north and the Gondwana-originated SAM to the south during Mesozoic. This “oceanic basin” (named ASH) belongs to the northern branch of Neotethys (created on the Paleotethys) as an eastward extension of the larger Izmir–Ankara–Erzincan Seaway. It was probably consumed by either northward or (preferred) southward double (also having in mind the idea of one zone) subductions mainly during Early–Middle Jurassic to Late Cretaceous.

The amphibole gabbro (from Artanish valley) and the Dali plagiogranite (among others) form the upper plutonic part of the Sevan ophiolite succession of ASH, and display geochemical features that are typical for an arc-related petrogenetic evolution taken place in an intra-oceanic supra-subduction back-arc (or fore-arc?) setting.

Based on petrography and major–trace element abundances, the five trondhjemite (plagiogranite) plutons (including two of them in western Azerbaijan) are similar. Their trace element discrimination diagrams define a volcanic arc granite (VAG-type) setting. Discussed plagiogranite bodies may all be interpreted to have been generated by low-pressure fractional crystallization of a basaltic magma derived from partial melting of the mantle in subduction (supra-subduction) zone tectonic setting.

The plagiogranite samples of larger trondhjemite bodies from magmatic zones surrounding the Sevan–Hakari ophiolite belt to the southwest (in Karabagh) and northeast (in Azerbaijan) have yielded slightly older ages (177–180 Ma) than Dali plagiogranite (~172 Ma). Somewhat younger 165 ± 4 Ma age is obtained for a plagiogranite from westernmost Haghpat intrusion in northern Armenia. The pillow basalts hosting the Berdadzor plagiogranite have “supra-subduction zone” features similar to the LC ophiolites and evidence the earliest, at least, Early Jurassic volcanic activity in this region.

This synchronous magmatic activity along the ASH Seaway and surrounding regions could probably be related to the initiation of subduction(s) of the Neotethys oceanic crust below the SAM and, together with Paleotethys, below either Eurasian (Andean type?) margin or the pre-existing same paleo-oceanic crust (Mariana type subduction).

References

- Abdullayev R.N.** 1963. Mesozoic volcanism of the north-eastern part of the Lesser Caucasus. Ed.: AS of AzerbSSR, Baku, 228p. (in Russian).
- Abdullayev R.N., Gasanov R.K., Mustafayev G.V., Aliyev I.A.** 1974. The age-distribution of the intrusions of Lachin anticlinorium of the Lesser Caucasus and some features of their composition. Proceedings of AS of Azerb. SSR, Series of Earth Sciences, N4, p.75–83 (in Russian).
- Adamia S., Chkhotua T., Kekelia M., Lordkipanidze M. et al.** 1981. Tectonics of Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys Ocean. *Journal of Structural Geology* 3 (4), p.437–447.
- Asatryan G., Danelian T., Sahakyan L., Galoyan G., Seyler M., Sosson M., Avagyan A. Hubert B.L.M. and Ventalon S.** 2012. Radiolarian biostratigraphic constraints for latest Jurassic–earliest Cretaceous submarine volcanic activity in the Tethyan oceanic realm of the Sevan ophiolite (Armenia). *Bull. Soc. géol. France*, t.183, N4, p. 319–330.
- Aslanyan A.T.** 1958. Regional geology of Armenia. Ed.: “Haipethrat”, Yerevan, 430p. (in Russian).
- Carroll M.R., and Wyllie P.J.** 1990. The system tonalite-H₂O at 15 kbar and the genesis of calc-alkaline magmas. *American Mineralogist* 75, p.345–357.
- Coleman R.G., Peterman Z.E.** 1975. Oceanic plagiogranite. *Journal of Geophysical Research* 80, p.1099–1108.
- Coleman R.G., and Donato M.M.** 1979. Oceanic plagiogranite revisited. In: Barker, F. (Ed.), *Trondhjemites, dacites and related rocks*: Amsterdam, Elsevier, p.149–168.
- Danelian D., Asatryan G., Galoyan G., Sosson M., Sahakyan L., Caridroit M. and Avagyan A.** 2012. Geological history of ophiolites in the Lesser Caucasus and correlation with the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone: insights from radiolarian biochronology. *Bull. Soc. géol. France*, t. 183, N 4, p.331–342.
- Dilek Y. and Thy P.** 2006. Age and petrogenesis of plagiogranite intrusions in the Ankara mélange, central Turkey. *Island Arc* 15, p.44–57.
- Floyd P.A., Yaliniz M.K., Goncuoglu M.C.** 1998. Geochemistry and petrogenesis of intrusive and extrusive ophiolitic plagiogranites, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *Lithos* 42(3–4), p.225–241.
- Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J. and Frost C.D.** 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42(11), p.2033–2048.
- Galoyan G.** 2008. Etude Pétrologiques, Géochimiques et Géochronologiques des Ophiolites du Petit Caucase (Arménie). PhD thesis, University of Nice-Sophia Antipolis. 287p.
- Galoyan G.** 2020. Oceanic crust or Iskand arc: manifestations of magmatism in the ophiolite section of the Dali river valley on the shore of Lake Sevan. *Scientific periodical “Katchar”* N1, 16–29 (in Armenian).
- Galoyan G.L., Melkonyan R.L.** 2011. Ophiolitic association. In the book: “Geology and the mineral resources of Mountainous-Karabagh Republic”. Yerevan: Publishing House “Zangak-97”, p.99–112 (in Russian).
- Galoyan G., Rolland Y., Sosson M., Corsini M., Billo S., Verati C. and Melkonyan R.** 2009. Geochemistry and 40Ar/39Ar dating of Sevan Ophiolites (Lesser Caucasus, Armenia): evidences for Jurassic Back-arc opening and hot spot event between the South Armenian Block and Eurasia. *Journal of Asian Earth Science* 34, p.135–153.
- Galoyan G.L., Melkonyan R.L., Chung S.-L., Khorenyan R.H., Atayan L.S., Hung C.-H., Amiraghyan S.V.** 2013. To the petrology and geochemistry of Jurassic Island-arc magmatics of the Karabagh segment of the Somkheto–Karabagh terrain. Proceedings of the NAS of the Republic of Armenia, Earth Sciences, v.66, N1, p.3–22 (in Russian).
- Galoyan G.L., Melkonyan R.L., Atayan L.S., Chung S.-L., Khorenyan R.H., Lee Y.-H., Amiraghyan S.V.** 2018. On the petrology and geochemistry of Jurassic magmatics of the Somkheto segment of Somkheto–Karabagh tectonic zone (Northern Armenia). Proceedings NAS RA, Earth Sciences, 2018, v.71, N1, p.3–27.
- Gerlach D.C., Leeman W.P., Ave Lallemand H.G.** 1981. Petrology and geochemistry of plagiogranite in the Canyon Mountain Ophiolite, Oregon. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 77, p.82–92.

- Hässig M., Rolland Y., Sosson M., Galoyan G., Muller C., Avagyan A., Sahakyan L.** 2013. New structural and petrological data on the Amasia ophiolites (NW Sevan–Akera suture zone, Lesser Caucasus): Insights for a large-scale obduction in Armenia and NE Turkey. *Tectonophysics*, 588, p.135–153.
- Hässig M., Rolland Y., Sosson M., Galoyan G., Sahakyan L., Topuz G., Çelik Ö.F., Avagyan A., Müller C.** 2014. Linking the NE Anatolian and Lesser Caucasus ophiolites: evidence for large scale obduction of oceanic crust and implications for the formation of the Lesser Caucasus–Pontides Arc. *Geodinamica Acta*, 26(3-4), Special Issue: SI, 2013, p.311–330.
- Hässig M., Rolland Y., Sahakyan L., Sosson M., Galoyan G., Avagyan A., Bosch D., Muller C.** 2015. Multi-stage metamorphism in the South Armenian Block during the Late Jurassic to Early Cretaceous: Tectonics over south-dipping subduction of Northern branch of Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences* 102, p.4–23.
- Kazaryan H.A.** 2006. Anatectic plagiogranite-migmatites of gabbro and ultra-basite contact zone (the Sevan ophiolite zone). *Proceedings of the NAS of the Republic of Armenia, Earth Sciences*, v.59, N1, p.20–26 (in Russian).
- Knipper A.L.** 1975. The oceanic crust in the alpine belt. *Tr. GIN NAS USSR* 267, 207p. (in Russian).
- Knipper A.L., Khain E.V.** 1980. Structural position of ophiolites of the Caucasus. *Ofioliti*, Special Issue 2, p.297–314.
- Koepke J., Feig S.T., Snow J., Freise M.** 2004. Petrogenesis of oceanic plagiogranites by partial melting of gabbros: an experimental study. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 146, p.414–432.
- Lordkipanidze M.** 1980. Alpine volcanism and geodynamics of the Central segment of the Mediterranean belt. Tbilisi, Publishing House “Metsniereba”, 162p. (in Russian).
- Mederer J., Moritz R., Zohrabyan S., Vardanyan A., Melkonyan R., Ulianov A.** 2014. Base and precious metal mineralization in Middle Jurassic rocks of the Lesser Caucasus: A review of geology and metallogeny and new data from the Kapan, Alaverdi and Mehmana districts. *Ore Geology Reviews* 58, p.185–207.
- Melkonyan R.L.** 1989. Petrology and mineralization of Mesozoic island-arc granitoid formations of the Lesser Caucasus. Doctor thesis Abstract, Moscow, IGEM, 52p. (in Russian)
- Milanovski E.E.** 1968. Neotectonics of the Caucasus. Moscow, “Nedra”, 484p. (in Russian)
- National Atlas of Armenia**, Volume A, 2007. Publishing house: “Tigran Mets”, Yerevan, 232p. (in Armenian)
- Neill I., Meliksetian Kh., Allen M.B., Navasardyan G., Kuiper K.** 2015. Petrogenesis of mafic collision zone magmatism: The Armenian sector of the Turkish–Iranian Plateau. *Chemical Geology* 403, p.24–41.
- O'Connor J.T.** 1965. A classification for quartz-rich igneous rock based upon feldspar ratios. *U.S.G.S. Professional Paper* 525B, B79–B84.
- Pallister J.S. and Knight R.J.** 1981. Rare-earth element geochemistry of the Samail ophiolite near Ibra, Oman, *Journal of Geophys. Res.* 86(B4), p.2673–2697.
- Pearce J.A.** 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (Ed.), *Andesites*. John Wiley and Sons, p.525–548.
- Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G.** 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25, p.956–983.
- Pearce J.A. and Stern R.J.** 2006. Origin of Back-Arc Basin Magmas: Trace Element and Isotope Perspectives. *Back-Arc Spreading Systems: Geological, Biological, Chemical, and Physical Interactions*. Geophysical Monograph Series 166, Published by the American Geophysical Union, p.63–86.
- Pedersen R.B. and Malpas J.** 1984. The origin of oceanic plagiogranites from the Karmoy ophiolite, Western Norway. *Contrib. Mineral. Petrol.* 88, p.36–52.
- Rolland Y., Galoyan G., Bosch D., Sosson M., Corsini M., Fornari M. and Verati C.** 2009. Jurassic Back-arc and Cretaceous hot-spot series in the Armenian ophiolites – implications for the obduction process. *Lithos* 112, p.163–187.
- Rolland Y., Galoyan G., Sosson M., Melkonyan R. and Avagyan A.** 2010. The Armenian Ophiolite: insights for Jurassic back-arc formation, Lower Cretaceous hot spot magmatism and Upper Cretaceous obduction over the South Armenian Block. *Geological Society, London, Special Publications*; v. 340; p.353–382.

- Sadikhov E.A., Shatova N.V.** 2016. Geochemical characteristics and isotopic U-Pb dating of plagiogranite plutonic complex rocks from the Lok-Garabakh zone of the Lesser Caucasus (Azerbaijan). (VSEGEL) Regional Geology and Metallogeny N66, p.67–74.
- Sosson M., Rolland Y., Muller C., Danelian T., Melkonyan R., Kekelia S., Adamia S., Babazadeh V., Kangarli T., Avagyan A., Galoyan G. and Mosar J.** 2010. Subductions, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights. In: Sosson M., Kaymakci N., Stephenson R., Bergerat F. and Starostenko V. (Eds.), *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Geological Society, London, Special Publications; v. 340, p.329–352.
- Sun S.S., McDonough W.F.** 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A.D., Norry M.J. (Eds.), *Magma-tism in Ocean Basins*, Geological Society of London, Special Publication 42, p.313–345.
- Zakariadze G.S., Knipper A.L., Sobolev A.V., Tsameryan O.P., Dimitriev L.V., Vishnevskaya V.S., Kolesov G.M.** 1983. The ophiolite volcanic series of the Lesser Caucasus. *Ofioliti* 8, p.439–466.
- Zi J.-W., Cawood P.A., Fan W.-M., Wang Y.-J. and Tohver E.** 2012. Contrasting rift and subduction-related plagiogranites in the Jinshajiang ophiolitic mélange, southwest China, and implications for the Paleo-Tethys. *Tectonics* 31, TC2012.

**ՄՏՈՐԻՆ-ՄԻՋԻՆ ՅՈՒՐԱՅԻ ՏՐՈՆԴԵՄԻՏԱՅԻՆ ՄԵՐԻՄՅԻ
ԱՌԱՋԱՅՈՒՄԸ ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍՈՒՄ (ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՎ ԼԵՌՆԱՅԻՆ
ՂԱՐԱԲԱՂԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ)**

Գալոյան Ղ.Լ.

Ամփոփում

Մեզոզոյան տրոնոյեմիտային (պլագիոգրանիտային) մագմատիզմի հասակն ու երկրատեկտոնական պատմությունը հատկապես կարևոր են Փոքր Կովկասի (ՓԿ) արևելյան–հարավ-արևելյան հատվածի երկրաբանական-երկրադինամիկ եվոլյուցիան բացահայտելու համար: Նորովի են քննարկվել ՓԿ օֆիոլիտների տեկտոնական իրավիճակի առավել հստակ և համապարփակ մեկնաբանման հարցերը հարակից Սոմխետ-Ղարաբաղի և Սպիտակ-Կապանի յուրա-կավճի գոտիների հետ: Ակնհայտ է, որ այդ գոտիները, մասնավորապես դրանցում առկա երկրաբանական միավորները, սերտորեն կապված են միմյանց հետ տարածականորեն և ժամանակային առումով: Սևանի օֆիոլիտից (Ամասիա-Սևան-Հակարի՝ ԱՍՀ կարային գոտու կենտրոնական մաս) և ՓԿ նշված գոտիներից ստացված պլագիոգրանիտների U–Pb ցիրկոնային թվագրումը ապահովում է առավել հուսալի երկրաժամանակագրական ճշգրտումներ Նեոթետիսի (?) Եվոլյուցիայի վերաբերյալ: Ակնհայտ է, որ ցիրկոնային բոլոր հասակները գտնվում են ուշ վաղ և ուշ միջին յուրայի դարաշրջանի միջակայքում (~ 180–165Ma): Հաշվի առնելով այս տվյալները, հիմնական ԱՍՀ օֆիոլիտային գոտուց հարավ և հյուսիս տեղակայված ինտրուզիաները ներփակող էֆուզիվ սերիաների տարիքը, հավանաբար, պետք է լինի նվազագույնը պլինստոգեն-տոարի կամ ավելի հին հասակի, քան բայոսի և բաթի: Ապարների երկրաքիմիայի հիման վրա՝ զաբրոային ամֆիբոլը, բարձանման

բազալտը և պլագիոգրանիտները սինգենետիկ են, որը մատնանշում է դրանց ծագման ընդհանուր հալոցքային աղբյուրը: Պլագիոգրանիտի բոլոր նմուշները ցուցադրում են փոփոխական LILE հարստացում և ընդգծված բացասական HFSE (Nb, Ta և Ti) անոմալիաներ, որոնք բնորոշ են սուբդուկցիայի հետ կապված մագմաներին: Ելնելով երկրաբանական և պետրոլոգաերկրաքիմիական առանձնահատկություններից՝ քննարկված բոլոր հինգ պլագիոգրանիտային մարմինները նման են և կարող են մեկնաբանվել, որ դրանք առաջացել են բազալտային մագմայի ցածր ճնշմամբ ֆրակցիոն բյուրեղացման արդյունքում, որը զոյացել է մանթիայի մասնակի հալումից սուբդուկցիոն (կամ սուպրա-սուբդուկցիոն) զոտու տեկտոնական իրավիճակում: Պալեոթեոսում ստեղծված ԱՍՀ ավազանը (որպես Նեոթեոսիսի հյուսիսային ճյուղ), ամենայն հավանականությամբ, կլանվել է կամ դեպի հյուսիս, կամ հարավ (նախընտրելի է) ուղղված կրկնակի սուբդուկցիաներից՝ հիմնականում վաղ-միջին յուրայից մինչև ուշ կավճի ժամանակ, նաև չբացառելով միայն մեկ սուբդուկցիոն զոնայի հնարավորությունը:

ФОРМИРОВАНИЕ НИЖНЕ–СРЕДНЕЮРСКОЙ ТРОНДЬЕМИТОВОЙ СЕРИИ НА МАЛОМ КАВКАЗЕ (РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ И НАГОРНЫЙ КАРАБАХ)

Галоян К.Л.

Резюме

Возраст и геотектоническая история мезозойского трондjemитового (плагиигранитого) магматизма особенно важны для раскрытия геологической-геодинамической эволюции восточно-юго-восточного сегмента Малого Кавказа (МК). Вновь обсуждаются вопросы более определенной и исчерпывающей интерпретации тектонического положения офиолитов МК с прилегающими к ним Сомхето–Карабахской и Спитак–Капанской юрско–меловой зонами. Очевидно, эти зоны, в особенности находящиеся в них геологические единицы, прочно связаны друг с другом как в пространственном, так и во временном отношении. U–Pb датирование по циркону плагиигранитов из Севанского офиолита (центральная часть шовной зоны Амасия–Севан–Аакари или АСА) и из упомянутых зон в МК дает новые и более надежные геохронологические реперы в эволюцию Неотетиса (?). Очевидно, что все возрасты цирконов находятся в интервале от поздне раннего до позднесреднего юрского периода (~ 180–165 млн лет). Принимая во внимание эти данные, возраст вмещающих эффузий, расположенных на самом деле как к югу, так и к северу от основной офиолитовой зоны АСА, возможно, должен быть минимум плинсбах–тоарским или старше, чем байосским и батским. Основываясь на геохимии пород, амфиболовые габбро, подушечные базальты и плагииграниты являются когенетическими, что предполагает общий источник расплава в их проис-

хождении. Все образцы плагиогранитов демонстрируют переменное обогащение LILE и явно выраженные отрицательные аномалии HFSE (Nb, Ta и Ti), типичные для магм, связанных с субдукцией. Основываясь на геологических и петролого-геохимических особенностях, все пять обсуждаемых тел плагиогранитов похожи и могут быть интерпретированы как образованные при фракционной кристаллизации базальтовой магмы при низком давлении, образовавшейся в результате частичного плавления мантии в субдукционной (или супра-субдукционной) тектонической обстановке. Образовавшийся на Палеотетисе бассейн АСА (как северная ветвь Неотетиса), вероятно, был поглощен либо северными, либо предпочтительно южными двойными субдукциями, в основном в период от ранне-средней юры до позднего мела, не исключая также возможности существования здесь единой зоны субдукции.

ՀԻՂՈՒՈՒԹՅԱՆ

ԱՂԱՏԵՎ ԳԵՏԻ ԱՎԱԶԱՆՈՒՄ ՀԵՂԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ՎՏԱՆԳԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՀԻԵՐԱՐԽԻԱՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Առաքելյան Ա.Ա.¹, Միսակյան Ա.Է.², Ազիզյան Հ.Հ.²

¹ ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ,
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ. 24ա,
E-mail: alex.arakelyan@outlook.com

² ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ,
0025, Երևան, Չարենցի փ. 46
E-mail: miamalya@yandex.ru
Հանձնվել է խմբագրություն՝ 10.09.2021

Սույն հոդվածի շրջանակներում փորձ է կատարվել Աղստև գետի ավազանի համար մշակել հեղեղումների վտանգի քարտեզ: Գետավազանի տարածքն ըստ հեղեղավտանգավորության աստիճանի դասակարգելու նպատակով դիտարկվել են Աղստևի ավազանում հեղեղումների ձևավորման հիմնական գործոնները և դրանց փոխազդեցությունը: Վերլուծության հիմքում ընկած է անալիտիկ հիերարխիաների մեթոդը: Արդյունքում հաշվարկվել է հեղեղումների վտանգի բազմագործոն ինդեքսը և մշակվել է հեղեղումների վտանգի քարտեզ Աղստև գետի ավազանի համար:

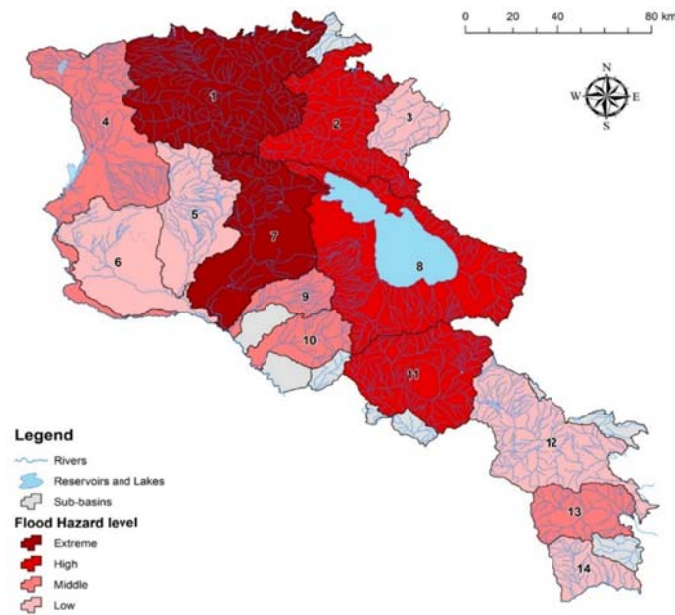
Հանգուցային բառեր. Աղստև գետ, հեղեղում, հեղեղավտանգ գոտի, հեղեղումների վտանգի ինդեքս, անալիտիկ հիերարխիաների մեթոդ, Ֆուրնյեի փոփոխված ինդեքս, ԱՏՀ միջավայր:

Ներածություն

Աղստև գետում, ինչպես Հայաստանի գետերի մեծամասնությունում լավ արտահայտված է Գարնանային վարարումը, որը գետի ջրային ռեժիմի հիմնական փուլերից մեկն է: Գարնանային վարարումների ընթացքում ջրի առավելագույն ելքերի անցումը որոշ դեպքերում ուղեկցվում է հեղեղումներով, առաջացնելով բնակավայրերի, մայրուղիների, ցանքատարածությունների և տարատեսակ շինությունների ու ենթակառուցվածքների, հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների էական ողողումներ: Հատկապես մեծ վտանգ են ներկայացնում խառը ծագման ջրի առավելագույն ելքերը, երբ հալոցքային ջրերին գումարվում են անձրևաջրերը:

Հաշվի առնելով «Արևելյան տարածաշրջանում տարերային և տեխնադին աղետների կանխարգելում, պատրաստվածություն և ար-

ձագանքում (ԱԿՊԱ-Արևելք)», ծրագրի շրջանակներում հավաքագրված և վերլուծված տեղեկատվությունը, Հայաստանի 14 հիմնական գետավազանները դասակարգվել են ըստ հեղեղման վտանգի մակարդակի չորս խմբի. (1) շատ բարձր, (2) բարձր, (3) միջին, և (4) ցածր (PPRD East project, 2014) (նկ. 1):



Նկ.1. Հայաստանի հեղեղումների վտանգի քարտեզը՝ ավազանային մասշտաբով

Աղստևի գետավազանն ունի հեղեղման բարձր վտանգի մակարդակ: Կանխատեսվում է, որ գետավազանում առաջիկա 10 տարիների ընթացքում առնվազն մեկ անգամ տեղի կունենան պոտենցիալ վնաս հասցնող և կյանքին սպառնացող հեղեղներ (Դյուբուա և ուր., 2021):

Աղստևը Կուր գետի աջակողմյան վտակներից է, սկիզբ է առնում Փամբակի լեռնաշղթայի Թեժլեռ գագաթի հյուսիսային լանջերից՝ ծովի մակարդակից 2985մ բարձրության վրա: Աղստևի հովիտը հիմնականում անտառածածկ է: Ավազանում հաշվարկվում է շուրջ 1000 գետ և գետակ: Աղստևի երկու խոշոր վտակներն են Գետիկն ու Ոսկեպարը: Ավազանի տարածքի 61%-ը տեղակայված է ծովի մակարդակից 1000-ից 2000մ բարձրությունների վրա, միջին բարձրությունը 1701մ է, ամենաբարձր գագաթը (Թեժլեռ) հասնում է 3101մ, իսկ ամենացածր կետը գտնվում է հայ-ադրբեջանական սահմանի վրա՝ Աղստև գետի հունում՝ 481մ: Աղստևի գետավազանը երկրի ամենախոնավ տարածքներից է, տարեկան տեղումները նույնիսկ ավազանի ամենաչոր հատվածում ավելի քան 500մմ են: Գետավազանում տեղումների առավելագույն քանակը դիտվում է ապրիլ-հունիս ամիսներին (Դյուբուա և ուր., 2021):

Հեղեղումների ենթակա տարածքների որոշումը հատկապես կարևոր է քաղաքականություն մշակողների համար, հետևանքների մեղմման ռազմավարության մշակման և հեղեղումների ռիսկի կառավարման պլանավորման նպատակով:

Նյութը և մեթոդը

Սույն հոդվածի շրջանակներում դիտարկվում են Աղստևի գետավազանում հեղեղումների ձևավորման հիմնական գործոնները և դրանց փոխազդեցությունը՝ ավազանի տարածքն ըստ հեղեղավտանգավորության աստիճանի դասակարգելու նպատակով: Վերլուծության հիմքում ընկած է անալիտիկ հիերարխիաների մեթոդը, որը մշակվել է Թոմաս Սաաթիի կողմից (Saaty, 1980): Արդյունքում, հաշվարկվել է հեղեղումների վտանգի բազմագործոն ինդեքսը և մշակվել է հեղեղումների վտանգի քարտեզ Աղստևի ավազանի համար:

Համաձայն ԵՄ հեղեղումների Դիրեկտիվի (Եվրոպական Միության Հեղեղումների վտանգների գնահատման և կառավարման դիրեկտիվ, 2007), «հեղեղում» նշանակում է այն տարածքների ժամանակավոր ծածկումը ջրով, որը սովորաբար ջրածածկ չէ: Այն արդյունք է հորդառատ անձրևներից կամ ձնհալոցներից ջրառաջացման բնական գործընթացի կամ հողի մորֆոլոգիական փոփոխության՝ մեծ մասշտաբով (ջրհավաքի գեոմորֆոլոգիա) կամ փոքր մասշտաբով (գետի հունի պրոֆիլ): Հեղեղման վտանգի քարտեզագրումը հեղեղման վտանգի տակ գտնվող տարածքների նույնականացման գործընթացն է (քարտեզի վրա): Հեղեղման վտանգի քարտեզը չի հայտնում հեղեղման ազդեցության մասին: Այն «միայն» գծագրում է այն աշխարհագրական տարածքները, որոնք կարող են հեղեղվել տրված հավանականությամբ:

Վտանգը քանակապես գնահատելու համար գրականության վերլուծության և տեղական պայմանների ուսումնասիրության հիման վրա նախ ընտրվել են հեղեղումների վտանգի ձևավորման հիմնական գործոնները: Վտանգը ձևավորող գործոնները նախապես վերլուծվել են ՄՏՀ միջավայրում և կազմակերպվել ռաստերային շերտերի խմբի տեսքով:

Գործոններից յուրաքանչյուրի համար սահմանվել է հեղեղման ձևավորման պրոցեսի վրա ազդեցության քանակական չափանիշ, որի հիման վրա յուրաքանչյուր շերտի բջիջները դասակարգվել են ըստ վտանգի հարաբերական աստիճանի՝ 2, 4, 6, 8, 10, որտեղ 2-ը ամենացածր վտանգն է, 10-ը՝ ամենաբարձրը (Tapas և ուր., 2013):

Միջազգային փորձի և տեղական առանձնահատկությունների համադրմամբ յուրաքանչյուր գործոնին տրվել է կշիռ, որը բնութագրում է դրա դերը հեղեղումների ձևավորման գործում: Հեղեղումների վտանգի ինդեքսը ՀՎԻ (Flood Hazard Index, FHI), հաշվարկվում է բոլոր շեր-

տերի համադրմամբ և վրադրմամբ՝ ստորև բերվող արտահայտության կիրառմամբ.

$$FHI = \sum_{i=1}^n r_i \cdot w_i ,$$

որտեղ r -ն գործոնի վտանգի աստիճանն է յուրաքանչյուր բջջում, w -ն յուրաքանչյուր գործոնի կշիռն է, n -ը գործոնների քանակն է:

Հեղինակների ուսումնասիրության հիման վրա ընտրվել են հեղեղումների վտանգի ձևավորման հետևյալ 7 գործոնները՝ Աղստևի ավազանի՝ ըստ հեղեղավտանգության աստիճանի տարածական դասակարգման համար.

- Հոսքի կուտակում
- Դրենաժային ցանցից հեռավորություն
- Բարձրություն ծովի մակարդակից
- Լանջերի թեքություն
- Տեղումների ինտենսիվություն (Ֆուրնյեի փոփոխված ինդեքս)
- Հողօգտագործում
- Երկրաբանություն

Ծովի մակարդակից բարձրության, լանջերի թեքության և հոսքի կուտակման շերտերը ստացվել են SRTM բարձրությունների թվային մոդելից (~30մ լուծաչափ): Հոսքի կուտակման շերտի ստացման համար կիրառվել է ArcGIS ArcHydro Tools ընդլայնումը, իսկ լանջերի թեքությունների որոշման համար՝ ArcGIS Spatial Analyst ընդլայնման Slope գործիքը:

Երկրաբանական տիպերի շերտը մշակվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գեոինֆորմատիկայի լաբորատորիայի աշխատակիցների կողմից՝ Հայաստանի երկրաբանական քարտեզի հիման վրա (մասշտաբ՝ 1:500,000, ՀՀ Բնապահպանության նախարարության երկրաբանական վարչություն, 2005): Սկզբնաղբյուր հանդիսացող քարտեզը գեներալիզացվել է՝ միանման ջրաթափանցություն ունեցող ապարատեսակների որոշման և տարածական ներկայացման նպատակով:

Հողածածկույթի շերտի սկզբնաղբյուրը Եվրոպական տիեզերական գործակալության GlobCover v2.3 շերտն է (<http://due.esrin.esa.int/globcover/>):

Տեղումների ինտենսիվությունը արտահատված է Ֆուրնյեի փոփոխված ինդեքսի տեսքով (ՖՓԻ, Modified Fournier Index, MFI) (Costea, 2012): Հաշվարկների հիմք են հանդիսացել ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի կողմից տրամադրված մթնոլորտային տեղումների ամսական և տարեկան արժեքները Աղստևի ավազանի օդերևութաբանական կայանների համար: ՖՓԻ հաշվարկից հետո, կետային տվյալները միջարկվել են Աղստևի ամբողջ ավազանի համար օգտագործելով Spline մեթոդը:

Ֆուրնյեի փոփոխված ինդեքսն իրենից ներկայացնում է տարվա

ամենախոնավ ամսվա տեղումների քանակի քառակուսու և տարեկան գումարային տեղումների քանակի հարաբերությունը.

$$MFI = \frac{\sum p^2}{P},$$

որտեղ p -ն տարվա ամենախոնավ ամսվա տեղումների քանակն է (մմ), P -ն տարեկան գումարային տեղումների քանակը (մմ):

Արդյունքներ և քննարկում

Աղստևի գետավազանի համար MFI-ն հաշվարկվել է ավազանի օդերևութաբանական կայանների մթնոլորտային տեղումների ամսական և տարեկան բազմամյա միջին տվյալների հիման վրա մինչև 1000մ, 1000-2000մ և 2000մ-ից բարձր գոտիների համար (աղ.1):

Աղյուսակ 1

Ֆուրնյեի փոփոխված ինդեքսի հաշվարկված արժեքները
Աղստևի ավազանի համար

Բարձրության գոտի, մ	Ամիսներ												Տարի	p^2 , մմ	MFI
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
<1000	13	29	72	100	92	117	82	67	30	66	47	16	731	13647	18.67
1000-2000	30	29	52	72	86	90	85	47	56	56	35	9	648	8050	12.43
>2000	52	63	73	82	54	55	43	40	45	59	34	42	643	6726	10.45

Հեղեղումների վտանգի ինդեքսի որոշման համար վերը նշված գործոնների համադրումը և վտանգի տարածական վերլուծությունն իրականացվել է ԱՏՀ միջավայրում: Յուրաքանչյուր գործոնի կշիռը որոշում է դրա դերը վերջնական արդյունքում: Հետևաբար, հեղեղումների վտանգի տարածական վերլուծությունը պետք է գնահատի բոլոր բջիջները յուրաքանչյուր գործոնում: Այդ նպատակով, բոլոր տվյալները պետք է վերափոխվեն ռաստերային ֆորմատի: Այնուհետև, համաձայն տեղական պայմանների, ԱՏՀ վերադասակարգման (Reclassification) գործիքների միջոցով ռաստերի յուրաքանչյուր բջջի տրվում է արժեք 2-10 միջակայքում (վտանգի աստիճան):

Գործոնների դասերի և համապատասխան կշիռների որոշումը բարդ գործընթաց է: Գործոնների կշիռներն ընտրվել են այս ուղղությամբ միջազգային փորձի ուսումնասիրության հիման վրա (Demek, 1972; Kourgialas և Karatzas, 2011; Ouma և Tateishi, 2014; Kazakis և ուր., 2015; Kazakis և Voudouris, 2015):

Գործոնների դասերը խիստ կախված են տեղական պայմաններից և որոշվել են ուսումնասիրվող տարածքի բնութագրիչների վերլուծության արդյունքում: Աղյուսակ 2-ում ներկայացված են Աղստևի ավազանում հեղեղումների վտանգի ձևավորման գործոնների դասերը և համապատասխան վտանգի աստիճանները:

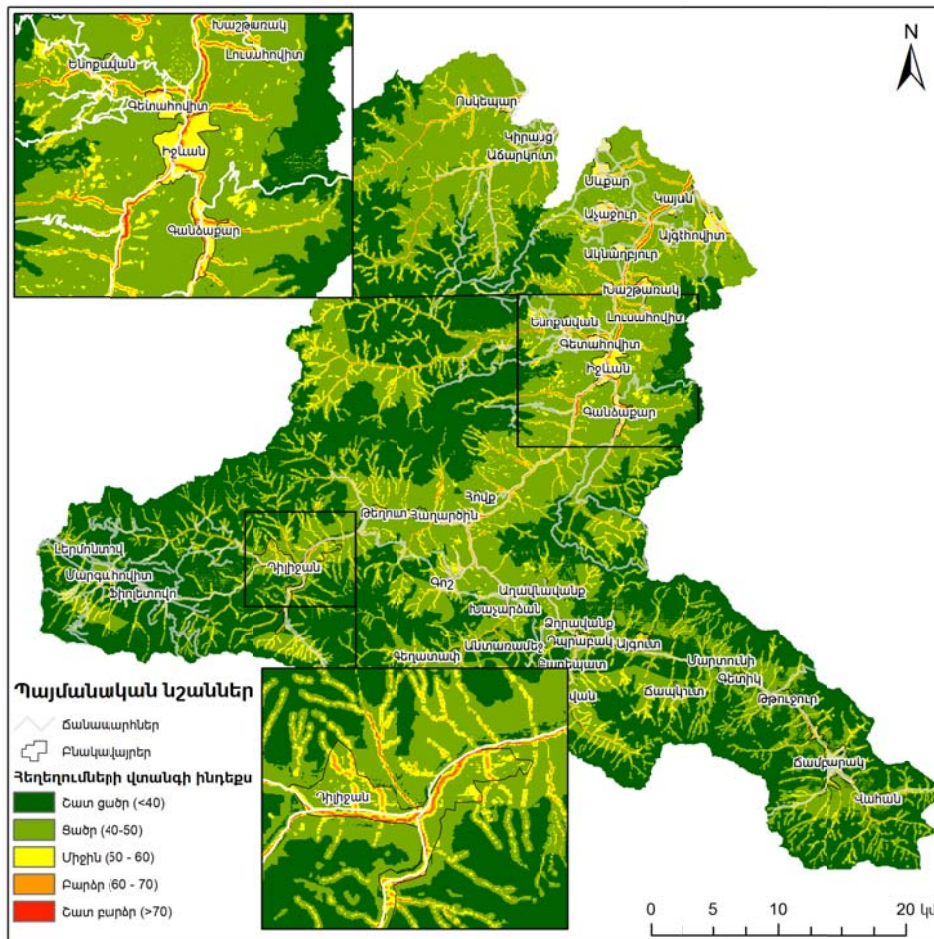
Աղստևի ավազանում հեղեղումների վտանգի ձևավորման գործոնները,
դրանց դասերն ու կշիռները

Գործոն (f)	Դաս (c)	Աստիճան (r)	Կշիռ (w)
Հոսքի կուտակում (FAC)	>1000	10	3
	100-1000	8	
	20-100	6	
	5-20	4	
	<5	2	
Հեռավորություն դրենաժային ցանցից (DDN)	<20	10	2.1
	20-40	8	
	40-80	6	
	80-120	4	
	>120	2	
Բարձրություն (E)	<1000	10	2.1
	1000-1500	8	
	1500-2000	6	
	2000-2500	4	
	>2500	2	
Հողօգտագործում (LC)	բնակավայրեր, կառուցապատված տարածքներ	10	1.2
	վարելահողեր	8	
	արոտավայրեր	6	
	նոսր բուսականությամբ տարածքներ	4	
	անտառներ	2	
Տեղումների ինտենսիվություն, մմ (MFI)	>12	10	1
	10-12	8	
	8-10	6	
	4-8	4	
	<4	2	
Լանջերի թեքություն, աստիճան (S)	<3	10	0.5
	3-6	8	
	6-18	6	
	18-30	4	
	>30	2	
Երկրաբանություն (G)	Ավազաքարեր, կավեր, ալյուրոլիտներ	10	0.3
	Էյուվիալ և Էյուվիալ-դեյուվիալ նստվածքներ	8	
	Լանջային նստվածքներ	6	
	Լճային և սառցադաշտալճային նստվածքներ	4	
	Ալյուվիալ նստվածքային ապարներ	2	

Հեղեղումների վտանգի ինդեքսը (ՀՎԻ) տարածականորեն գնահատելու համար US2 միջավայրում իրականացվել է վերը նշված գործոնների՝ աղյուսակում ներկայացված դասերի և վտանգի աստիճանների համաձայն վերադասակարգված ռաստերային շերտերի համադրում:

$$\text{ՀՎԻ} = \text{FAC}(r \cdot 3) + \text{DDN}(r \cdot 2.1) + \text{E}(r \cdot 2.1) + \text{LC}(r \cdot 1.2) + \text{MFI}(r \cdot 1) + \text{S}(r \cdot 0.5) + \text{G}(r \cdot 0.3)$$

Տարածական հաշվարկի արդյունքները ամփոփված են հեղեղումների վտանգի ինդեքսի ռաստերային շերտի տեսքով: Աղստևի ավազանի բնակավայրերի սահմանների և ավտոճանապարհների վեկտորային շերտերի հետ համադրումը թույլ է տալիս գնահատել նաև հեղեղումների ռիսկը (նկ.2):



Այսպիսով, կիրառելով բազմագործոն անալիտիկ հիերարխիաների մեթոդը, հեղեղումների ձևավորման տարբեր գործոնների տարածա-քանակական համադրման միջոցով կարելի է ստանալ հեղեղավտանգության տարածական պատկերը ավագանային մակարդակում: Հեղեղման վտանգի քարտեզը լավ հիմք է ստեղծում հեղեղման ռիսկերի արդյունավետ կառավարման համար: Հեղեղման վտանգի քարտեզներն օգտագործվում են հեղեղման ռիսկի կառավարման ծրագրեր կազմելիս, հեղեղման վնասները կանխելու, հոդօգտագործման պլանավորման, հեղեղման մասին տեղեկություններ տրամադրելու նպատակով:

Բնակեցված տարածքների, ենթակառուցվածքների և գյուղատնտեսական նշանակության հողերի տարածական շերտերի վրա դրումը վտանգի շերտի հետ թույլ է տալիս գնահատել նաև հեղեղումների ռիսկը:

Մեթոդը կիրառելի է նաև այլ հիդրոոդերևութաբանական վտանգավոր երևույթների վտանգի և ռիսկի գնահատման համար: Այսպիսի վերլուծությունները կարող են աջակցել աղետների ռիսկի նվազեցման ու կառավարման միջոցառումների ընտրության և պլանավորման գործում:

- Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ գիտության կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ «Աղստևի ավազանի գետերի առավելագույն ելքերի կանխատեսումը և դրանց խոցելիության գնահատումը կլիմայի փոփոխության պայմաններում» 19YR-1E005 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Դյուբուա Դ., Գարդին Ն., Գևորգյան Ա., Մելոտ Ի., Միսակյան Է., Տոնոյան Վ. Հունվար, 2021թ.: Աղստևի գետավազանում հեղեղումների վտանգի քարտեզագրման նախնական ուսումնասիրություն՝ Հայաստան: ՇԵՐ Ճարտարագիտական խորհրդատվական կազմակերպություն, ավարտական հաշվետվություն:
- Եվրոպական Միության Հեղեղումների վտանգների գնահատման և կառավարման ղեկավար (2007/60/EC):
- Հայաստանի Հանրապետության երկրաբանական քարտեզ (մասշտաբ՝ 1:500,000): 2005թ.: Կազմվել է Է. Խարազյանի կողմից: Խմբագիր՝ Հ. Սարգսյան: ՀՀ Բնապահպանության նախարարության երկրաբանական վարչություն:
- Avagyan A., Manandyan H., Arakelyan A., Piloyan A. 2018. Towards a disaster risk assessment and mapping in the virtual geographic environment of Armenia. / Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, vol. 92(1), p.283-309.
- Costea M. 2012. Using the Fournier index in estimating rainfall erosivity. Case study-the Secaşul Mare Basin. Aerial și Apa Componente ale Mediului 71:313–320.
- Demek J. 1972. Manual of detailed geomorphological mapping. International Geographical Union. Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Academia.
- Kazakis N., Kougias I., Patsialis T. 2015. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: application in Rhodope-

- Evros region, Greece. *Sci Total Environ* 538:555–563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.055>
- Kazakis N., Voudouris K.S.** 2015. Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: modifying the drastic method using quantitative parameters. *J Hydrol* 525:13–25. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.035>
- Kourgialas N.N., Karatzas G.P.** 2011. Flood management and a GIS modeling method to assess flood-hazard areas: a case study. *Hydrol Sci J* 56(2):212–225. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>
- Ouma Y., Tateishi R.** 2014. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water* 6(6):1515–1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- PPRD East project:** 2014. Final report for the development of flooding hazard map. Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Armenia (EU funded).
- Saaty T.L.** 1980. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Math Model* 9(3–5):161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Tapas M.R., van Westen C.J., Kerle N., Jetten V.G., Kumar V.** 2013. Landslide hazard and risk assessment using semi—automatically created landslide inventories. *Geomorphology* 184:139–150. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.001>

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НАВОДНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АГСТЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Аракелян А.А., Мисакян А.Э., Азизян А.О.

Резюме

В рамках данной работы разработана карта опасности наводнений для бассейна реки Агстев. Для классификации территории речного бассейна по степени опасности наводнений были рассмотрены основные факторы формирования паводков в бассейне р. Агстев и их взаимодействие. Оценка основана на методе аналитических иерархий. В результате многофакторного анализа был рассчитан индекс опасности наводнений и разработана карта опасности наводнений для бассейна реки Агстев.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОНК РА в рамках научного проекта № 19YR-1E005 - “Прогнозирование максимальных расходов рек бассейна р. Агстев и оценка уязвимости в условиях изменения климата”.

ASSESSING FLOOD HAZARD FOR THE AGHSTEV RIVER BASIN USING THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

Arakelyan A.A., Misakyan A.E., Azizyan H.H.

Abstract

In the frames of this paper, the creation of flood hazard map for the Aghstev River basin has been attempted. In order to classify the river basin area according to the level of flood hazard, the main factors of flood formation and

their interaction were reviewed and analyzed for the Aghstev basin. The analysis is based on the Saaty's analytical hierarchy process. As a result of multi-factor analysis, the flood hazard index was calculated and a flood hazard map was developed for the Aghstev river basin.

This work was supported by the RA MESCS Science Committee, in the frames of the research project № 19YR-1E005 - “The forecast of maximum discharges of the Aghstev river basin and assessment of the vulnerability in the context of climate change”.

ՀԻՂՐՈՓԵՈՔԻՄԻԱ

**ՄԵՎԱՆԱ ԼՃՈՒՄ ԿԱՊՏԱԿԱՆԱԶ ՋՐԻՄՈՒՌՆԵՐԻ ԾԱՂԿՄԱՆ
ՈՐՈՇ ՆԱԽԱԴՐՅԱԼՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

**Շահինյան Հ.Վ., Մելիքսեթյան Խ.Բ., Զաքարյան Շ.Ս.,
Գյուլնազարյան Շ.Ա.**

*ՀՀ ԳԱՍ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ,
E-mail: hrshah@sci.am
Հանձնվել է խմբագրություն 30.04.2021թ.*

Հոդվածում քննարկվում են են 2020թ. ապրիլ-հոկտեմբեր ամիսներին Սևանա լճի ջրի քիմիական կազմի մոնիտորինգային հիդրոքիմիական հետազոտությունների արդյունքները՝ կապված Սևանա լճի ջրի կապտականաչ ջրիմուռներով «ծաղկման» երևույթների հետ: Անջատվում են երկու հիմնական և մեկ երկրորդային նշանակության գործոններ, որոնք կարող են անմիջականորեն կապված լինել ծաղկման երևույթի հետ և նպաստել նրա առաջացմանը: Դրանք են, համապատասխանաբար, ջրի բարձր ջերմաստիճանը (25°C և բարձր), օրգանական նյութերով ինտենսիվ և անվերահսկելի աղտոտումը (հատկապես ազոտի միացություններով և մասնավորապես՝ ամոնիում-իոնով) և սուլֆատ-իոնի առկայությունը լճի թույլ ալկալային ջրում: Այս գործոնների դերի մասին խոսել են նաև նախկինում կատարված հետազոտությունների հեղինակները: Մեր աշխատանքները հաստատեցին նրանց կարծիքը անալիտիկ հետազոտություններով, pH-ի և ջրի ջերմաստիճանի դաշտային չափումներով:

Հանգուցային բառեր. Հիդրոքիմիա, ամոնիում-իոն, ջրի քիմիական կազմ, ջրի քիմիական կազմի բանաձև, կապտականաչ ջրիմուռների ծաղկում:

2020թ. ապրիլից հոկտեմբեր ներառյալ կատարվել են Սևանա լճի ջրի կազմի հիդրոքիմիական հետազոտություններ՝ «Սևանա լճի էվտրոֆացման մեխանիզմների հետազոտում և «ծաղկման» երևույթների դեմ պայքարի մեթոդների մշակում» (N 1-15/20TB) նպատակային-ծրագրային ֆինանսավորման ծրագրի շրջանակներում, կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Բ. Գաբրիելյանի ղեկավարությամբ: Բազմապրոֆիլ հետազոտությունների շարքում իրականացվել են նաև լճի ջրի հիդրոքիմիական հետազոտություններ՝ նպատակ ունենալով պարզաբանել ջրի կազմի և կապտականաչ ջրիմուռների ծաղկման երևույթների միջև կապի առկայությունը կամ դրա բացակայությունը, եթե այն կա՝ ինչպես է գործում անմիջականորեն ծաղկման ժամանակ և ինչ փոփոխություններ են կատարվում ջրի կազմի

հետ դրանից հետո: Սովորաբար ջրային ավազաններում երևույթը դիտվում է, երբ առկա են բարձր ջերմաստիճանային պայմաններ, ջուրն էլ հազեցած է կենսածին տարրերով ու միացություններով: Այս ազդեցությունների տակ ջուրը ենթակվում է ինչպես ֆիզիկական, այնպես էլ քիմիական փոփոխությունների: Նման դեպքերում վատանում է ջրի որակը, ինչով պայմանավորված սկսվում են տարբեր, այդ թվում՝ ծաղկման պրոցեսներ: Կապտականաչ ջրիմուռները ջուրն աղտոտում են տոքսիկ նյութերով, որոնք վտանգավոր են ինչպես մարդու, այնպես էլ ջրավազանի ֆաունայի ու ֆլորայի համար: Ծաղկման երևույթների կապի բացահայտումը հիդրոքիմիական պրոցեսների հետ հանդիսանում է աշխատանքի կարևոր խնդիրներից մեկը, ինչով և պայմանաված է աշխատանքի արդիականությունը:

Դրված հիդրոքիմիական խնդրի լուծման նպատակով 2020թ. ապրիլից սկսվել են լճի ջրի նմուշարկումները և հիդրոքիմիական անալիտիկ հետազոտությունները, որոնք շարունակվել են մինչև հոկտեմբեր ներառյալ: Նմուշարկումների համար ընտրվել են երեք տեղամասեր, որոնք պայմանականորեն անվանվել են Լիճքի ($N 40^{\circ}11'9''$, $E 45^{\circ}14'53''$), Նորաշենի ($N 40^{\circ}29'45''$ $E 45^{\circ}2'45''$) և Լճաշենի ($N 40^{\circ}30'46''$ $E 44^{\circ}57'27''$) տեղամասեր (նկ.2): Դրանք իրենցից ներկայացնում են լճախորշեր և սպասվում էր, որ ծաղկման երևույթներն առավել ինտենսիվ կնթանան հենց նման տեղամասերում: Հուլիսին սկսվել է ծաղկման բուռն պրոցեսը և, բացի հերթականից, կատարվել է նաև ծաղկած ջրի լրացուցիչ նմուշարկում և հետազոտում: Վիզուալ դիտարկումը թույլ տվեց գրանցել բուռն ծաղկում Լիճքի տեղամասում, սակայն, ինչպես ցույց տվեցին դրոնով կատարված ֆոտո- և վիդեոնկարահանումները, կապտականաչ ջրիմուռները զբաղեցրել էին Մեծ Սևանի համարյա ամբողջ մակերեսը և համեմատաբար քիչ էին տարածված Փոքր Սևանում (նկ.1, 2):

Հիդրոքիմիական հետազոտություններով որոշվել են ջրի կազմի թվով 21 բաղադրիչներ, որոնք կարող են կապված լինել ծաղկման երևույթի հետ ու այդ բաղադրիչների պարունակությունների փոփոխությունները կարող են ցայտուն կերպով ցույց տալ ջրի կազմի և ծաղկման երևույթի միջև փոխադարձ կապը ծաղկման ընթացքում, և, միևնույն ժամանակ, կարող են ծառայել որպես ջրի կազմի մասին լրացուցիչ տեղեկության աղբյուր, օրինակ՝ կազմի բանաձևի դուրս բերման համար:

Որոշումներն իրականացվել են համաձայն ընդունված ISO-ների և ГОСТ-երի (որոնց մասին տեղեկությունները բերվում են աղ. 1-ում), ստացված արդյունքները, ըստ տեղամասերի, բերվում են աղ. 1-3-ում: Նմուշառումը կատարվել է ըստ (Инструкция ..., 1983) հրահանգի: Նմուշառման խորությունը կազմել է 0-1մ:

Լճի ջրի հիդրոքիմիական հետազոտությունների արդյունքները բերված են աղ.1-ում: Նշենք, որ մետաղներից, բացի երկաթից, ինվերսիոն-վոլտամպերոմետրիկ եղանակով որոշվել են նաև Cu^{2+} , Zn^{2+} ,

Pb²⁺, Cd²⁺: Մշտապես գրանցվել են այս մետաղների՝ անալիզի զգայնության աստիճանից ցածր պարունակություններ՝ <0,002 մգ/լ և այդ պատճառով նրանք աղյուսակում չեն բերվում:

Ինչպես երևում է բերված տվյալներից, լճի ջրի կազմը, ինչպես և նախկինում բազմիցս կատարված հետազոտություններով է գրանցվել (Ս.Մ.Каплянян, ..., 1997, Գաբրիելյան, ..., 1980, Հայկական ..., 1984), հիդրոկարբոնատ-քլորիդային, մագնեզիում-նատրիում-կալցիումային է: Նույն կազմն է գրանցվել 2018թ. նաև 40մ և 3մ խորություններից վերցված ջրի նմուշներում: Ընդհանուր հանքայնացման բազմամյա միջին արժեքը, ըստ տարբեր տարիների մեր և այլ հեղինակների կողմից բերվող հետազոտությունների արդյունքների, չի գերազանցում 760 մգ/լ: Ինչպես և նախկին ուսումնասիրությունների արդյունքում, այժմ էլ կազմի բանաձևի անիոնային շարքում երբեմն ի հայտ է գալիս սուլֆատ-իոնը, որը գրավում է **բանաձևի** անիոնային շարքի վերջին տեղը: Նրա առկայությունը բացառապես կապված է լճի ջրի վրա տեխնոգեն ազդեցություններով:

Կազմի պատկերի կտրուկ փոփոխություն գրանցվեց Լիճքի տեղամասում հուլիսի 20-ին: Ջրի ամբողջ ափամերձ հատվածը ծածկված էր կապտականաչ ջրիմուռներով (նկ.2) և այս երևույթը, ինչպես ասվեց վերը, գրավում էր լճի, հատկապես՝ Մեծ Սևանի մակերևույթի զգալի տարածք (նկ.2): Կուրլովի բանաձևն այդ տեղամասում ունի հետևյալ տեսքը.

$$M_{1,1} \frac{HCO^3ClSO4}{MgCaNaKNH4}$$

Մեր և այլ հեղինակների (Ս.Մ.Каплянян, ..., 1997), բազմամյա հետազոտությունների ընթացքում (որոնցից մի մասի արդյունքները հրատարակված չեն, կամ ներկայացվել են հաշվետվության ձևով) լճի ջրի նման կազմ չէր գրանցվել և հայտնի չէր նաև գրականությունից: Ամոնիում-իոնի պարունակությունը հասնում է 32 մգ/լ և նրա պարունակության էկվ-%-ային արժեքը տեղ է գտնում կազմի բանաձևում:

Համեմատության համար նշենք, որ Ռուսաստանում տնտեսական-խմելու և կուլտուր-կենցաղային ջրօգտագործման ջրամբարների ջրերի համար NH⁴⁺- ի թույլատրելի սահմանային կոնցենտրացիան ընդունված է 2,6 մգ/դմ³ (<https://scic.....>): Սևանա լճի ջրի համար այս երևույթը խիստ վտանգավոր է և, ամենայն հավանականությամբ, անմիջականորեն կապված է ծաղկման երևույթի առաջացման հետ: Ազոտի այս միացության առկայությունը նման քանակով խոսում է ջրի «թարմ» աղտոտման մասին զգալի քանակով օրգանական նյութով: Նույն օրն այստեղ գրանցվել է Սևանա լճի ջրի համար աննախադեպ ջերմաստիճան՝ 26,8°C: Այս առումով, օրինակ, Հ.Գաբրիելյանը գրում է. «Լճափնյա մասերում ջերմաստիճանային տատանումները մեծ են և

եղել են դեպքեր, երբ միջին ամսականը օգոստոսին եղել է 20°, իսկ առավելագույնը՝ 24°» (Գաբրիելյան, 1980):

Միևնույն ժամանակ գրանցվել են ջրածնային ցուցիչի 5,91 և ընդհանուր հանքայնացման 1060,0 մգ/լ արժեքներ: Աննախադեպ էին նաև Նորաշենի և Լճաշենի տեղամասերում գրանցված ջերմաստիճանները՝ 28,1° և 26,6° համապատասխանաբար (նկ.3):

Աղյուսակ 1

Սևանա լճի ջրի հիդրոքիմիական կազմը Լիճքի տեղամասում ըստ 2020թ. կատարված հետազոտությունների արդյունքների (մգ/լ), որոշումների եղանակը և միջազգային ստանդարտները

N	Որոշված բաղադրիչներ	Լիճքի տեղամաս								Որոշման եղանակը	ISO, ГОСТ
		Նմուշի համարը և նմուշարկման ամսաթիվը									
		1/20, 27.04.20	4/20, 25.05.20	7/20, 17.06.20	10/20, 07.07.20	13/20, 20.07.20	16/20, 10.08.20	19/20, 14.09.20	22/20, 06.10.20		
1	NH ₄ ⁺	0,10	0,20	0,50	0,30	32,00	0,44	0,25	0,35	Կոլորիմետրիկ	ГОСТ-4192-82
2	Na ⁺	42,99	37,70	60,46	60,69	56,84	59,08	54,03	32,57	Բոցային-էմիսիոն ֆոտոմետրիկ	ISO-9964-3
3	K ⁺	7,80	25,00	20,20	15,00	93,75	13,93	12,35	5,83	Բոցային-էմիսիոն ֆոտոմետրիկ	ISO-9961-3
4	Ca ²⁺	30,51	29,34	27,38	30,51	58,68	21,52	27,38	33,25	Ծավալային	ISO-6058
5	Mg ²⁺	20,87	20,16	40,32	40,32	52,18	44,59	41,51	15,42	Ծավալային	ISO-6059
6	Fe _{total}	0,26	0,18	0,07	0,04	0,22	0,09	0,02	0,26	Կոլորիմետրիկ	ISO-6362
7	F ⁻	0,40	0,38	0,65	0,68	0,18	0,78	0,66	0,64	Կոլորիմետրիկ	ГОСТ-4386-81
8	Cl ⁻	43,65	61,38	55,92	51,83	81,90	53,20	51,83	38,19	Ծավալային	ISO-9297
9	SO ₄ ²⁻	18,93	18,93	33,74	37,04	74,07	25,93	36,21	14,40	Կշռային	ISO-9280
10	HCO ₃ ⁻	219,60	195,20	336,72	341,60	610,00	341,60	317,20	183,05	Ծավալային	ГОСТ-23268.3-78
11	NO ₃ ⁻	4,00	4,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	5,80	Կոլորիմետրիկ	ISO-7890-3
12	NO ₂ ⁻	0,005	0,025	0,005	չ/հ	0,05	0,015	0,01	0,10	Կոլորիմետրիկ	ГОСТ-419282
13	PO ₄ ⁻³	0,42	0,45	0,18	չ/հ	0,05	0,05	0,15	0,56	Կոլորիմետրիկ	ISO-6878
14	As	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	Կոլորիմետրիկ	ISO-6595
15	Ընդհ. հանք.	390,535	392,295	577,45	577,51	1060,42	561,73	542,10	330,42	Հաշվարկային	-
16	Ընդհ. կոշտ.	3,23	3,12	4,69	4,84	7,22	4,74	4,79	2,93	Ծավալային	ISO-6059
17	pH	7,71	7,98	8,54	8,30	5,91	8,36	8,25	7,72	Էլեկտրոմետրիկ	ISO-10523

չ/հ – չի հայտնաբերվել

Աղյուսակ 2

Սևանա լճի ջրի հիդրոքիմիական կազմը Նորաշենի տեղամասում ըստ 2020թ.
կատարված հետազոտությունների արդյունքների (մգ/լ)

N	Որոշված բաղադրիչներ	Նորաշենի տեղամաս							
		Նմուշի համարը և նմուշարկման ամսաթիվը							
		2/20, 27.04.20	5/20, 25.05.20	8/20, 17.06.20	11/20, 07.07.20	14/20, 07.07.20	17/20, 10.08.20	20/20, 14.09.20	23/20, 06.10.20
1	NH ₄ ⁺	0,20	չ/հ	0,14	0,10	0,10	0,40	0,10	0,30
2	Na ⁺	64,83	66,21	65,29	60,92	63,00	60,23	60,69	60,23
3	K ⁺	15,00	14,00	28,27	15,39	15,88	15,00	13,50	14,00
4	Ca ²⁺	27,38	27,38	28,17	27,38	23,47	22,69	27,38	23,47
5	Mg ²⁺	45,82	45,54	44,59	45,54	45,54	47,44	45,07	45,07
6	Fe _{total}	0,04	0,04	չ/հ	0,02	չ/հ	0,04	0,04	0,02
7	F ⁻	0,65	0,65	0,65	0,65	0,68	0,75	0,70	0,70
8	Cl ⁻	53,20	54,56	66,84	54,56	54,56	55,92	54,56	53,20
9	SO ₄ ²⁻	38,68	41,15	34,57	37,86	33,74	30,45	39,05	35,39
10	HCO ₃ ⁻	366,00	361,12	366,00	353,80	353,80	353,80	346,48	341,60
11	NO ₃ ⁻	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ
12	NO ₂ ⁻	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ
13	PO ₄ ⁻³	0,08	0,08	0,05	չ/հ	չ/հ	0,08	0,05	չ/հ
14	As	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ
15	Ընդհ.հանք.	611,88	610,73	634,57	596,22	590,77	586,80	588,07	573,98
16	Ընդհ.կոշտ.	5,14	5,12	5,08	5,12	4,92	5,03	5,08	4,88
17	pH	8,75	8,72	8,84	8,95	8,98	9,11	9,03	8,95

Աղյուսակ 3

Սևանա լճի ջրի հիդրոքիմիական կազմը Լճաշենի տեղամասում ըստ 2020թ.
կատարված հետազոտությունների արդյունքների (մգ/լ)

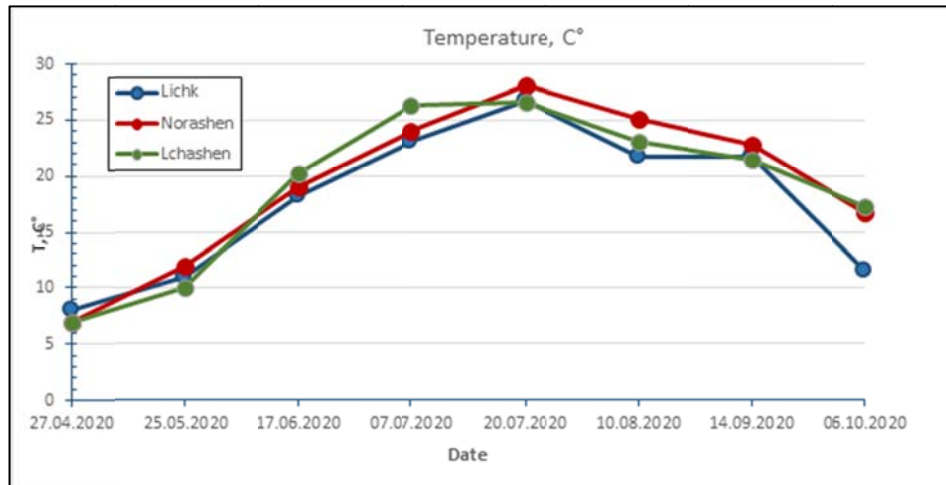
N	Որոշված բաղադրիչներ	Լճաշենի տեղամաս							
		Նմուշի համարը և նմուշարկման ամսաթիվը							
		3/20, 27.04.20	6/20, 25.05.20	9/20, 17.06.20	12/20, 07.07.20	15/20, 07.07.20	18/20, 10.08.20	21/20, 14.09.20	24/20, 06.10.20
1	NH ₄ ⁺	0,10	0,50	0,10	0,40	0,10	0,50	0,14	0,20
2	Na ⁺	64,83	64,60	62,76	65,98	66,21	62,07	60,00	60,00
3	K ⁺	15,00	21,00	34,09	15,39	16,18	14,65	13,50	14,08
4	Ca ²⁺	27,38	27,38	27,38	28,17	23,47	25,43	27,38	27,38
5	Mg ²⁺	45,07	46,25	45,07	45,07	45,07	48,63	46,02	43,88
6	Fe _{total}	0,04	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7	F ⁻	0,68	0,68	0,68	0,68	0,65	0,75	0,74	0,36
8	Cl ⁻	51,83	66,83	69,56	54,56	54,56	55,92	54,56	54,56
9	SO ₄ ²⁻	37,85	34,57	32,92	38,68	28,81	32,10	36,21	34,15
10	HCO ₃ ⁻	366,00	361,12	366,00	366,00	366,00	370,88	353,80	346,48
11	NO ₃ ⁻	չ/հ	0,50	չ/հ	0,80	չ/հ	չ/հ	չ/հ	0,50
12	NO ₂ ⁻	չ/հ	0,01	0,01	0,005	0,035	0,25	0,01	չ/հ
13	PO ₄ ⁻³	0,08	0,22	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05	չ/հ
14	As	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ	չ/հ
15	Ընդհ.հանք.	608,86	623,73	638,66	615,81	601,61	611,28	592,43	581,61
16	Ընդհ.կոշտ.	5,08	5,18	5,08	5,12	4,88	5,27	5,16	4,98
17	pH	8,73	8,13	8,78	8,73	8,63	8,39	8,80	8,86



Նկ1. Լիճքի տեղամաս: Լիճք գետի գետաբերան: Կապտականաչ ջրիմուռների տարածումը ավիամերձ հատվածում: Լուսանկարի հեղինակ՝ Է.Գրիգորյան:



Նկ.2. Կապտականաչ ջրիմուռների տարածումը Սևանա լճում: Նկարը վերցված է ՀՀ ՇՄՆ կայքից ([http://www.monr ..](http://www.monr..)), տեղադրված են նմուշարկման տեղամասերը. հարավից հյուսիս՝ Լիճք, Նորաշեն, Լճաշեն:



Նկ.3. Սևանա լճի ջրի ջերմաստիճանի տատանումները 2020թ. ապրիլ-հոկտեմբեր ամիսներին

Այսպիսով, նկատի ունենալով վերը շարադրվածը, կարող ենք գրանցել հետևյալ փաստերը և անել նախնական եզրակացություններ.

- 2020թ. հուլիսի 20-ին նմուշարկման բոլոր 3 կետերում գրանցված աննախադեպ բարձր ջերմաստիճանը՝ 26,8 (Լիճք), 28,1 (Նորաշեն) և 26,6 (Լճաշեն), ամենայն հավանականությամբ, ջրի ծաղկումն ապահովող հիմնական գործոններից մեկն է:
- Բազմամյա դիտարկումներով գրանցվել է, որ լճի ջուրն ունի հիդրոկարբոնատ-քլորիդային, մագնեզիում-նատրիում-կալցիումային կազմ: Լիճքի տեղամասում, կապտականաչ ջրի մուրների բուռն «ծաղկման» ժամանակ, նմուշարկված ջուրն ուներ մինչ այժմ մեզ անհայտ՝ հիդրոկարբոնատ-քլորիդ-սուլֆատային, մագնեզիում-կալցիում-նատրիում-կալիում-ամոնիումային կազմ: Այսպիսի կազմն ավելի հաճախ բնորոշ է օրգանական նյութերով խիստ աղտոտված ջրերին: Ըստ ամենայնի, ազոտով աղտոտման երևույթը ևս կարող է համարվել ծաղկմանը նպաստող հիմնական գործոններից մեկը:
- 13/20 նմուշի լաբորատոր հետազոտությունը տվել է pH-ի 5,91 արժեք: Դա վկայում է ինտենսիվ ընթացող օքսիդացման պրոցեսների մասին, ինչն այնքան էլ բնորոշ չէ Սևանա լճի թույլ ալկալային ջրին: Բացի դա, ընդհանուր քանակով 24 նմուշներից 5-ում, որոնցից 4-ը (այդ թվում՝ 13/20) նմուշարկվել են հուլիսին, ջրի կազմի բանաձևի անիոնների շարքի վերջին տեղում ի հայտ է գալիս SO_4^{2-} իոնը, ինչը ցույց է տալիս, որ ջրում ընթանում են օքսիդացման պրոցեսներ: Կարող ենք եզրակացնել, որ SO_4^{2-} իոնի առկայությունը Սևանա լճի թույլ ալ-

կալային ջրում կարող է համարվել ծաղկման երևույթի ծագման երկրորդային նշանակության, համեմատաբար թույլ գործոն:

- Ջրի ընդհանուր հանքայնացումը մեր հետազոտությունների փուլում տատանվել է 330-640 մգ/լ սահմաններում (առանց 13/20 նմուշի): Լիճքի տեղամասում նմուշարկված «ծաղկած» ջրի ընդհանուր հանքայնացման արժեքը կազմել է 1060 մգ/լ, համարյա կրկնակի անգամ ավելի սովորական արժեքներից: Սա կարող է լինել հետևանք ծաղկմանը նպաստող նյութի զգալի ավելցուկի: Անալիզի թվային արդյունքներում այդ ավելացույկը հիմնականում բաժին է ընկնում HCO_3^- իոնին, որի պարունակության սահմանները կազմում են 183,05 - 341,6 մգ/լ, միջին պարունակությունը՝ 276,42 մգ/լ, իսկ 13/20 նմուշում այն կազմում է 610 մգ/լ:
- Ծաղկման երևույթի առաջացմանը նպաստող գործոնների ճանաչումը կարող է ունենալ կարևոր նշանակություն ծաղկման դեմ պայքարի մեթոդների մշակման գործընթացում:

Աշխատանքն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ Գիտության կոմիտեի ֆինանսավորմամբ «Սևանա լճի էվտրոֆացման մեխանիզմների հետազոտում և «ծաղկման» երևույթների դեմ պայքարի մեթոդների մշակում (N 1-15/20TB)» նպատակային-ծրագրային ֆինանսավորման ծրագրի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գաբրիելյան Հ.Կ. 1980: Մարգարտյա Սևանը, «Հայաստան», Երևան, 133 էջ:

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Составители:

С.В. Григорян, А.П. Соловов, М.Ф. Кузин. 1983. Изд. «Недра», Москва, 191 стр.

Հայկական Սովետական Հանրագիտարան, 1984, հ. 10, Երևան, 735 էջ:

<https://scicenter.online/ekologiya-scicenter/soedineniya-azota-ionyi-ammoniya-nitrityi-164734.html>

Каплагян П.М., Галстян А.Р., Григорян Л.А., Карапетян А.И., Шагинян Г.В., Эксюзян Ц.О. 1997. Геохимия природных водбассейна оз. Севан. Изд. "Гитутюн" НАН РА, Ереван, 288с.

О НЕКОТОРЫХ ПРЕДПОСЫЛКАХ "ЦВЕТЕНИЯ" СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ОЗЕРЕ СЕВАН

Шагинян Г.В., Меликсетян Х.Б., Закарян Ш.С., Гюльназарян Ш.А.

Резюме

В статье обсуждаются результаты мониторинговых гидрохимических исследований вод озера Севан за апрель-октябрь 2020г. в связи с "цветением" вод озера сине-зелеными водорослями. Выделяются два основных фактора и один вторичный, которые непосредственно связаны с "цветением" и способствуют возникновению этого явления. Это высокая

температура воды (25°C и выше), интенсивное неконтролируемое загрязнение озера органическими веществами (особенно соединениями азота и, в частности, ионом аммония) и наличие содержаний сульфат-иона в слабощелочной воде озера. О роли этих факторов в «цветении» озера исследователи указывали и ранее. Наши работы подтвердили указанные выводы посредством детальных полевых измерений температуры, pH и аналитических исследований химического состава воды.

ON SEVERAL PREREQUISITES OF THE BLUE-GREEN ALGAE BLOOMING IN LAKE SEVAN

**Shahinyan H. V., Meliksetian Kh. B., Zakaryan Sh. S.,
Gyulnazaryan Sh. A.**

Abstract

The article presents the monitored hydrochemical research results of the chemical composition of Lake Sevan water throughout April – October of 2020, which have to do with the phenomena of blue-green algae “blooming” of Lake Sevan water. Factors of two main and one secondary significance are singled out which can be directly connected to the phenomenon of “blooming” and can contribute to its emergence. They are, correspondingly, the high temperature of water, the intensive pollution with organic matter (especially with nitrogen compounds, in particular – with ammonium-ion), and the presence of some amount of sulfate-ion in the weak alkaline water of the lake. Authors of previous researches also mention the role of these factors. Our work confirmed their opinion with analytic research work and field measurements.

ԷԿՈԼՈԳԻԱ

ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ՓՈՓՈԽՎԱԾ ԲՆԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԱԼԱՎԵՐԴԻ ՔԱՂԱՔԻ ՀՈՂԵՐՈՒՄ

Դեմիրճյան Գ.Ա.¹, Մովսիսյան Ն.Է.^{1*}, Փյունկյույան Կ.Ի.^{1,2},
Սահակյան Լ.Վ.¹, Սաղաթելյան Ա.Կ.¹, Բեյլանա Օ.Ա.¹,

¹ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգիանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, 0025,
Երևան, Արմավիրի մարզ, 0911, ք. Մեծամոր

²Հայկական Ատոմային Էլեկտրակայան, ՀՀ Արմավիրի մարզ, 0911, ք. Մեծամոր
E-mail: nona.movsisyan@cens.am
Հանձնված է խմբագրություն 17.11.2021

Աշխատանքում ներկայացված են Ալավերդի քաղաքում իրականացված
ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունների արդյունքները: Ուսումնասիրվել
են գումարային ալֆա/բետա ակտիվության ու բնական ռադիոնուկլիդների
²²⁶Ra, ²³²Th և ⁴⁰K-ի ակտիվության բաշխվածությունը՝ լեռնահանքային հա-
մալիրի ազդեցության տակ գտնվող Ալավերդու քաղաքային հողերում:

Հանգուցային բառեր՝ բնական ռադիոնուկլիդներ, տեխնոլոգիա-
պես ավելացված բնական ռադիոակտիվություն, հանքարդյունաբե-
րություն, Ալավերդի:

Ներածություն

Լեռնահանքային արդյունաբերությունը Հայաստանի Հանրապե-
տության տնտեսության առաջատար ճյուղերից մեկն է, սակայն, լու-
ծելով սոցիալ-տնտեսական մի շարք հարցեր, այնուամենայնիվ բազ-
մաթիվ բնապահպանական հիմնախնդիրների պատճառ է դառնում:

Ալավերդի քաղաքը ՀՀ խոշոր գործող հանքարդյունաբերական
կենտրոններից է: Ալավերդու պղնձաձուլարանը հիմնադրվել է 1770
թ.-ին, և, վերակառուցվելով 1959-1965 թթ.-ին, գործունեությունը սկսել
է որպես լեռնամետալուրգիական կոմբինատ: Վերջինիս աշխատանքը
դադարեցվեց 1990 թ.-ին բնապահպանական պատճառներով, իսկ
1997-ին, կոմբինատը, ինչպես նաև Ալավերդու պղնձի հանքը, դարձավ
«Մանես և Վալլեքս» ՓԲԸ-ի, ներկայումս՝ «Արմենիան Քափըր Փրո-
գրամ» ընկերության սեփականությունը (Мелконян, 1955; Akopyan,
2017; Vallex Group, 2020): Վերաբացումից հետո կոմբինատը արտադ-
րում էր անգուտ պղինձ՝ կիրառելով հիմնականում Քաջարանի
պղնձամոլիբդենային կոմբինատի խտանյութը, ներկայումս հումքը
ստացվում է «Բեյզ Մեթըլս» ընկերության Կաշենի լեռնահանքային
համալիրից (Vallex Group, 2020):

ՀՀ տարբեր արդյունաբերական կենտրոններում իրականացված համալիր էկոլոգաերկրաքիմիական հետազոտությունների արդյունքներն ապացուցում են, որ լեռնահանքային կենտրոններում շրջակա միջավայրի հիմնական աղտոտիչները, ինչպես նաև էկոլոգիական ու առողջական ռիսկերի գործոն են հանդիսանում հիմնական արդյունահանվող մետաղների ակցեսորային (ուղեկից) տարրերը, ընդ որում լեռնահանքային կենտրոնների ազդեցության գոտին կարող է տարածվել արտադրական օբյեկտների տեղակայման տարածքից բավականին մեծ հեռավորության վրա (Սաղաթելյան և այլք, 2008; Карапетян и др. 2010; Сагатеян, 2004; Сагатеян и др., 2010; Sahakyan et al., 2013; 2015; Saghatelyan et al., 2012; Tepanosyan et al., 2018, 2020): Բնական ռադիոնուկլիդները, ու դրանցից հատկապես հիմնական դոզա ստեղծող իզոտոպները՝ ^{226}Ra , ^{232}Th և ^{40}K , ևս կարելի է դասել ակցեսորային տարրերի շարքին (Belyaeva et al., 2019; Paschoa, Steinhäusler, 2010):

Ալավերդի քաղաքում բնական ռադիոակտիվության տեխնոլոգիական փոփոխությունը չի ուսումնասիրվել, մինչդեռ ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունների կարևորությունը հիմնավորվում է այն հանգամանքով, որ գործարանում որպես հումք տարիներ շարունակ կիրառվել է Քաջարանի խտանյութը: Լեռնահանքային այդ կենտրոնում կատարված ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունները (Belyaeva et al., 2019) վկայում են հանքաքարում, հետևաբար նաև՝ խտանյութում ^{238}U - ^{226}Ra ու ^{232}Th -ի շարքի նուկլիդների բավականին բարձր ակտիվության մասին:

Սույն հետազոտության նպատակն էր ուսումնասիրել Ալավերդու քաղաքային հողերում ռադիոլոգիական իրավիճակը, բացահայտել գոմարային ալֆա/բետա ակտիվության և բնական ռադիոնուկլիդների ^{226}Ra ^{232}Th և ^{40}K ակտիվության բաշխվածությունը ու դրանց հնարավոր աղբյուրները՝ վերհանելով տեխնոլոգիապես փոփոխված բնական ռադիոակտիվության գործոնները:

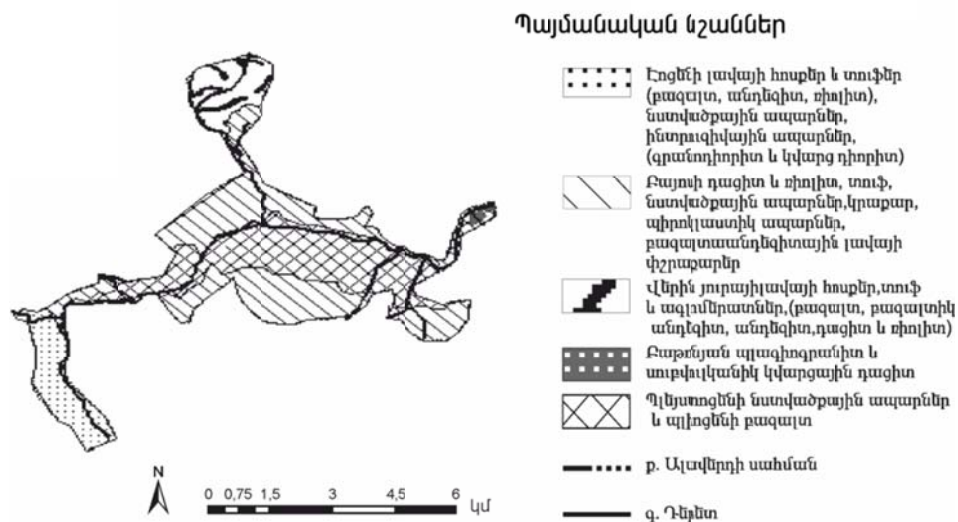
Նյութեր և մեթոդներ

Ալավերդի քաղաքը գտնվում է Լոռու մարզում տեղակայված է Դեբեդ գետի կիրճում, Վիրահայոց և Սևորդյաց լեռնաշղթաների լանջերին, ծովի մակարդակից 750-1400մ բարձրության վրա: Տեղանքի կլիման մերձարևադարձային է, չափավոր շոգ, առավելագույնը $+30...+35^{\circ}\text{C}$ և չորային ամառներով, մեղմ ձմեռներով, առավելագույնը $-17...-18^{\circ}\text{C}$: Տարեկան տեղումների միջին քանակը 551մմ (Բաղդասարյան, 1971):

Ալավերդին քաղաքային բնակավայր է դարձել 1939թ.-ին: Քաղաքի վարչական տարածքի մեջ մտնում են Ալավերդին, Ակները, Սանահինը և Մաղանը: Ալավերդին մարզկենտրոնից գտնվում է 50կմ հեռա-

վորության վրա: Ընդհանուր մակերեսը կազմում է 23.5կմ² (Nazaryan, 2009):

Քաղաքի հյուսիսային հատվածում գտնվում է Ալավերդու պղինձ-բազմամետաղային հանքավայրը: Ալավերդու հանքային շրջանը կազմված է հիմնականում հրաբխածին-նստվածքային միջին և վերին յուրային (պորֆիրիտներ, տուֆեր, տուֆոբրեկչիաներ, կերատոֆիրներ, տուֆավազաքարեր) շերտերից (նկ.1):



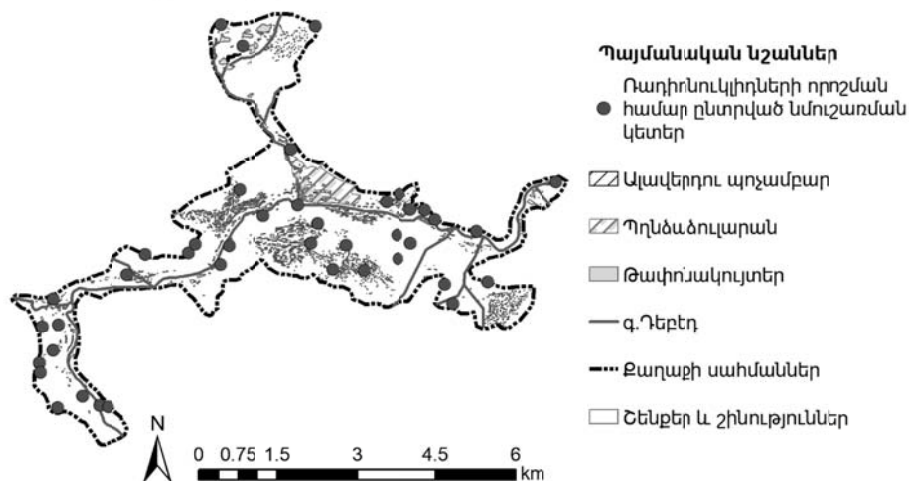
Նկ.1. Ալավերդի քաղաքի երկրաբանական քարտեզ, ըստ (Mederer, 2014)

Ալավերդու հանքային դաշտի ապարները միախառնված են մեկ անտիկլինալային ծալքի մեջ, որում առանձին դայքերի և շտոկերի ձևով հանդես են գալիս քվարցային պորֆիրիտներ և ալբիտոֆիրներ: Այս սակավ ինտրուզիվային ապարների հետ տարածական տեսանկյունից կապված են հարուստ կոլչեդանային հանքավայրեր՝ պղինձ-բազմամետաղային, սուլֆիդային կոլչեդանի և բարիտի (Сопко, 1961; Mederer, 2014): Բուն հանքավայրի հարավային հատվածում գերակայում են հիմնային կազմի ապարները, հազվադեպ՝ թթվային կազմի (ալբիտոֆիրներ): Հանքայնացումը ներկայացված է շտոկերով և ոսպնյակներով: Հանքանյութերի կազմում, բացի հիմնական միներալներից՝ խալկոպիրիտ, պիրիտ, սֆալերիտ, գալենիտ, առկա են նաև բարիտ, արսենոպիրիտ, տեննանտիտ, բնածին ոսկի (Сагатемян, 2004; Магакян, 1947; Мкртчян и др., 1968; Амирян и др., 1998):

Սույն հետազոտության համար օգտագործվել են արխիվային նմուշներ, որոնք նմուշառվել են 2018թ. Ալավերդի քաղաքի բազմանպատակային երկրաքիմիական հետազոտության ընթացքում (Terpanosyan et al., 2020): Քաղաքի երկրաքիմիական հանույթը նախագծվել և իրականացվել էր համաձայն միջազգային ստանդարտ մեթոդների (Ревич и др., 1982; Cochran, 1977; US EPA, 2002), հողային հանույթի

մասշտաբը՝ 1:25000 (16 նմուշ 1կմ² տարածքից), (Tepanosyan et al., 2020): Նմուշառման ամեն կայանում ընտրվել է չխախտված հողածածկի 10×10մ մակերեսով հարթակ: Չժանգոտող պողպատից բաժի օգնությամբ հարթակի անկյուններից ու կենտրոնից վերցվել է հողի մակերևութային շերտի (0-10սմ խորությամբ) 5 ենթանմուշ, որոնք միախառնվել են ներկայացուցչական նմուշի ստացման համար: Նմուշները չորացվել են սենյակային ջերմաստիճանում, մանրացվել, մաղվել 2մմ տրամագծով մաղով, լցվել են հերմետիկ պլաստմասե տարաների մեջ և պահեստավորվել:

Ռադիոէկոլոգիական հետազոտության համար բոլոր նմուշներում իրականացվել է գումարային ալֆա և բետա ակտիվության որոշում: Գումարային ալֆա/բետա ակտիվության որոշման նպատակով չորացված հողի ամեն նմուշից առանձնացվել է 1-ական գ, մանրացվել է ագաթե հավանգով մինչև դիմափոշու մակարդակի: Այնուհետև 0.5-0.7գ ալիկվոտը տեղադրվել է 6սմ տրամագծով և 1սմ խորությամբ կլոր պլաստմասե նմուշաբոնիչում: Հողաշերտի հաստությունը նմուշաբոնիչում կազմում էր 0.1-0.2սմ՝ նմուշի շերտում ալֆա և բետա մասնիկների ինքնակլանումը նվազեցնելու նպատակով (ISO 18589-6:2009): Նմուշներում գումարային ալֆա/բետա ակտիվությունը որոշվել է ցածրաֆոնային iMatic (CANBERRA) անգագ հաշվարկման համակարգով՝ PIPS կարծր սիլիցիումային դետեկտորով, որը պաշտպանված է 10.16սմ հաստությամբ կապարե պատյանով: Համակարգը ստուգաչափված է ²⁴¹Am ալֆա և ⁹⁰Sr/⁹⁰Y բետա ստանդարտ աղբյուրներով: Նմուշների հաշվարկի ժամանակը կազմել է 12000վրկ. և նվազագույն հայտնաբերելի ակտիվությունը (Minimum Detectable Activity, MDA) որոշվել է iLink™ iSeries™ ծրագրային միջավայրում ու կազմել է 13.7 և 7.0Բք/կգ գումարային ալֆա և բետա ակտիվությունների համար համապատասխանաբար (IMATIC, 2020):



Նկ.2. Ալավերդի քաղաքի նմուշառման քարտեզ

Ռադիոնուկլիդների ակտիվության որոշման նպատակով նմուշների ընտրման համար օգտագործվել էր ArcMap 10.3 համակարգչային ծրագրի պատահական թվերի գեներատոր գործիքը (Random Sample Generator): Ընտրվել են 41 քաղաքային հողի նմուշներ, ինչպես նաև 5 ֆոնային տեղամասի նմուշներ: Բնական ռադիոնուկլիդների ակտիվության որոշման նպատակով կիրառվել է ցածրաֆոնային գամմա սպեկտրաչափական համակարգը (CANBERRA), որը ներառում է գերմանիումային (HPGe) դետեկտոր՝ պոնձով երեսպատած 15սմ-ոց կապարե պաշտպանով, և DSA-1000 բազմաալիքային անալիզատոր: Յուրաքանչյուր նմուշից 700գ լցվել է Մարինելիի տարայի մեջ, փակվել և պահվել 21 օր՝ դարավոր հավասարակշռության հաստատման համար: Գամմա սպեկտրերի ստացումը տևել է 18000վրկ., սպեկտրերի վերլուծությունը կատարվել է Genie2K ծրագրային միջավայրում: Ֆոնի և քոմփոնյան էֆեկտի հաշվառումից հետո ^{40}K -ի ակտիվությունը որոշվել է անմիջականորեն 1460.83 կէՎ ֆոտոպիկից, իսկ ^{226}Ra և ^{232}Th -ի ակտիվությունը վերահաշվարկվել է ըստ դուստր նուկլիդների ֆոտոպիկների՝ ^{226}Ra -ը ըստ ^{214}Pb (351.9 կէՎ) ու ^{214}Bi (609.2 կէՎ), ^{232}Th ըստ ^{212}Pb (239.0 կէՎ), ^{212}Bi (727.0 կէՎ) ու ^{226}Ac (911.0 կէՎ):

Հողում գումարային ալֆա/բետա և ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակների տարածական բաշխվածության քարտեզը կազմվել է ArcGIS 10.3 ծրագրային միջավայրում՝ կիրառելով IDW (Inverse Distance Weighting) ինտերպոլյացիայի մեթոդը: Քարտեզներում ակտիվության դաշտերի միջակայքը տրված է ըստ Թուրքեյի մեթոդի (նվազագույն, քվարտիլներ, առավելագույն):

Արդյունքներ

Նմուշների 40%-ում ալֆա ակտիվությունը հայտնաբերման սահմանային մակարդակից ցածր է՝ $<\text{MDA}>$ (աղ.1): Մնացած նմուշներում գումարային ալֆա ակտիվությունը տատանվում է 10.2-50.0Բք/կգ սահմաններում՝ բաշխվելով քաղաքի արևմտյան մասից դեպի հարավ-արևելք (նկ.1): Առավելագույն ակտիվության դաշտը (35.6-50.0Բք/կգ) հիմնականում կետային ձևակառուցվածք ունի և շրջագծված է ավելի ցածր ակտիվության դաշտերով:

Գումարային բետա ակտիվությունը տատանվում է 84.0-446.0Բք/կգ սահմաններում, միջինում կազմելով 275.99Բք/կգ: Առավելագույն մակարդակը (321-466.0Բք/կգ) դիտվել է Սանահին բնակելի հատվածում՝ քաղաքային տարածքի հարավային մասում, ինչպես նաև Մադան համայնքի մոտակայքում (նկ.2): Քաղաքում գերակշռում է 223.25-281.00Բք/կգ ակտիվության դաշտը:

Որպես Ալավերդի քաղաքի հողերում բնական ռադիոնուկլիդների ֆոնային ակտիվություն ընդունվել է ֆոնային տարածքի հինգ նմուշների տարրալուծման արդյունքների մեդիանի արժեքը: Նման մե-

թողական մոտեցումը արդարացված է այն տարածքների համար, որտեղ երկրաքիմիական ֆոնի որոշումը բարդանում է երկրաբանական կառուցվածքի, ռելիեֆի ու ինտենսիվ մարդածին գործունեության համադրության պատճառով (Tepanosyan et al., 2017): Աղյուսակ 1-ից ակներև է, որ ^{226}Ra և ^{40}K -ի գնահատված ֆոնային ակտիվությունը Ալավերդու հողերի համար փոքր-ինչ ցածր է ՀՀ հողերի համար ՄԱԿ-ի ատոմային ճառագայթման ազդեցության գիտական կոմիտեի կողմից ՀՀ հողերի համար գնահատված միջին մակարդակից (UNSCEAR, 2000): Դա պայմանավորված է նրանով, որ հետազոտության տարածքում հողերը զարգացել են էֆֆուզիվ ապարների վրա, որոնց բնորոշ չէ բնական ռադիոնուկլիդների բարձր ակտիվություն: Ի տարբերություն ^{226}Ra և ^{40}K ՝ ^{232}Th -ի ֆոնային ակտիվությունը մոտ է ՀՀ հողերի համար գնահատված միջինին (աղ.1):

Աղյուսակ 1

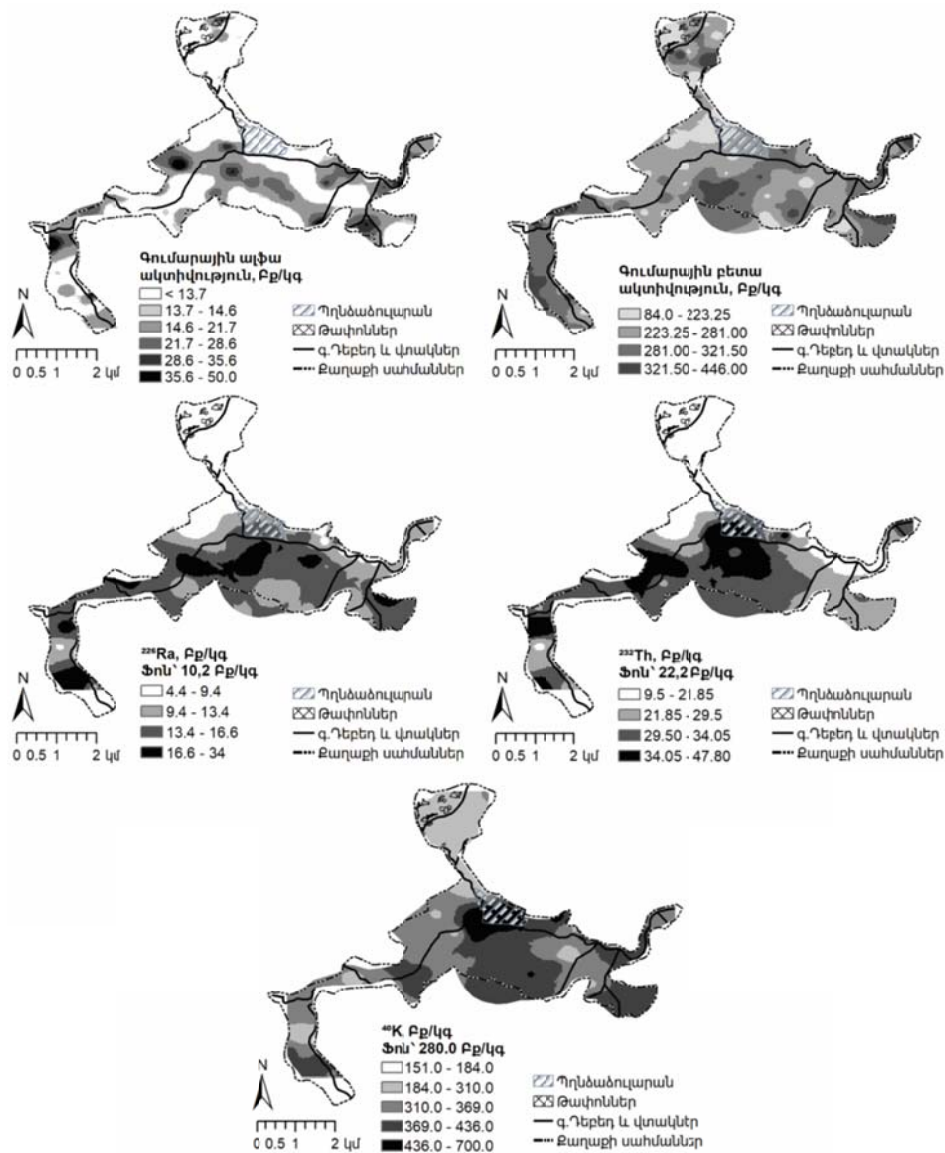
Ռադիոնուկլիդների նկարագրական վիճակագրական ցուցանիշներ, ՀՀ հողերի համար գնահատված միջին ակտիվությունը և ֆոնը

Ցուցանիշ	Գում. ալֆա ակտ.	Գում. բետա ակտ.	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
N Նմուշների քանակ	60	100	41	41	41
<MDA	40	0	0	0	0
Նվազագույն	10.20	84.00	4.40	9.50	151.00
Առավելագույն	50.00	446.00	34.00	47.80	700.00
Միջին	23.83	275.99	13.67	28.07	356.61
Ստանդարտ շեղում	9.43	63.36	5.35	9.31	86.93
Մեդիան	21.70	281.00	13.40	29.50	369.00
Տատանման սահմաններ և (միջին ակտիվություն) ՀՀ հողերի համար, Բք/կգ ըստ (UNSCEAR, 2000)			20-78 (46)	29-60 (30)	310-420 (360)
Փոնային ակտիվություն, Բք/կգ			10.2	22.2	280.0

Քաղաքային հողում ^{226}Ra առավելագույն արժեքները տատանվում էին 16.6-34.0Բք/կգ սահմաններում (նկ.3): Ակտիվության այդ դաշտը ձգվում է պղնձաձուլարանից դեպի հարավ-արևմուտք, ընդգրկելով Դեբետի կիրճն ու Սանահին բնակելի թաղամասի մի մասը: Նույն ակտիվության միջակայքով բնորոշվող կետային ձևակառուցվածքի դաշտեր առկա են քաղաքի կիրճային մասում: Դրանց շուրջը օրինաչափորեն ձևավորվում է ֆոնը մինչև 1.6 անգամ գերազանցող ակտիվության դաշտը, որը գերակայում է քաղաքի տարածքում: Ֆոնը չգերազանցող ակտիվությունները զբաղեցնում են Մադանի շրջանում:

^{232}Th ինչպես և ^{226}Ra առավելագույն ակտիվության դաշտը (34.051-47.8Բք/կգ) բաշխվում է պղնձաձուլարանի տարածքից դեպի արևմուտք ու հարավ-արևմուտք՝ Դեբետի կիրճում: Դրան շրջապատում են միջին

ակտիվության դաշտերը (29.5-34.05Բք/կգ), որին էլ հարում է ֆոնային ակտիվություն գոտին (21.85-29.50Բք/կգ): Ինչպես և ^{226}Ra -ի դեպքում, Մադանի շրջանում գրանցվել են ֆոնային մակարդակին հավասար կամ ցածր ակտիվություններ՝ 9.5-21.85Բք/կգ միջակայքով (նկ.3):



Նկ.3. Գումարայի ալֆա/բետա ակտիվության և բնական ռադիոնուկլիդների ակտիվության տարածական բաշխվածությունը Ալավերդու քաղաքային հողերում

^{40}K առավելագույն ակտիվությունները (436-700 Բք/կգ) գրանցվել են բացառապես պղնձաձուլարանի հարակից հողերում (նկ.3), դրանց շրջապատում է 369.0-436.0Բք/կգ ակտիվության միջակայքով բնութա-

գրվող դաշտը, որն ընդգրկում է Սանահին բնակելի թաղամասն ամբողջությամբ, ինչպես նաև քաղաքային տարածքի արևելյան ու հարավ-արևմտյան մասը: Մնացած տարածքում ^{40}K -ի տեղային ֆոնը գրեթե գերազանցված չէ:

Քննարկում և եզրակացություն

Ակտիվության դաշտերի տեղակայման որոշակի նմանություններ նկատելի են գումարային բետա ակտիվության, ^{226}Ra , ^{232}Th և ^{40}K -ի միջև, տարբերվում են միայն ռադիոնուկլիդների և գումարային ցուցանիշի առավելագույն ակտիվության դաշտերի տեղադրությունը: Այս հանգամանքը վկայում է, որ քաղաքային հողերում ռադիոակտիվ նյութերի բնական տարածաբաշխման վրա վերադրվել են ^{226}Ra , ^{232}Th և ^{40}K տեխնածին կարգաշեղումները: Ենթադրաբար, բնական ռադիոնուկլիդների հիմնական մարդածին աղբյուրն է պղնձաձուլարանը՝ դառնալով տեխնոլոգիապես ավելացված բնական ռադիոակտիվության գործոն: Ռադիոնուկլիդները տարածվում են հիմնականում պղնձաձուլարանի արտանետումների կազմում, որոնց տարածման հիմնական միգրացիոն հոսքը լեռնահովտային քամիներն են՝ հարավ-արևմտյան հիմնական գերիշխող ուղղությամբ: Բնական ռադիոնուկլիդների կարգաշեղումները հավանաբար ձևավորվել են հարաբերականորեն կարճ ժամանակահատվածում, իսկ տեխնոլոգիապես ավելացված բնական ռադիոակտիվության կարևոր գործոն կարող է հանդիսանալ որպես հումք կիրառվող, բնական ռադիոնուկլիդներով հարուստ Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի խտանյութը: Ստացված արդյունքները փաստում են նոր, համապարփակ հետազոտության իրականացման կարևորությունը, թե՛ գիտական հիմնարար, թե՛ կիրառական տեսանկյունից:

Ծանոցում. Ալավերդի քաղաքի երկրաքիմիական հանույթն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ Գիտության կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ «Էկոլոգաերկրաքիմիական հետազոտությունները, որպես որոշումների ընդունման հենք (Ալավերդի քաղաքի օրինակով)» #18T-1E145 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում: Սույն աշխատանքում օգտագործված լաբորատոր աշխատանքների արդյունքները ստացվել են ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի բազային ֆինանսավորման շրջանակներում:

Գրականության ցանկ

- Բաղդասարյան Ա.Բ.** 1971. Հայկական ՍՍՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն: Երևան: Հայկական ՍՍՀ Գիտությունների Ակադեմիայի հրատ., 548 էջ.
- Սաղաթեյան Ա.Վ., Գևորգյան Վ.Շ., Արեշատյան Ա.Հ., Սահակյան Լ.Վ.** 2008, Քաջարան քաղաքի շրջակա միջավայրի էկոլոգաերկրաքիմիական գնահատում: Եր., ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի հրատ., 200 էջ:
- Амирян Ш.О., Азизбекия М.С., Алтунян А.З.** 1998. Характер распределения и формы нахождения цветных, благородных и редких элементов в рудах медных месторождений

- Алаверди и Шамлуг. Ереван, Известия НАН РА, Науки о Земле, LI №1-2, 60-67с.
- Магакян И.Г.** 1947. Алавердский тип оруденения и его руды Ер.: изд-во АН АрмССР, 100 с.
- Мелконян В.А.** Металлургия меди в Армении (исторический очерк) Москва, Государственное Научно-техническое изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1955, 100 с.
- Мкртчян С.С., Паффенгольц К.Н., Хачатурян Э.А.** 1968, Алавердский рудный район. Ер., изд-во АН АрмССР, 152 с.
- Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С.** 1982. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М., ИМГРЭ, 112 с.
- Сагателян А.К.** 2004. Особенности распределения тяжелых металлов на территории Армении, Ереван, Изд-во Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА, 157 с.
- Сагателян А.К., Саакян Л.В., Микаелян М.Г., Беляева О.А.** 2010, Эколого-геохимический анализ рисков влияния горно-рудной промышленности на устойчивое развитие в Армении. Известия РАН, Серия Географическая, № 5, с.87-93.
- Сопко П.Ф.** 1961, Геология колчеданных месторождений Алавердского рудного района. Ер., изд-во АН АрмССР, 169 с.
- Akopyan K., Petrosyan V., Grigoryan R., Melkomian D.M.** 2017. Assessment of residential soil contamination with arsenic and lead in mining and smelting towns of northern Armenia, Journal of Geochemical Exploration, 2017, DOI: 10.1016/j.gexplo. 10.010.
- Belyaeva O., Pyuskyulyan K., Movsisyan N., Saghatelyan A., Carvalho F.P.** 2019. Natural Radioactivity in Urban Soils of Mining Centers in Armenia: Dose Rate and Risk Assessment. Chemosphere 225 (2019) p.859-870, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere. 03.057>.
- CANBERRA**, 2004. Genie TM 2000 Spectroscopy Software: Operations. CANBERRA,
- Cochran W.G.** 1977. Sampling Techniques. Third Edit. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons Inc., p.11–30.
- IMATIC™** Gas-less Automatic Alpha/Beta Counting System. Mirion technologies Inc. <https://www.mirion.com/products/imatic-gas-less-automatic-alpha-beta-counting-system>
- ISO 18589-6** 2009. Measurement of radioactivity in the environment — Soil — Part 6: Measurement of gross alpha and gross beta activities.
- Mederer J., Moritz R, Zohrabayan S., Vardanyan A., Melkonyan R., Ulianov A.** 2014. Base and precious metal mineralization in Middle Jurassic rocks of the Lesser Caucasus: A review of geology and metallogeny and new data from the Kapan, Alaverdi and Mehmana districts. Ore Geology reviews 58, ELSEVIER, p.185-207.
- Meriden, CT.
- Nazaryan G.** 2009. Geo Alaverdi. Environment and urban development, Yerevan, Asoghik, 69 p.
- Paschoa A.S., Steinhäusler F.** 2010. Terrestrial, Atmospheric, and Aquatic Natural Radioactivity // Radioact. Environ. Vol. 17, № C. p.29–85.
- Saghatelyan A. Sahakyan L., Belyaeva O.** 2013. Food safety issues of the mining impact territories. Conference proceedings of the 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013. 16-22 June, Albena, Bulgaria. Vol. 1 Ecology, Economics, Education and Legislation, p.489-496 // DOI:10.5593/SGEM2013/BE5.V1/S20.065 // ISBN 978-619-7105-04-9 / ISSN 1314-2704.
- Saghatelyan A., Sahakyan L., Belyaeva O.** 2012. Polluted Irrigation Waters as a Risk Factor to Public Health. Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry. 2012, 7 (2), p.84-88. DOI: [dx.doi.org/10.19261/cjm. 07\(2\).11](https://doi.org/10.19261/cjm. 07(2).11).
- Sahakyan L., Belyaeva O., Saghatelyan A.** 2015. Mercury pollution issues in Armenia's mining regions. The 15th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM 2015, 18-24 June Albena Bulgaria. Conference Proceedings. Vol. 1. Ecology & Environmental Protection. p.513-520 DOI: 10.5593/SGEM2015/B51/S20.067.
- Tepanosyan G., Sahakyan L., Belyaeva O., Asmaryan Sh., Saghatelyan A.** 2018. Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. Science of the Total Environment 639 (2018) p.900–909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv. 05.211>.
- Tepanosyan G., Sahakyan L., Maghakyan N., Saghatelyan A.** 2020. Combination of compositional data analysis and machine learning approaches to identify sources and geochemical associations of potentially toxic elements in soil and assess the associated human health risk in a mining city. Environmental Pollution, 261, DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114210.

- Tepanosyan G.O., Belyaeva O.A., Saakyan L.V., Sagatelyan A.K.** 2017. Integrated Approach to Determine Background Concentrations of Chemical Elements in Soils. *Geochemistry International*, 55(6), p.581–588. DOI: 10.1134/S0016702917060106.
- UNSCEAR.** 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, I (2000), 200 p.
- US EPA.** 2002. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection. EPA QA/G-5S // Office of Environmental Information. Washington, DC: US EPA, 178 p.
- Vallex Group.** 09/15/2020. «Արմենիան Քաղաքը Փրոգնոզում» ՓԲԸ, <http://vallexgroup.am/acp-about-us/>: Access:

TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURAL RADIOACTIVITY IN THE SOILS OF THE CITY OF ALAVERDI

**Demirtchyan G.A.¹, Movsisyan N.E.^{1*}, Pyuskyulyan K.I.^{1,2},
Sahakyan L.V.¹, Saghatelyan A.K.¹, Belyaeva O.A.¹**

The current research presents the results of radioecological monitoring conducted in one of the largest mining centers of Armenia: the city of Alaverdi. The distribution of gross alpha/beta activities, as well as the activity levels of natural primordial radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K) were identified. The dependence of radioactivity levels on the soils of Alaverdi under the influence of the mining complex has been revealed.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ПОВЫШЕННАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ В ПОЧВАХ ГОРОДА АЛАВЕРДИ

**Демирчян Г.А.¹, Мовсисян Н.Э.^{1*}, Пюскюлян К.И.^{1,2}, Саакян Л.В.¹,
Сагатеян А.К.¹, Беляева О.А.¹**

В работе представлены результаты радиоэкологических исследований г. Алаверди. Исследовано распределение суммарной альфа/бета активности и естественных радионуклидов в почвах города Алаверди под влиянием горнорудного производства.

ԵՐԿՐԱՇԻՋԻԿԱ

**ԵՎՍ ՄԵԿ ԱՆԳԱՍ IX ԴԱՐԻ ԴՎԻՆԻ ԱՎԵՐԻՉ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ
ՄԱՍԻՆ. ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՊԱՏՃԱՌԱԾ ԱՎԵՐՈՒՄՆԵՐԸ**

Հարությունյան Ռ.Ա.

*ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պող. 24ա,
Հայաստանի Հանրապետություն
E-mail: roubenhar@web.am
Հանձնված է հրատարակչություն 21.03.2021*

Սույն հոդվածում շարունակվում է, IX դարի Դվինի ավերիչ երկրաշարժերի վիճահարույց բնութագրերի պարզաբանմանը ուղղված, պատմական վկայությունների և դաշտային ուսումնասիրությունների արդյունքների վերլուծությունը: Այստեղ՝ հոդվածաշարի երկրորդ հոդվածում, հիմնական ուշադարձությունը ուղղված է երկրաշարժերի հետևանքով առաջացած ավերվածությունների տարածքների ճշտմանը:

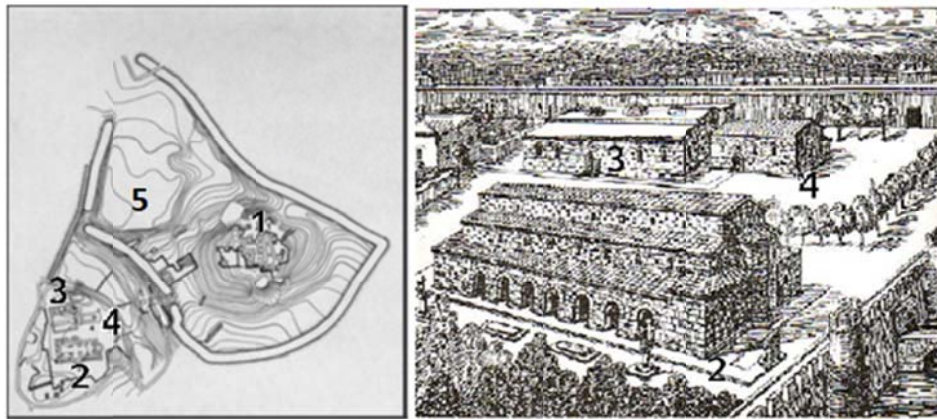
Հանգուցային բառեր. Դվին, պատմական երկրաշարժ, ավերումներ:

Դվին քաղաքը IX-րդ դարի երկրորդ կեսին. շինությունները, բնակչությունը, երկրաշարժերի հետևանքները

Ըստ հայ մատենագիրների, Դվին քաղաքի հիմնադրումը վերագրվում է Արշակունյաց Խոսրով Կոտակ թագավորին, որը 332 թվականին նախաձեռնել է Դվինում թագավորական պալատի շինարարությունը, իր արքունիքի ու Արտաշատի բնակչության տեղափոխումը դեպի նոր մայրաքաղաք և նրա շարջակայքում նոր անտառների տնկումը (Խորենացի, 1997; Ղաֆադարյան, 1966):

Սակայն քաղաքի պատմական տարածքի պեղումների արդյունքում պարզվել է, որ այն հանդիսանում է մ.թ.ա. III հազարամյակից մինչև XIII դարն ընդգրկող բազմաշերտ հնավայր (Քոչարյան, 2014): Հնում Դվինի միջնաբերդ-բլուրը իր ռազմավարական դիրքի բերումով՝ Արարատյան դաշտի այդ մասի ամենաբարձր կետը, հանդիսացել է կարևոր սրբատեղի-ամրոց (նկ.1): Այն բազմիցս՝ ուրարտացիների (մ.թ.ա. I հազ. սկզբի), հռոմեացիների (I դար), պարսիկների (V դար) կողմից, հիմնահատակ ավերվել, հրկիզվել է և հետագայում, փլատակների համահարթեցված տարածքում, կառուցվել են նոր շինություններ: Վերջիվերջո, մեծազանգված կավակերտ պարիսպների և պալատական շենքերի փլատակների շնորհիվ, Դվինի միջնաբերդի բլուրը իր շրջապատի հարթության համեմատությամբ այժմ ունի 30

մետր բարձրություն: Բլրի գագաթը ունի միանգամայն հարթ մակերես և հեռվից այն թողնում է կտրած կոնի տպավորություն: Գագաթի հարթության մակերեսը հավասար է մոտավորապես 4000 քառակուսի մետրի, ընդ որում լայնքը հյուսիս-հարավ ամենալայն տեղում 60 մետր է, իսկ երկարությունը արևելքից դեպի արևմուտք՝ 85 մետր: Գագաթից մոտ 9-10 մետր ներքև, բացվել են մ.թ.ա. II և I հազարամյակների ցիկլոպյան պատերի մեծազանգված քարե պատնեշներ: Միջին դարերում միջնաբերդ-բլրի լանջերը ունեցել են աստիճանաձև տեսք և ծածկված են եղել բնակելի մանր տներով ճիշտ այնպես, ինչպես լինում են մեր լեռնային շրջանների գյուղերը, որտեղ մեկի տան կտուրը մյուսի բակ է հանդիսանում (Ղաֆադարյան, 1952):



Նկ.1. Դվինի գծապատկերը (միջնաբերդը - 1 և կենտրոնական թաղամասը՝ կաթողիկե եկեղեցին - 2, կաթողիկոսարանը - 3, բազիլիկ վկայարանը - 4; արհեստական լիճ - 5):

Միջնաբերդի շուրջը կառուցված է եղել ստորին բերդը, որն ընդգրկում է մի անկանոն քառակուսու տարածք մոտ 10 հեկտար մակերեսով, որի մեկ երրորդը զբաղեցնում էր արհեստական լիճը: Ստորին բերդի մեջ ապրել են Դվինի պաշտոնեությունը, իշխանական դասը, սպայակույտը և զորքը:

Բերդից հետո քաղաքի ամենահին մասը կենտրոնական թաղն է, որը գոյություն է ունեցել դեռևս մ.թ.ա. I-ին հազարամյակի սկզբին: Այն ունեցել է մյուս թաղերից բաժանող թաղամիջյան կավակերտ պարիսպ: Թաղի կենտրոնական մասում տեղավորված է եղել, III-րդ դարում քարով ու կրաշաղախով կառուցված, եռանավ մեծիանը, որը VII դարի սկզբում վերակառուցվել է, որպես իսաչաձև հատակագծով կենտրոնազմբեթ եկեղեցի (Քալանթարյան, 1992): Սրա հարևանությամբ են գտնվել միանավ բազիլիկ վկայարանը և կաթողիկոսի պալատը: Այստեղ ապրել է Դվինի բարձր հոգևորականությունը և թաղի ծայրամասերում ապրել են նաև իշխաններ ու հարուստ վաճառականներ: Այս թաղում բացվեցին նաև չքավոր բնակիչների տներ, որոնց պատերը

շարված էին հասարակ գետաքարերով և հում աղյուսով: Բացվեց նաև երկհարկանի շենք կավակերտ պատերով, բայց ներքուստ՝ ճոխ զարդարված, որը հավանաբար պատկանում էր մի հարուստ արհեստավորի (Ղաֆադարյան, 1952):

Պեղումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ միջնադարյան Դվինում շինությունների մեծ մասը եղել են կավակերտ, քանի որ կավը եղել է տարածքի ամենատարածված շինանյութը (Ղաֆադարյան, 1952).

- քաղաքի չքավոր բնակչությունը, ինչպես նաև շրջակա գյուղերի շինականները, ապրել է կավաշեն հյուղակներում, որոնց պատերը շինված են եղել գլաքարերով կամ հում աղյուսով, իսկ ծածկը եղել է կամ հազարաշեն, կամ հարթ կտուր՝ գերաններով, ծղոտով և հաստ հողաշերտով շինված, ինչպիսիք մինչև այսօր էլ գուցե դեռ կան մեր գյուղերում և քաղաքներում;
- հարուստ բնակիչները ապրել են կավակերտ, սակայն երկհարկանի շինություններում, որոնք ունեցել են հարուստ ներքին հարդարանք, իսկ նկուղները ունեցել են քարաշեն հիմքեր ու աղյուսաշեն թաղակապ ծածկ;
- ազնվականների մի մասը ապրել է կավաշեն պալատներում;
- Դվինի բերդի, միջթաղային պատերը և այլ պատվարները նույնպես շինված են եղել կավից;
- եղել են նաև սրբատաշ քարով և կրով կառուցված կրոնական և քաղաքացիական շինություններ, այդ թվում եկեղեցիները, կաթողիկոսարանը, այլ պալատական շինությունները և բազմապուրյուն մեծ քարավանատունը, քարաշեն աշխարհիկ շենքերից մի մասն ունեցել են թաղակապ ծածկ՝ շինված սրբատաշ քարով:

Հատկանշանակ է նաև, որ 5-րդ դարում Դվինի միջնաբերդում պարսիկները ավերել են Արշակունյաց արքայանիստ տուֆակերտ պալատը և նրա փլատակների վրա կառուցել են մարզպանի կավակերտ պալատը, որը հետագայում նստավայր է եղել նաև արաբ ոստիկանների համար:

336-885 թվականներին Դվինը եղել է Հայաստանի վարչական կենտրոնը և IX-րդ դարում Դվինը հասել է իր առավել ծաղկուն շրջանին՝ բնակչության թիվը կազմել է ավելի քան 100 հազարը: Սակայն 863թ. և առավելապես 893թ. ավերիչ երկրաշարժերը խաթարեցին նրա զարգացումը:

Ահա թե ինչպես են նկարագրում այդ երկրաշարժերի հետևանքները ժամանակակից պատմագիրները:

Ըստ Դրասխանակերտցու (Դրասխանակերտցի, 1996).

Առաջին երկրաշարժի մասին. «Բայց այդ ժամանակներում (863թ.) Դվին քաղաքում սարսափելի երկրաշարժ է լինում, և շատ տներ, պարիսպներ, ապարանքներ ցնցվում ու փլուզվում են: Առհասարակ քաղաքը դրդում է ու քանդվում, և անհամար մարդիկ են մահանում: Եվ այնպիսի վտանգ ու տազնապ էր սպառնում, որ ոչ ոք ներսում չէր

մնում, այլ դուրս գալով հրապարակներն ու փողոցները՝ նրանք հաշտումաշ էին լինում ու հառաչում: Իսկ ձմեռային ցրտաշունչ սառնամանիքը էլ ավելի էր թուլացնում ու (հուսահատեցնում) նրանց, որովհետև շատերը մրսում էին ու մահանում: Եվ Ջաքարիա սուրբ հայրապետը ուժգին աղոթքներով ու մշտամոռնչ պաղատանքներով աղերսալի աղոթք էր մատուցում բարեգութ Աստծուն և երկնային ազդեցությամբ վերացնում աստվածասաստ բարկությունը՝ Քրիստոսի եկեղեցին անվնաս պահելով վտանգի բազմաբեր ցատումից:»

Երկրորդ երկրաշարժի մասին. «Այդ ժամանակ (893թ.)՝ զիշերը, հանկարծ սաստիկ երկրաշարժ է լինում Դվին քաղաքում՝ դրա բնակիչներին խուճապի մատնելով, սարսափեցնելով դրոշմուն, կործանում առաջ բերելով՝ հիմնիվեր տապալում: Եվ ամբողջովին փուլ ածելով պարիսպների պատերը, երևելի մարդկանց ապարանքները, ռամիկների տները՝ դրանք մի ակնթարթում ավերակի է վերածում: Դորդալով քանդվում, ավերվում ու վայր են թափվում նաև կաթողիկոսարանի աստվածաշեն եկեղեցին և այլ հաստահեղյուս վկայարաններ. Դա տեսնողներին երևում էր իբրև քարքարոտ, խորդուբորդ ու սարսափելի ավերակ: Մարդկանց մեծ բազմություններ, մնալով հարկերի տակ, շնչասպառ են լինում, հողի մեջ թափալվելով և հողի տակ խեղդվելով: Եվ դիակույտ բազմության այն կոտորածն էր, որ ավելի կարծր, քարեղեն ու անկարեկից դարձնելով միտքը՝ նրան համակում էր մեծ ողբով ու արտասվաթոր լաց ու կոծով: Չեմ ուզում ասել մարդկանց ազգակից, կարեկից, լծակից հարազատների մասին, որոնց կականը, ողբը, գույժից ճչալը, կանչելը, գոռալը, վայնասունը և երգող կույսերի, սևազգեստ կանանց, վշտահար հեծությամբ սգացող տղամարդկանց ձայները բարձրանում ու մինչև երկինք էին հասնում: Իսկ դիակները այնքան շատ էին, որ գերեզմանոցները չէին բավարարում և շատերին գցում էին վիհերը, խորխորատները, փոսերը ու ծածկում: Եվ այսպես սաստիկ վախը ահաբեկում էր բոլորին՝ ահով պաշարելով ողջ մնացածներին:»

Թովմա Արծրունին (Արծրունի, 1985) տալիս է այդ երկրաշարժերի այսպիսի նկարագրություն և հետևանքների համեմատություն.

«Հայոց վրա (Սմբատի) թագավորելու երրորդ տարում (893թ.) աստվածատուր բարկությամբ անդնդաշարժ խառնակումով ամենախորքերում միմյանց բախված բարկության հողմերը... և խավար ջրերի անդնդաքակ կոհակների հետ սասանեցին երկրի խոր ընդերքի կարծր, ծանրալի ու անկշռելի անբավությունը և վեր մղեցին մինչև երկրի երեսը Արտաշեսի քաղաքի դիմաց, որին անվանում են Բլուր, և որտեղ է թագավորանիստ Դվին քաղաքը՝ մարդաշատ, պատվարված պարսպավոր պատնեշներով, հղփացած ու հափրացած վաճառականությամբ, տեսակ-տեսակ պղծություններով: Այն հիմքից տապալվեց, դժողքի պես լայն բացեց իր բերանը, շատերին վիժեցրեց անդունդը: Նրանցից ոմանց տներն իսկ գերեզմաններ դարձան իրենց համար: ...Բայց Դվինի քաղաքացիների քարեղեն սրտերի պատճառով էր, որ

չխնայեց նրանց: Սրբատեղիները, աղոթքի տները նույնպես ներգործ-վեցին շարժից, ճեղքվեցին, պատերը խախտվեցին...

...Ասվում է, թե շարժի խեղված մարդկանց թիվը ավելի քան 70 հազար էր: Այս շարժն ավելի սաստիկ էր, քան այն, որ եղավ հայոց կաթողիկոս Զաքարիայի ժամանակ, հայերի գերությունից 7 տարի հետո (863թ.):»

Արաբ պատմագիր ալ-Թաբարին (839-923) (al-Tabari, 1985) այսպես է նկարագրում 893 թվականի երկրաշարժը.

«...տեղի ունեցավ երկրաշարժ: Առավոտյան քաղաքը անհետացել էր: Տներից մնացել էին մի քանիսը միայն՝ մոտ հարյուրը: Մինչև նամակի գրվելը, Դաբիլի բնակիչները թաղել էին փլատակների տակից հանված երեսուն հազար զոհված: Ավերումներից հետո նրանք զգացել էին նս հինգ երկրաշարժ: Բնչպես հաղորդել է նրանցից մեկը, փլատակներից հանված մեռածների թիվը կազմում է հարյուրհիսուն հազար:»

Ահա թե ինչ է գրում X դարի Դվինի մասին արաբ աշխարհագետ ալ-Մուկադդասին (946-1000). «Դաբիլը (Դվինը) խոշոր քաղաք է, ունի անառիկ բերդ (միջնաբերդ): (Նա Արդաբիլից մեծ է:) Նրանում շատ են բարիքները, անունը հռչակված է, բուրդը նշանավոր է, գետը հորդառատ: Նա շրջապատված է այգիներով: Ունի հինավուրց արվարձան և ամրակուռ բերդ: Նրա շուկաները խաչաձև են ու նրա մերձակա հողերը հրաշալի: Մայր մզկիթը բարձր բլրի վրա է և նրա կողքին է եկեղեցին: Ունի միջնաբերդ: Նրանց շենքերը կավից ու քարից են: Բազմաթիվ դռներ ունի, որոնցից են Քայդարի (Քինդարի) դուռը, Տիխիսի դուռը և Անիի դուռը: Սակայն նրա (բնակչության) մեծամասնությունը կազմում են քրիստոնյաները և նրանց ազնվականները: Նրա բնակչությունը պակասել է և նրա բերդն ավերվել է:» (Արաբական աղբյուրներ, 2005):

Վերը շարադրված պատմական նկարագրությունները և Դվինի պեղումների արդյունքները վկայություն են, որ.

- 863 թվականի երկրաշարժի ժամանակ հիմնականում լուրջ վնասվել կամ ավերվել են չքավոր բնակիչների գլաքարերով ու հում աղյուսով կառուցված կավաշեն հյուղակների մի մասը, որոշ կավակերտ երկհարկանի շինություններ և կավաշեն պարիսպներ, բայց եկեղեցիները չեն վնասվել;
- 893 թվականի երկրաշարժի ժամանակ քաղաքը հիմնահատակ ավերվում է՝ եկեղեցիները, պալատները, քաղաքային շուկան, և մնում են կանգուն, բայց վնասված, մոտ հարյուր կառույց, այդ թվում կաթողիկոսարանը, որը հետագայում վերակառուցվում է որպես մզկիթ (Քալանթարյան, 1992):

Դվինի երկրաշարժերի հետևանքները այլ վայրերում

863 թվականի երկրաշարժի ազդեցության մասին այլ տեղերում, բացի Դվինից, պատմական վկայություններ չկան: Սակայն հայտնի է,

որ 893 թվականի երկրաշարժի հետևանքով ավերումներ են տեղի ունեցել ոչ միայն Դվինում: Ըստ Թովմա Արծրունու վկայության, երկրաշարժից չեն վնասվել Վաղարշապատը (Նոր քաղաքը) և Զվարթնոց տաճարը, բայց ավերվել է մի լեռնային սրբատեղի, ուր փլատակների տակ են մնացել Ռշտունիքի եպիսկոպոսը և իր յուրայինները (Արծրունի, 1985).

«Այնտեղ էր նաև Ռշտունյաց սրբազան եպիսկոպոսը՝ երանելի Գրիգորը, որը յուրայինների հետ չկարողացավ փրկվել, քանի որ նույն ժամանակ աղոթում էր լեռան վրա: Նրանցից ոմանք նույն շարժից մնացին այն տեղ փլվածքի տակ:

Բայց երանելի հայրապետ տեր Գևորգը տրտմեց ավելի սաստիկ... ապա թողեց Դվինը և գնաց բնակվեց Նոր քաղաքում, մեծ եկեղեցու մեջ, որը սուրբ Գրիգորի անունով շինել էր երանելի տեր Ներսես երկրորդը/երրորդը/՝ հայոց կաթողիկոսը:»

Դվինի մերձակայքում չկան լեռներ ու քարանձավներ, որտեղ ցնցումները կարող էին առաջացնել փլվածքներ և սողանքներ: Ըստ Ամբրասեյսի, դրանք կարող էին առաջանալ, այսպես կոչված, Արտաշատի սարահարթի վրա (Ambraseys et al., 1982), որի տեղը հստակ որոշված չէ: Հիմնվելով վերը բերված Թ.Արծրունու վկայության վրա, կարելի է պնդել, որ Ամբրասեյսը սխալվում է նաև կարծելով, թե կաթողիկոսը Դվինից տեղափոխվել է Արտաշատ՝ Վիրապի վրա կառուցված Սբ.Գրիգոր եկեղեցի (նկ.2-1), շփոթելով այն Վաղարշապատում (Նոր քաղաքում) գտնվող Սբ.Գրիգոր եկեղեցու՝ Զվարթնոցի (նկ.2-2, 3), հետ: Ամբրասեյսի այդ սխալմունքը հավանաբար բացատրվում է նրանով, որ նա մեծապես հիմնվել է արաբական աղբյուրների վրա, քանի որ, ըստ ալ-Մուկադդասիի (946-991) տեղեկության, հիշյալ տաճարի մոտակայքում են կանայք հավաքում «ալ-կիրմիզ»՝ որդան կարմիր, իսկ ըստ Բալազուրիի (820-892) դա հանդիսանում էր այդ ժամանակների Հին Արտաշատի՝ ալ-Կիրմիզ գյուղի, շինական բնակչության զբաղմունքներից մեկը (Արաբական աղբյուրներ, 2005): Կասկածից վեր է, որ երկրաշարժի ժամանակակից Արծրունին ավելի ստույգ տեղեկություններ է հայտնում այն ներսեսաշեն Սբ.Գրիգոր եկեղեցու մասին, որը գտնվում էր Վաղարշապատում և ուր տեղափոխվել էր կաթողիկոսը, քան հաջորդ դարի արաբ պատմագիր ալ-Մուկադդասին:

Կարախանյանի և համահեղինակների կարծիքով միակ տեղը, ուր կարող էին առաջանալ փլվածքները, Գեղարդի (նկ.2-4) քարանձավներն են (Karakhanian et al. 2011, 2016): Սակայն, ըստ իս, ավելի հավանական է և հիմնավորված, որ Ռշտունյաց եպիսկոպոսը յուրայինների հետ աղոթելիս է եղել Վայոց Ձորում գտնվող Խոտակերաց վանքի տարածքում (նկ.2-7), որը ներառում էր Արուստամուղ գյուղի եկեղեցին, երկու փոքր մատուռ հարևան ձորակներում և շրջակա քարանձավները (Հարությունյան, 2019): IX դարի վերջում Վայոց Ձորի արևմտյան շրջանի ավերման մասին, հաղորդում է XIII դարի պատմագիր Ստեփանոս Օրբելյանը (Օրբելյան, 1986). «Եվ մեր աշխարհի

Ա.Կարախանյանը դաշտային ուսումնասիրությունների արդյունքում հանգել է նա երկու վիճելի եզրակացության՝ Գառնու ամրոցը (նկ.2-5) և, նրանից ոչ հեռու գտնվող, Բայբուրդի եկեղեցին (նկ.2-6), նույնպես ավերվել են IX դարի երկրաշարժերի ժամանակ (Karakhanian et al. 2011, 2016).

- 1) Ելնելով այն փաստից, որ Գառնու ամրոցի ավերված պատերի տասնյակ քարեր IX–X դարերում օգտագործվել են որպես գերեզմանաքարեր, իսկ գերեզմանաքարերից մեկը թվագրված է Հայոց 328 թվականով՝ 879թ.¹, ենթադրվում է, որ երկրաշարժը տեղի է ունեցել մինչև այդ թվականը և դա կարող էր լինել Դվինի առաջին՝ 863 թվականի, երկրաշարժը:

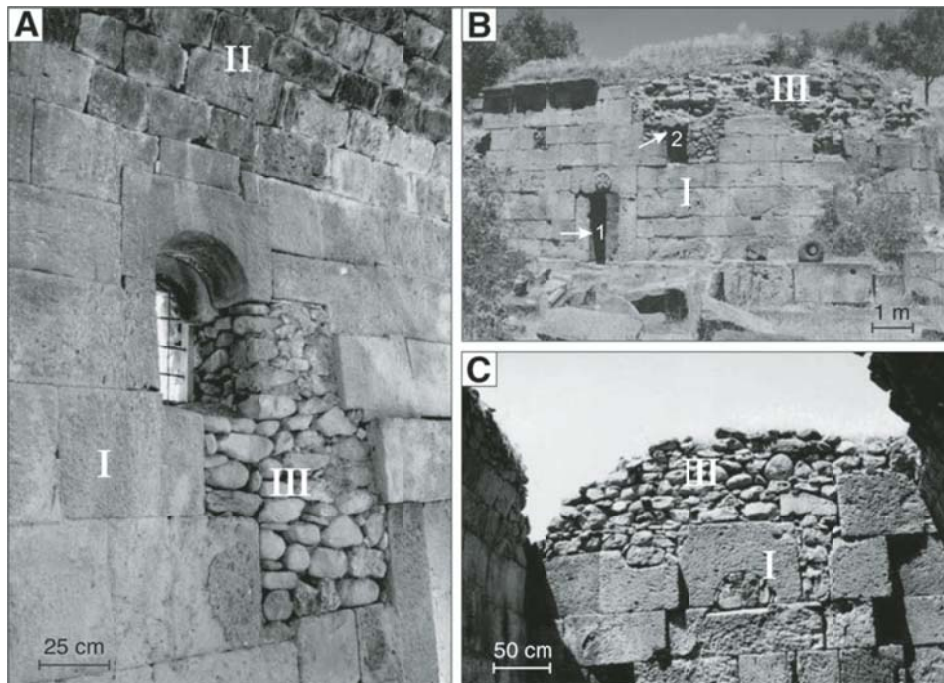
Սակայն դժվար է պատկերացնել, թե տեղի ունենար հզոր երկրաշարժ, որը կավերեր բերդի ամրակուռ պատերը, իսկ նրանց միջակայքում գտնվող շատ ավելի նրբագեղ տաճարը կմնար անվնաս: Ավելի հավանական է, որ Գառնու ամրոցի պատերը ավերել են արաբները, ինչպես նրանք ավերել էին, ըստ իբն-Հաուկալի (X դար), Մարադա ու Արդեբիլ քաղաքների պատերը (Արաբական աղբյուրներ, 2005) և նաև հզոր պատերով Զվարթնոցը (Այրիվանեցի, 1860; Գանձակեցի, 1982): Ըստ իս, կարելի է պնդել՝ վկա Գառնու տաճարը, որ I - XXI դարերի ժամանակամիջոցում Գառնու ամրոցը և տաճարը երկրաշարժից ավերել են միայն մեկ անգամ՝ 1679 թվականին:

- 2) Բայբուրդի Մր.Գրիգոր եկեղեցին գտնվում է Գառնու ամրոցից 5,2կմ հեռու դեպի հարավ-արևելք, այսինքն ավելի մոտ է Գառնու երկրաշարժի վերկենտրոնին: Ըստ կառուցման ոճի և հունական արձանագրության առկայության վերագրվում է 4-5 դարերին: Կարծիք է հայտնվում, որ եկեղեցին կրում է երկու երկրաշարժերի ազդեցությամբ առաջացած ավերումների հետքեր: Եկեղեցու պատերը կառուցված են եղել խոշոր՝ 0,7×1,2×0,7մ չափերով, լավ մշակված բազալտե քարերով (նկ.3,I): Ակնհայտ է, որ եկեղեցին լուրջ վնասված է եղել և վերակառուցվել է ավերումից հետո գլաքարերով (նկ.3,II): Գլաքարերի արանքում գտնվող պատուհանի փայտի կտորի հասակագրումը տվել է 1690–1730 թվականների միջակայքը: Այսինքն վերակառուցումը կատարվել է Գառնու 1679 թվականի երկրաշարժից հետո: Մուտքի կողապատի շաղախից հանվել է փայտի տաշեղ (նկ.3,1), որի հասակագրումը տվել է 920–1050 թվականների միջակայքը: Սրանից ելնելով էլ կարծիք է առա-

¹ Համաձայն հոդվածի գրախոս Ա.Վ.Ավագյանի տրամադրած աղբյուրի՝ <https://www.facebook.com/armchurchmoscow/posts/1399959976833398/>, խոսքը գնում է հնագագույն թվագրված խաչքարի մասին, որը հայտնի է որպես «Կատրանիղե թագուհու խաչքար»: Նաև ուշագրավ կարծիք է հայտնվում, որ այն փորագրված է արաբների կողմից ավերված Գառնու ամրոցի պարսպի քարերից մեկի վրա, ինչը համընկնում է բերդի ավերման մասին մեր, այլ փաստարկներով հիմնավորված եզրակացության հետ, որը բերված է հոդվածի հաջորդ պարբերության մեջ:

ջացել, թե եկեղեցին հիմնահատակ ավերվել 893 թվականի երկրաշարժի ժամանակ և հիմքից նույնությամբ (?!) վերաշինվել է:

Այս վարկածի համաձայն, պետք է կարծել, որ այդ երկրաշարժը ավելի հզոր է եղել, քան 1679 թվականի երկրաշարժը, իսկ նրանց վերկենտրոնները համընկել են: Ինչը անհավանական է, քանի որ հնարավոր վերկենտրոնից մոտ 15-20 կմ հեռավորության վրա գտնվող Դվինում եկեղեցիները մնացել են անվնաս և ավերվել է միայն կավաշեն շինությունների մի մասը, իսկ Գառնու տաճարը կանգուն էր մինչև 1679 թվականը: Ըստ իս ավելի հավանական է, որ նշված ժամանակամիջոցում կատարվել է եկեղեցու մուտքի կողապատի նորոգում, որի շաղախում և եղել է փայտի տաշեղը (նկ.3,1):



Նկ.3. Բայբուրդի Սբ.Գրիգոր եկեղեցին (Karakhanian et al. 2016) A – ճակատային պատը ներսից, B – ճակատային պատը դրսից, C – արևմտյան պատը ներսից: I – IV դարում եկեղեցու կառուցման ընթացքում օգտագործված բազալտե մեծաքարերը, II – X-XI դարերում ենթադրական վերաշինության ժամանակ օգտագործված համեմատաբար փոքր քարերը, III – Գառնու 1679թ. հունիսի 4-ին տեղի ունեցած երկրաշարժից հետո վերաշինությունը գլաքարերով: C14 հասակագրման արդյունքները 1 – 920–1050թ.թ. հասակի փայտի տաշեղի տեղը մուտքի կողապատի քարերի արանքում, 2- 1690–1730թ.թ. հասակի փայտի կտորի տեղը պատուհանում:

Ինչ վերաբերվում է եկեղեցու առաստաղը համեմատաբար փոքր քարերով շինված լինելուն, ինչը եկեղեցու վերաշինման վկայություն է համարվել (նկ.3,II), ապա կարելի է պնդել, որ այդպիսիք օգտագործվել

են ի սկզբանե, քանի որ դուրսին և նպատակահարմար չէ այդպիսի փոքր եկեղեցու թաղապատ առաստաղը կառուցել նրա պատերը կազմող մեծաքարերով:

Հիմնվելով վերը շարադրված վերլուծությունների վրա, Ա.Կարախանյանի և գործընկերների կարծիքը, թե.

- Խոտակերաց վանքը ավերվել է ինչպես 863 թվականի, այնպես էլ 893 թվականի երկրաշարժերի հետևանքով,
- Գեղարդի քարանձավներում առաջացել են փլվածքներ 893 թվականի երկրաշարժի հետևանքով,
- Գառնու ամրոցը ավերվել է 863 թվականի երկրաշարժի հետևանքով,
- Բայրուդի Սբ.Գրիգոր եկեղեցին ավերվել է նաև 893 թվականի երկրաշարժի հետևանքով, ըստ իս հիմնագուրկ է:

Եզրակացություն

Ի մի բերելով պատմական վկայություններից և պեղումների արդյունքում ստացված տեղեկությունները կարելի է եզրակացնել, որ.

- 863 թվականի երկրաշարժի ժամանակ հիմնականում լուրջ վնասվել կամ ավերվել են չքավոր բնակիչների գլաքարերով ու հում աղյուսով կառուցված կավաշեն հյուղակների մի մասը, որոշ կավակերտ երկհարկանի շինություններ և կավաշեն պարիսպներ,
- Այլ տեղերում 863 թվականի երկրաշարժի առաջացրած ավերումներ վկայված չեն, սակայն կարելի է ենթադրել, որ Դվինի մերձակա գյուղերում որոշ կավաշեն տներ նույնպես ավերվել են,
- 893 թվականի երկրաշարժի ժամանակ քաղաքը հիմնահատակ ավերվել են՝ եկեղեցիները, պալատները, քաղաքային շուկան, և մնացել են կանգուն, բայց վնասված, միայն մոտ հարյուր շինություն, այդ թվում կաթողիկոսարանը,
- 893 թվականի երկրաշարժի հետևանքով ավերումներ են տեղի ունեցել ոչ միայն Դվինի տարածքում, այլ նաև Վայոց Ձորի արևմուտքում, մասնավորապես ավերվել են Խոտակերաց վանքի շինությունները և քարանձավային աղոթարանները և կացարանները:

Վերջին ժամանակների ընթացքում կատարված դաշտային ուսումնասիրությունների արդյունքում ստեղծված պատկերացումները, թե.

- 863 թվականի երկրաշարժի հետևանքով ավերվել են նաև Խոտակերաց վանքն ու Գառնու ամրոցը,
- 893 թվականի երկրաշարժի հետևանքով ավերվել է նաև Բայրուդի Սբ.Գրիգոր եկեղեցին և առաջացել են փլվածքներ Գե-

դարդի քարանձավներում, իրականությանը չեն համապատասխանում:

Այսպիսով, Դվինից բացի, միակ տեղը, որտեղ 893 թվականի երկրաշարժի ավերիչ ազդեցության մասին ստույգ տեղեկություններ կան – Վայոց Ձորում գտնվող Խոտակերաց վանքի շրջակայքն է:

Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում հոդվածի գրախոս Ա.Վ.Ավագյանին աշխատանքի արդյունավետ քննարկման և լրացուցիչ տվյալների տրամադրման համար:

Գրականություն

- Այրիվանեցի Մխիթար:** 1860. Պատմութիւն հայոց, Մոսկվա, տպ. Լազարեան ճեմարանի, 69 էջ:
- Արարական աղբյուրներ, պրակ.Գ, Թ-Ժ դարեր: 2005.Երևան, ԵՊՀ, 704 էջ:
- Արծրունի Թովմա և Անանուն:** 1985. Պատմություն Արծրունյաց տան, Երևան, «Սովետական գրող», 407 էջ:
- Գանձակեցի Կիրակոս:** 1982. Հայոց պատմություն, Երևան, «Սովետական գրող», 352 էջ:
- Դրասխանակերտցի Հովհաննես:** 1996. Հայոց պատմություն, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 397 էջ:
- Խորենացի Սովսես:** 1997. Հայոց պատմություն, Երևան, «Հայաստան», 552 էջ:
- Հարությունյան Ռ. Ա.:** 2019. Խոտակերաց վանքի (ՀՀ Վայոց Ձորի մարզ) IX-X-րդ դարերում ավերումների երկրաբանական պատճառների մասին: Երևան, ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N 2, 64-73:
- Ղաֆադարյան Կ. Գ.:** 1952. Դվին քաղաքը և նրա պեղումները, հ. I, Եր., ՀՍՍՌ ԳԱ հրատ. 299 էջ:
- Ղաֆադարյան Կ. Գ.:** 1966. Դվին քաղաքի հիմնադրման ժամանակի և միջնաբերդի հեթանոսական մեհյանի մասին. Պատմա-բանասիրական հանդես, №2. էջ 41-58.
- Քալանթարյան Ա. Ա.:** 1992. Նոր տվյալներ Դվինի VII դ. կաթողիկոսարանի վերաբերյալ. Լրաբեր Հասարակական Գիտությունների, № 1. էջ 116-125.
- Քոչարյան Գ. Գ.** 2014. Անտիկ Դվինը ամրոց-սրբավայրից արքայանիստ քաղաք, Երևան, Բանբեր հայագիտության, № 1, էջ 31-33:
- Օրբելյան Ստեփանոս:** 1986. Սյունիքի պատմություն. Երևան, «Սովետական գրող», 616 էջ:
- al-Tabari. 1985. History of al-Tabari, Vol. 38: The Return of the Caliphate to Baghdad, New York, State University Press, p. 239.
- Ambraseys N.N. and Melville C.P.** 1982. A history of Persian earthquakes. London, Cambridge University Press, 219p.
- Karakhanyan A., Avagyan A., Baghdasaryan H., Avanesyan M., Arakelyan A.** 2011. Seismic hazard assessment for the construction site of a new power unit of the Armenian NPP/ Final Report /Geological database/ “NorAtom” Consortium, Draft Version, February 2011, 274 p.
- Karakhanyan A.S., Arakelyan A., Avagyan A., Sadoyan T.** 2016. Aspects of the seismotectonics of Armenia: New data and reanalysis, in Sorkhabi, R., ed., Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian’s Forty Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper 525, p.445-477.

**ЕЩЕ РАЗ О РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ IX ВЕКА В
ДВИНЕ (АРМЕНИЯ): РАЗРУШЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ**

Арутюнян Р.А.

Продолжается публикация результатов анализа исторических свидетельств и результатов полевых исследований о спорных характеристиках разрушительных землетрясений IX века в городе Двин. Здесь, во второй статье, посвященной этой теме, основное внимание уделено уточнению территорий, на которых землетрясения вызвали разрушения.

**THE DESTRUCTIVE EARTHQUAKES OF THE 9TH CENTURY IN
DVIN (ARMENIA) REVISITED: THE DESTRUCTIONS CAUSED BY
EARTHQUAKES**

Haroutiunian R.A.

The publication of the results of the analysis of historical evidence and the results of field research on the controversial characteristics of the destructive earthquakes of the 9th century in Dvin continue. Here, in the second article on this topic, the main focus is on clarifying the areas where earthquakes caused destruction.

ГЕОФИЗИКА

ЭФФЕКТИВНЫЙ ВРЕМЕННОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ВРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ ИЗМЕРЕНИЙ

А.К. Матевосян¹, Г.А. Бабаян²

¹ Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
E-mail: arshak.matevosyan@yandex.ru,

² Nairi-Tech ООО, E-mail: babayan.grigor@gmail.com.
Поступила в редакцию 24.02.2021

В статье рассмотрен усовершенствованный способ исследований методом вызванной поляризации с использованием дифференциального временного режима измерений, позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов. В результате теоретических и экспериментальных работ предложен новый временной показатель, надежно идентифицирующий присутствие электропроводящих веществ/минералов, образующих прожилково-вкрапленные и массивные рудные объекты в изучаемой геоэлектрической среде. Проведенные исследования вносят определенный вклад в методику бесконтактных геоэлектрохимических изысканий при оценке вещественного состава электропроводящих хорошо поляризующихся объектов, что представляется особенно важным при оперативной экспресс-диагностике рудных геологических тел.

Ключевые слова: электроразведка, вызванная поляризация, нелинейные электрохимические процессы, амплитудно-временные зависимости, временной режим измерений, рудный объект, вещественный состав.

В предыдущей статье (Матевосян и Бабаян, 2019) рассмотрены закономерности протекания вторичных поляризационных (*геоэлектрохимических*) процессов в разнотипных геоэлектрических средах при электрическом воздействии дифференциальным временным режимом **2РИ** (или **ДРИ** – *дважды разнополярными прямоугольными импульсами различной длительности*), предусмотренным для непосредственного измерения второй производной по логарифму времени **переходной характеристики (ПХ) вызванной поляризации (ВП)** (Матевосян, 1985, 2003²), при разных конфигурациях и параметрах возбуждения внешнего поля. Дополнительная информация, полученная в результате таких измерений является эффективным индикатором для оперативной оценки местоположения $T_{\max}$ на временной оси ПХ, по которой на стадии детальных работ (*при расшифровке локальных аномалий*) можно судить о присутствии руд-

ных объектов. Здесь $T_{\max}$ – определяемая по результатам измерений постоянная времени: абсцисса максимума производной переходной характеристики ВП по логарифму времени (*временной параметр, по которому судят об особенностях электропроводящего поляризующегося объекта исследований*) (Шаповалов и др., 1976; Комаров, 1980). Следует особо подчеркнуть, что параметр $T_{\max}$ для реальной (*неоднородной по электрическим свойствам*) геологической среды, как и параметры кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости, является кажущимся и также зависит не только от пространственного распределения электрических (*включая временные характеристики вторичного электрического поля*) свойств среды, но и от примененной установки измерений. В случае идеальной однородной изотропной геоэлектрической среды все значения вышеотмеченных параметров соответствуют истинным (*включая $T_{\max}=T_0$*). Как, в частности, показано в (Матевосян, 2017¹, 2017²) при изучении локального рудного тела при площадной векторной съемке с фиксированной питающей линией, величина $T_{\max}$ широко варьирует в зависимости от взаиморасположения хорошо поляризующегося объекта и размеров, ориентировки приемной линии (*в пределах аномальной области по мере удаления от рудного объекта ПХ ВП может быть настолько изменена от привычной амплитудно-временной зависимости, что практически не поддается количественной интерпретации и в лучшем случае можно составить приблизительное качественное представление*). Следовательно, корректнее $T_{\max}$ называть **кажущейся постоянной времени**. Поскольку переходная характеристика ВП также является кажущейся (*фиктивной*) временной зависимостью, то при интерпретации различных амплитудно-временных параметров/зависимостей и окончательном геологическом истолковании электроразведочных материалов следует учесть специфические особенности конфигурации примененной установки измерений.

В данной статье предложен способ электроразведочных исследований методом ВП (*бесконтактным геоэлектрохимическим путем*) с использованием дифференциального временного режима измерений 2РИ, позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов, с целью оперативного предварительного выяснения вещественного состава электропроводящих хорошо поляризующихся объектов, что особенно важно при экспресс-диагностике рудных геологических тел.

В настоящее время теоретические исследования (*включая математическое моделирование и численные расчеты*) протекания нелинейных поляризационных (*электрохимических*) процессов в неоднородной геоэлектрической среде сопряжены с существенными непреодолимыми объективными трудностями. В связи с этим, решение поставленной задачи нами видится в проведении физического моделирования, некоторые результаты которого представлены ниже. Ввиду специфики выполнения физического моделирования и особой сложности решения поставленной задачи (*изучение комплекса амплитудно-временных зависимостей и пара-*

метров напряженности вторичного поляризованного поля на поверхности модели неоднородной геоэлектрической среды) авторы стремились максимально упростить реализацию экспериментальных исследований с одновременным повышением точности измерений (тем самым повысить однозначность конечных результатов).

Выбор исследуемой геоэлектрической модели основывался на результатах всестороннего анализа известных опытно-методических подходов при проведении электроразведочных работ методом ВП (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989), в результате чего:

- в качестве “рудного объекта” был выбран графит, поскольку является хорошо поляризующимся химически нейтральным веществом, что непосредственно способствует повышению надежности и воспроизводства измерений (минимизация протекания разнообразных необратимых электрохимических реакций при подготовке и возбуждении исследуемой геоэлектрической модели внешним электрическим полем – определяющее условие для достижения стабильной электрохимически поляризуемой модели, имитирующей рудный объект), а также ярко выраженным проявлением **нелинейности ВП (НВП)**;
- изучалась двухкомпонентная геоэлектрическая модель, состоящая из графитового “рудного объекта”, погруженного в водный раствор (электрически однородная неполяризующаяся вмещающая среда), которая при относительно высоком уровне внешнего электрического воздействия проявляется достаточно стабильными нелинейными поляризационными характеристиками;
- путем подбора размеров и количества стандартных графитовых стержней при создании комбинированного (конструктивно легко варьируемого) поляризующегося объекта и использования водного раствора с соответствующей электропроводностью, нетрудно достигался требуемый диапазона изменения основного временного показателя $T_{\max}$ над локальным “рудным объектом” геоэлектрической модели (что особенно важно для правильного выбора конфигурации и параметров дифференциального временного режима 2РИ (Матевосян и Бабаян, 2019));
- в связи с возможностью быстрого и несложного полного возврата лабораторной установки в исходное состояние и создания новой геоэлектрической модели для проведения последующего цикла измерений (оперативного обновления первоначального состояния без ущерба качеству решения поставленной задачи) достигалась повышенная производительность экспериментальных работ.

Физическое моделирование выполнялось в многофункциональной векторной лабораторной электролитической установке (Матевосян, 2003¹), в центральной части которой создавалось однородное электрическое поле во вмещающей ионопроводящей среде (в электролите), куда погружалась

графитовая модель, представляющая собой связку графитовых стержней и имитирующая локальный электропроводящий хорошо поляризующийся рудный объект. Величина плотности силы тока внешнего поля, создаваемого двумя противоположными токовыми электродами, устанавливалась (*изменялась*) в диапазоне от 0.6 до 16 мкА/см^2 , что осуществлялось предварительной подготовкой электролита с соответствующим удельным электрическим сопротивлением, уровнем электролита (*величиной поперечного сечения рабочей части лабораторной установки*) и регулировалась величиной силы пропускаемого тока. Синхронная регистрация электрического поля на поверхности исследуемой геоэлектрической среды (*включая аномальную область и нормальное поле*) выполнялась приемной электропроводной кривой лабораторной установки, состоящей из системы неполяризуемых электродов, ориентированной по направлению вектора плотности тока над графитовой моделью.

Измерения проводились многоканальной аппаратурой «*VectorGeo*» (Матевосян и Бабаян, 2018) с использованием внешнего генератора (*стабилизированного постоянного и низкочастотного переменного тока*) и двух мультиметров для продолжительного непрерывного наблюдения и контроля за различными дополнительными физико-химическими параметрами всего лабораторного комплекса (*свойствами\ характеристиками исследуемой геоэлектрической модели и стабильности электролитической установки в процессе основных измерений и возврата всей системы в исходное первоначальное состояние – зачастую в течение более 10 часов*), включая регистрацию (*с требуемой графической фиксацией и цифровой записью*) уровня искажающих температурных изменений и техногенных низкочастотных электромагнитных помех.

На рис.1 представлены результаты лабораторных исследований методом ВП дифференциальным временным режимом 2РИ (1:1/3:1/3:1/3) при $t_+ = 120 \text{ с}$ (*т.е. 120:40:40:40 в секундах*) на примере вышеописанной геоэлектрической модели. Здесь, по оси ординат приведены значения напряженности (*точнее, составляющей напряженности вдоль приемной линии, в частности x- или y-составляющей при векторной съемке* (Матевосян, 2003²) вторичного поляризованного (электрохимического) поля на протяжении всего цикла, нормированные по максимальной величине напряженности вторичного поля, наблюдаемой в конце первого импульса (*или в начале паузы между импульсами*) в момент T_1 ;

$t_c^\pm$ – время на спаде после второго импульса тока при 2РИ, когда наблюдается (*регистрируется или вычисляется*) изменение направления (*смена знака*) поля ВП;

T^* – вычисляемый момент времени на переходной характеристике при непосредственном измерении **второй производной переходной характеристики (2ППХ)** ВП на спаде (*после второго импульса тока*) в момент времени t_c^* , зависящий только от конфигурации и параметров примененного дифференциального временного режима 2РИ (Матевосян, 1985; Матевосян и Бабаян, 2019);

t_c^* – время на спаде после второго импульса тока (вычисляется по параметрам режима 2РИ), когда непосредственно измеряется 2ППХ и соответствует моменту T^* на переходной характеристике.

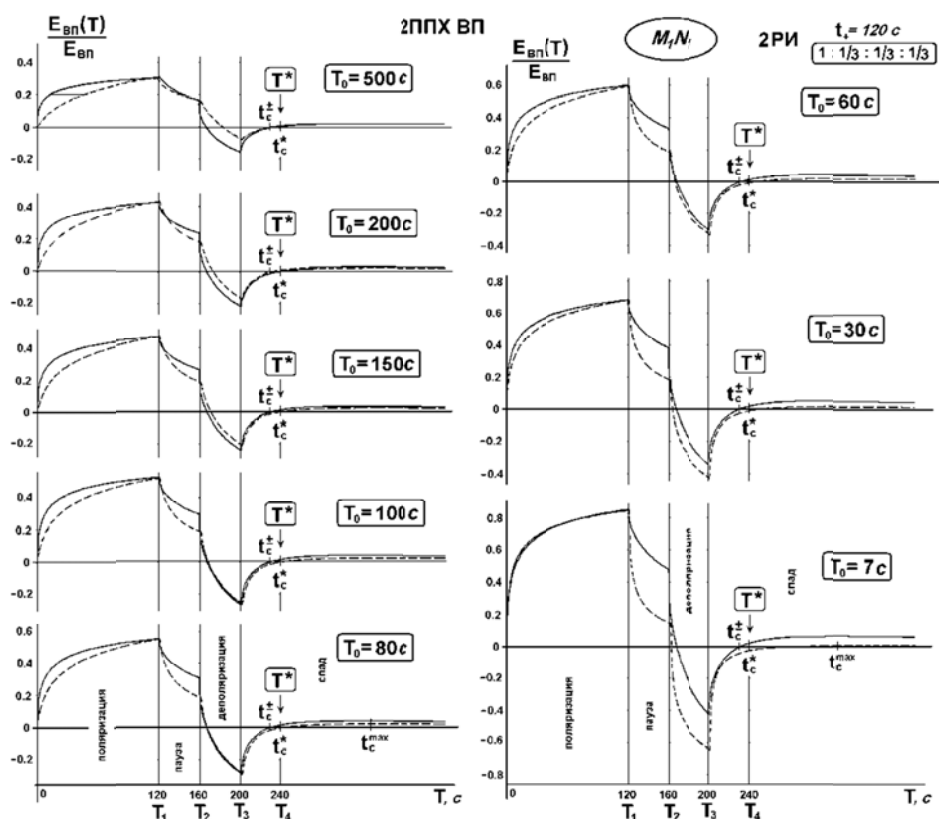


Рис.1. Пример вариантов аппроксимации экспериментальной временной зависимости изменения нормированной напряженности вторичного поляризационного поля на протяжении всего цикла измерений (сплошная кривая) теоретическими кривыми с разными величинами T_0 (пунктирная).

В процессе интерпретации экспериментальных данных получены необходимые теоретические кривые изменения напряженности (поляризационного) поля на протяжении всего цикла измерений при различных величинах постоянной времени T_0 (аппроксимируя ПХ логарифмической функцией при $B=34$ или интегралом вероятности – (Комаров, 1980), и сопоставлены с полученной эмпирической кривой. Как следует из рисунка, несмотря на достигнутую высокую точность (несколько процентов) для подобных лабораторных электроразведочных измерений, не удалось подобрать требуемую, достаточно близкую к экспериментальной, теоретическую кривую, что однозначно указывает на выраженное проявление нелинейных электрохимических процессов.

На рис.2 приведены результаты расчетов при подборе амплитудно-временных параметров теоретических ПХ ВП по отдельным характерным

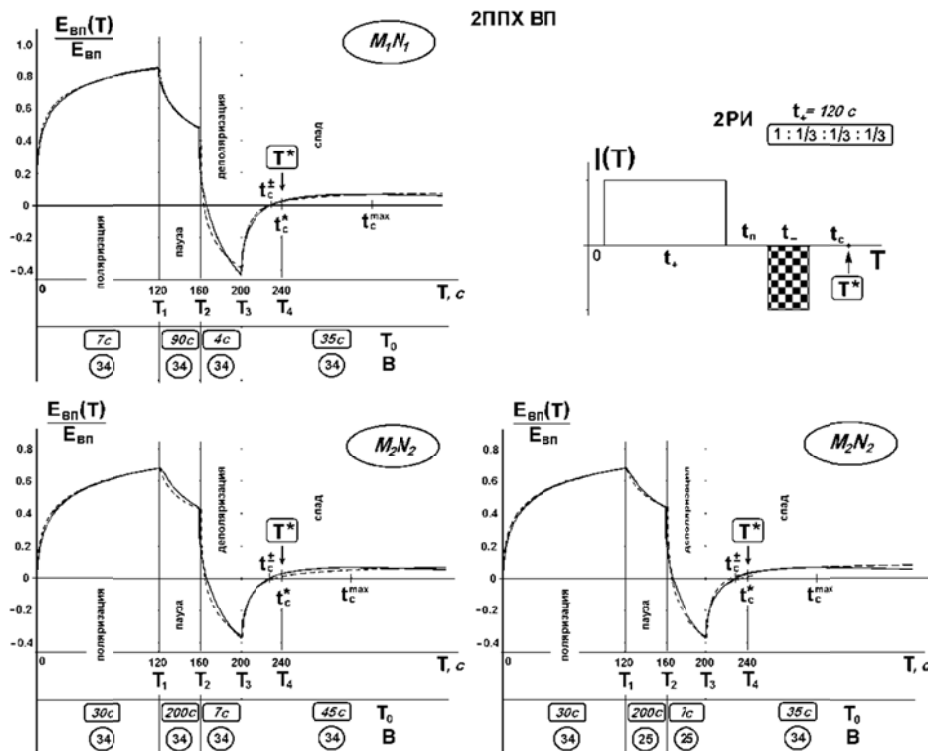


Рис.2. Варианты подбора амплитудно-временных параметров теоретических ПХ ВП по отдельным временным интервалам (пунктирная кривая) в процессе аппроксимации экспериментальной зависимости нормированной напряженности вторичного поляризационного поля на протяжении всего цикла измерений (сплошная кривая).

временным интервалам (поляризация, пауза, деполяризация, спад) режима 2РИ с целью минимизации отклонения от экспериментальной кривой (значения постоянной времени T_0 и коэффициента B при использовании логарифмической зависимости (Комаров, 1980) приведены на рисунке). Сопоставление данных, синхронно полученных разными приемными линиями (M_1N_1 и M_2N_2), несмотря на очевидное сходство полученных графиков при аппроксимации эмпирической кривой, указывает на значительные параметрические (количественные) различия, существенно превышающие точность экспериментов, что подтверждает присутствие нелинейности процессов ВП. Однако, несмотря на это обстоятельство, согласно проведенным многократным лабораторным измерениям при различных параметрах режима 2РИ (при $12-16 \text{ мкА/см}^2$ – в области уверенного проявления нелинейности ВП исследуемой модели), прослеживается устойчивая эмпирическая закономерность: практическое постоянство отношения $t^{\pm}/t_c^*$ – изменяющееся в достаточно малом диапазоне от 0.68 до 0.71, что соответствует $T_{\max}=370-430 \text{ с}$. Обратим особое внимание, что такие высокие значения $T_{\max}$ при аппроксимации эмпирической кривой теоретическими зависимостями не наблюдаются ни при одном временном

интервале на протяжении всего цикла измерений (рис. 2). Аналогичными экспериментами при малых величинах плотности силы тока (*порядка* 1 мкА/см^2), когда существенно уменьшается проявление нелинейных процессов ВП (Комаров, 1980, 1994), практически также фиксируется вышеотмеченный диапазон изменения $t^{\pm}/t^*_c$. Однако, в этом случае, при аппроксимации результатов экспериментальных работ теоретическими кривыми, сопоставляемые кривые (*в пределах точности измерений*) более совместимы, интервал значений наблюдаемой постоянной времени значительно выше ($T_{\text{max}}=320-400 \text{ с}$) и их, с некоторым приближением, можно представить одной обобщенной временной зависимостью (*теоретической ЛХ*) за весь цикл измерений.

Обратим внимание на полученные значения T_0 при поляризации и деполяризации (рис. 2): во всех случаях при положительном импульсе подобранная постоянная времени больше, чем при отрицательном. При дифференциальном режиме 2РИ это обстоятельство отражает проявление выявленной эмпирической закономерности: во-первых, нелинейные процессы ВП отчетливее наблюдаются на относительно ранних временах переходного процесса (*в начале каждого импульса*); и во-вторых, при деполяризации проявляются интенсивнее, чем во время поляризации. Такое проявление поля можно объяснить самим феноменом вызванной поляризации: при пропускании постоянного импульса тока через систему возбуждения (*токовые электроды*) установки измерений, в результате неравномерной объемной поляризации неоднородной геоэлектрической среды непрерывно происходит динамическое не пропорционально-синхронное перераспределение зарядов (*сложное пространственно-временное изменение величины и направления поляризующего поля*): уменьшение в области хорошо проводящего поляризующегося электропроводящего объекта (*в “рудном теле”, которому присущи резко выраженные амплитудно-временные характеристики НВП*), и наоборот, увеличение в ионопроводящей среде (*во “вмещающей породах”, характеризующихся слабым проявлением или практически отсутствием НВП*). В итоге, в импульсе (*при поляризации и деполяризации в режиме 2РИ*) со временем происходит постепенное убывание нелинейных электрохимических процессов во всей исследуемой геоэлектрической среде в целом. С учетом этого, если разложить измеренное поле ВП во время поляризации и деполяризации на линейную и нелинейную составляющие, то можно с достаточной достоверностью заключить, что при 2РИ на спаде наблюдается вычитание (*почти полная взаимная компенсация, тем более при используемых больших значениях t_+*) нелинейной составляющей вторичного поляризованного поля, в результате чего практически проявляется (*измеряется*) разность линейных составляющих от каждого импульса. Этот важный вывод, позволяет объяснить выше отмеченное эмпирическое хорошо фиксируемое постоянство отношения $t^{\pm}/t^*_c$ (*особенно при соизмеримости $t^{\pm}_c$ и t^*_c*) независимо от интенсивности внешнего электрического воздействия (*силы тока в импульсе*). Иными словами, при 2РИ параметр $t^{\pm}/t^*_c$ практически не зависит

от процессов НВП в исследуемой среде и характеризует проявление линейных поляризационных явлений, что позволяет уверенно (*с достаточной точностью*) оценить величину $T_{\max}$, наблюдаемую при линейности ВП (*при малых величинах плотности тока*), используемую при истолковании экспериментального материала. В результате проведенных многочисленных разнопараметровых измерений 2ППХ в области проявления НВП (*при больших значениях плотности тока*) установлено, что кривая спада в области T^* (*при выборе оптимального режима 2РИ: конфигурации и параметров* (Матевосян и Бабаян, 2019)) практически лишена нелинейной составляющей ВП.

Таким образом, при аппроксимации эмпирической кривой, полученной на протяжении всего цикла, с целью получения значений $T_{\max}$ близких при соблюдении линейности ВП следует достичь хорошей совместимости сопоставляемых зависимостей на спаде в отмеченной временной области. Поскольку на протяжении всего цикла измерений при НВП эмпирической кривой характерны заниженные значения $T_{\max}$, то полученный вывод имеет непосредственное отношение к повышению надежности электро-разведочных исследований при оценке вещественного состава рудного объекта. Кроме этого, отклонения экспериментальной зависимости от теоретической кривой качественно и количественно характеризуют проявление НВП на протяжении всего цикла. Так, на рис.1 при $T_0=500\text{с}$ (*при которой теоретическая кривая близка к экспериментальной при малых величинах плотности тока: при линейности ВП*) на спаде наблюдается хорошая совместимость кривых, в паузе – умеренная (*уверенно регистрируемое определенное расхождение*), а при поляризации и деполяризации (*при пропусках тока*) – ярко выраженные расхождения (*полная несовместимость*) сравниваемых кривых, характер и величина которых отражают особенности протекания нелинейных поляризационных процессов. Иначе, при НВП процессы поляризации и деполяризации среды в режиме 2РИ протекают в состоянии «сверхнапряжения» (*«в форсированных условиях»*) в результате чего только на спаде среда переходит в относительно естественного состояния динамического разряда («спокойного» – *что характерно линейной ВП*), и то через определенное время после второго (*отрицательного*) импульса тока.

На рис.3 представлены теоретические зависимости изменения T_0/T^* от нормированной величины времени перехода значения напряженности вторичного поляризованного поля через нуль (*смена знака*) на спаде (*после отрицательного импульса*) $t_c^\pm/t_c^*$, построенные в полулогарифмическом масштабе, для разных конфигураций дифференциального режима 2РИ при линейности процессов ВП. Характерной особенностью этих зависимостей является соблюдение равенства $T_0=T^*$ при $t_c^\pm=t_c^*$ независимо от конфигурации и параметров режима 2РИ. Как следует из рис.3 между соотношениями $T_{\max}/T^*$ и $t_c^\pm/t_c^*$ наблюдается обратно про

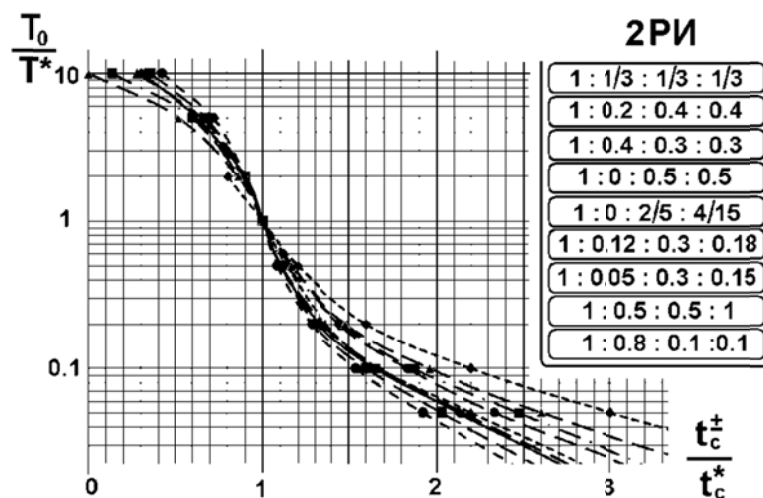


Рис.3. Семейство теоретических кривых изменения T_0/T^* от нормированной величины времени перехода значения напряженности вторичного поляризованного поля через нуль на спаде $t_c^\pm/t_c^*$, для разных конфигураций дифференциального режима 2РИ при линейности процессов ВП.

порциональная зависимость. Аналогичная картина наблюдается и в процессе синхронных измерений с применением электроразведочной косы (с использованием фиксированной питающей линии и многоканальными синхронными измерениями приемными линиями, расположенными на разных расстояниях от центра модели рудного объекта). Отклонение эмпирической кривой от теоретической зависимости при заданной величине T_0 (затемненная область – рис. 1, $T_0=500$ с и также определенной по величине $t_c^\pm/t_c^*$, рис.3) позволяет проследить присутствие нелинейных процессов на протяжении всего цикла измерений. Предпочтительный диапазон $0.1 < T_{\max}/T^* < 7$ или $0.4 < t_c^\pm/t_c^* < 1.5$, при котором можно фиксировать достаточно надежные (качественные) результаты измерений. В случае необходимости получения более достоверных экспериментальных данных за пределами указанных диапазонов целесообразно проведение дополнительных измерений при новом выборе параметров режима 2РИ (в частности, путем изменения длительности всего цикла измерений с соблюдением равенства величин используемых временных соотношений). Здесь, также следует особо подчеркнуть, что при $T_{\max} \gg T^*$ (в выраженных аномальных областях, к тому же в присутствии интенсивного противоположно направленного индукционного вторичного поля на ранних временах (до 20-50 мс) после второго импульса) быстрая смена знака поляризованного вторичного поля на спаде может надежно не фиксироваться (Матевосян и Бабаян, 2019). В этом случае величину $T_{\max}$ можно оценить по времени проявления $t_c^{\max}$ (рис.2) – время на спаде после второго импульса тока при 2РИ, когда наблюдается (регистрируется или вычисляется) максимальная величина вторичного поляризованного поля. Очевидно, что на спаде время $t_c^\pm$ точнее определяется (четче фиксируется),

чем $t_c^{\max}$. Здесь, можно использовать теоретические зависимости $T_{\max}/T^*$ от величины $t_c^{\max}/t_c^*$, которые аналогичным образом несложно получить для требуемых конфигураций и параметров режима 2РИ. Однако, во всех случаях, для количественных оценок всегда предпочтительнее такой подбор параметров режима 2РИ, когда $T_{\max}$ не превышает T^* в 5-7 раз.

В процессе экспериментальных исследований методом ВП в режиме 2РИ также установлены следующие закономерности проявления нелинейности:

- наблюдается различие эмпирических переходных характеристик, полученных путем непосредственного измерения при пропускании постоянного тока (*при зарядке*) и построенных по результатам измерений вторичного поля на спаде (*после прямоугольного импульса разной длительности*) (Комаров, 1980). Это несоответствие отчетливо проявлялось не только при вычислении различных амплитудно-временных характеристик для режима 2РИ с использованием эмпирических данных условно принятого единичного (*в нашем случае, обычно длительностью 10с*) импульса (*согласно принципу суперпозиции электрического поля*) с последующим сопоставлением с результатами непосредственных измерений (*при соблюдении неизменными всех остальных экспериментальных условий*), но и при сравнении с эмпирическими данными при возбуждении среды одиночным прямоугольным импульсом со значительно большей кратной продолжительностью (*до 10 и более раз*).
- кажущийся временной параметр $T_{\max}$ зависит и от величины и от направления вектора плотности тока вблизи хорошо поляризующегося рудного объекта: в области проявления НВП с увеличением силы тока в питающей линии установки измерений в большинстве случаев наблюдалось смещение $T_{\max}$ по временной оси ПХ в сторону малых значений с высоковероятным изменением форм и величин различных амплитудно-временных характеристик вторичного поляризационного поля.

Таким образом, можно заключить, что с применением вкратце описанной методологии опытно-методического исследований, удалось усовершенствовать способ геоэлектроразведки методом вызванной поляризации с использованием дифференциального временного режима 2РИ, существенно повысить точность и производительность измерений, значительно упростить проведение большого объема разнообразных опытов, выполнить их рациональную систематизацию и интерпретацию, что в целом положительно сказалось на эффективности лабораторных работ.

В процессе экспериментальных исследований выявлен новый временной показатель (*присущий дифференциальному временному режиму 2РИ и зависящий от его предварительно выбранной конфигурации и параметров*), позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов и надежно идентифицировать в

изучаемой геоэлектрической среде присутствие электропроводящих веществ\минералов, образующих прожилково-вкрапленные и массивные рудные объекты. Это позволяет при достаточно простом оперативном способе измерений (*расшифровке рудных аномалий с применением временного режима ДРИ даже без паузы между импульсами*) (Матевосян, 2017¹, 2017²; Матевосян и Бабаян, 2019) легко приспособить доступную, серийно выпускаемую электроразведочную измерительную аппаратуру (*в частности, и даже сегодня широко используемый знаменитый советский автокомпенсатор АЭ-72*) или обычный современный цифровой мультиметр (*с погрешностью измерений порядка 0.1мВ и дискретностью замеров 2-3 в секунду*) в комплексе с практически любым (*подходящим по мощности*) стабилизированным источником постоянного тока ручным управлением полярностью и длительностью импульсов (*при возбуждении импульсов с точностью порядка 0.5с – погрешность реализации режима ДРИ не превышает 1%, что вполне применимо для такого рода сложных электроразведочных измерений*).

Проведенные исследования вносят определенный вклад в методику бесконтактных геоэлектрорхимических изысканий (Инструкция, 1984; Комаров, 1980, 1994; Рысс, 1983; Электроразведка, 1989; Путиков, 2008) при оценочном определении вещественного состава электропроводящих хорошо поляризующихся объектов, что представляется особенно важным при экспресс-диагностике рудных геологических тел. Следует также отметить, что данный способ имеет определенную геоэкологическую составляющую: минимизация применения мощного искусственного электромагнитного воздействия на окружающую среду при решении электроразведочных задач.

Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОНКС Армении в рамках научного проекта №15Т-1Е418. Авторы выражают глубокую благодарность Гегаму Бабаяну и Геворку Касарджяну (*“Nairi-Tech”*) за неоценимую помощь при модернизации аппаратно-программного комплекса *«VectorGeo»*, а также Нарине Гюрджян, принявшей участие в лабораторных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- Инструкция по электроразведке. 1984. Л., Недра, 352 с.
Комаров В.А. 1980. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 391 с.
Комаров В.А. 1994. Геоэлектрорхимия. Изд. СПб ун-та, 136 с.
Матевосян А.К. 1985. Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство СССР №1179243, Б.И. №34.
Матевосян А.К. 2003¹. Крестовая лабораторная установка и методика исследования удельного электрического сопротивления и поляризуемости образцов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №3, с.63-65.
Матевосян А.К. 2003². Разработка теоретических основ методики векторной съемки. Автореф. доктор. дисс.. Ереван, ИГН НАН РА.
Матевосян А.К. 2017¹. Основные направления оптимизации площадных детальных исследований методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №1, с.10-23.

- Матевосян А.К.** 2017². Оперативный способ расшифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №2, с.34-49.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2018. Многофункциональная измерительная электроразведочная аппаратура «*VectorGeo*». Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 71, №1, с.42-49.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2019. Выбор оптимальных параметров временного режима измерений второй производной переходной характеристики вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 72, №3, с.60-71.
- Путиков О.Ф.** 2008. Основы теории нелинейных геоэлектрoхимических методов поисков и разведки. СПбГГИ, 534с.
- Рысс Ю.С.** 1983. Геоэлектрoхимические методы разведки. Л., Недра, 255с.
- Шаповалов О.М., Черныш В.Ю., Кузьмичев В.В.** 1976. Метод производной ВП и его практическое применение. – "Методы разведочной геофизики", Л., НПО "Геофизика", вып. 26, с.86-95.
- Электроразведка.** 1989. Справочник геофизика. М., Недра, в двух книгах – 438 с. 378 с.

**ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇ
ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ԶԱՓՄԱՆ ՌԵԺԻՄՈՎ ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ
ՈՉԳԾԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԺԱՄԱՆԱԿ**

Ա.Կ. Մաթևոսյան, Գ.Ա. Բաբայան

Ամփոփում

Հոդվածում դիտարկվում է կատարելագործված եղանակ՝ հարուցված բևեռացման մեթոդով ուսումնասիրությունների դիֆերենցիալ ժամանակային ռեժիմով չափման միջոցով, որը թույլ է տալիս լրացուցիչ պատկերացում կազմել ոչգծային բևեռացման պրոցեսների բնույթի մասին: Տեսական և փորձարարական աշխատանքների արդյունքում առաջարկվում է նոր ժամանակային ցուցանիշ, որը թույլ է տալիս ուսումնասիրվող երկրաէլեկտրական միջավայրում վստահաբար տարբերակել հանքային օբյեկտներ կազմող էլեկտրոնահաղորդիչ նյութերի/միներալների առկայությունը: Իրականացված ուսումնասիրությունները որոշակի ներդրում ունեն էլեկտրոնահաղորդիչ լավ բևեռացվող օբյեկտների նյութական կազմի գնահատման ժամանակ ոչկոնտակտային երկրաէլեկտրաքիմիական հետազոտությունների մեթոդաբանության մեջ, ինչը հատկապես կարևոր է հանքային երկրաբանական մարմինների էքսպրես-դիագնոստիկայի համար:

EFFECTIVE TIME INDICATOR IN STUDY OF NONLINEAR PROCESSES OF INDUCED POLARIZATION BY DIFFERENTIAL TIME-MODE MEASUREMENTS

A.K. Matevosyan, G.A. Babayan

Abstract

The article discusses an improved method of research by inducing polarization using a differential time-mode measurements, which makes it possible to additionally gain an idea of the nature of nonlinear polarization processes. As a result of theoretical and experimental works, a new time indicator was proposed that reliably identifies the presence of electrically conductive substances / minerals that form vein-disseminated and massive ore objects in the geo-electric medium under study. The studies carried out make a certain contribution to the methodology of non-contact geo-electrochemical surveys when assessing the material composition of electrically conductive well-polarized objects, which is especially important in operational express diagnostics of ore geological bodies.

ԲՆԱԳՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԸ

1. Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի “Գիտություններ Երկրի մասին” տեղեկագրում հրատարակվում են Հայաստանում և արտասահմանյան երկրներում **երկրաբանության, երկրաֆիզիկայի, սելամոլոգիայի, լեռնային գործի, էկոգեոքիմիայի, ֆիզիկական աշխարհագրության** և Երկրի մասին գիտությունների այլ ասպարեզներում տարվող տեսական, փորձարարական և կիրառական հետազոտությունների արդյունքները:

Հոդվածները ներկայացվում են հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն լեզվով, տպագրության համար պատրաստ վիճակում, հրատարակման թույլտվության և ուղեկցող նամակի հետ միասին: Տեղեկագրում բոլոր հրատարակումները առանց հոնորարի են:

2. Հոդվածի ծավալը, ներառյալ պատկերները, որոնց թիվը չպետք է անցնի 3-ից, ներառյալ “ա”, “բ” և այլն, աղյուսակները, ամփոփագիրը, օգտագործված գրականության ցանկը, պետք է կազմի մոտ 12 էջ: Տեքստը անհրաժեշտ է պատրաստել Microsoft Word-ով GHEA GRAPALAT տառատեսակի օգտագործմամբ, 12 չափով և 1.5 ինտերվալով, առանց տողադարձերի: Դաշտերը պետք է լինեն. Ձախից՝ 3սմ, վերևից և ներքևից՝ 2.5 սմ և աջից՝ 1 սմ: Հոդվածը ներկայացվում է 2 օրինակով, յուրաքանչյուրը հեղինակի (հեղինակների) ստորագրությամբ և էլեկտրոնային տարբերակով, CD սկավառակի վրա:

Պատկերները, լուսանկարները և աղյուսակները, համարակալման և բացատրագրերի հետ միասին, պետք է լինեն սև-սպիտակ, A4 ֆորմատից ոչ մեծ և պարզ ընթերցելի: Պատկերների համակարգչային տարբերակները պետք է լինեն *.bmp, *.tif կամ *.pcx ֆորմատներով, 200-600 dpi ընդարձակմամբ (կետ/դյույմ):

3. Հեղինակները պետք է հետևեն ամսագրերում հոդվածների տպագրման ընդունված կարգին. հոդվածի վերնագիրը, հեղինակի (հեղինակների) անվան- հայրանվան սկզբնատառերը և ազգանունը (ազգանունները), կազմակերպությունը և հասցեն, ներառյալ E-mail-ը (եթե համահեղինակները տարբեր կազմակերպություններին են, բերվում են բոլորի հասցեները՝ կապակցված աստղանիշով), հոդվածի անոտացիան (8-10 տող), հիմնաբառերը (7-9 բառ): Ապա հետևում են հոդվածի հիմնական տեքստը, **պարտադիր նշելով՝ հոդվածի տպագրման նպատակը և գիտական նորությունը**, ամփոփագիրը ռուսերեն (հայերեն) լեզվով և անոտացիան անգլերեն լեզվով:

4. Օգտագործված գրականությունը բերվում է ընդհանուր ցուցակով՝ **առանձին էջի վրա**: Հեղինակների ազգանունները գրվում են այբբենական կարգով (առաջինը՝ հոդվածի լեզվով, ապա հայերեն կամ ռուսերեն, վերջում՝ արևմտաեվրոպական լեզուներով): Տեքստում մեջբերվող հղումը բերվում է կլոր փակագծերում, հեղինակի միայն ազգանվան նշմամբ, բնօրինակի լեզվով, եթե հեղինակները երկուսից ավելի են, նշվում է առաջին համահեղինակի ազգանունը և այլն, ապա՝ հրապարակման տարին:

5. Մեջբերվող գրականության ցանկը ձևավորվում է հետևյալ կերպ. ա) գրքերի համար նշվում են հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը և անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, գրքի լրիվ անվանումը, որտեղ է հրատարակվել, հրատարակչությունը, էջերի քանակը; բ) ամսագրային հոդվածների համար՝ հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը և անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, հոդվածի լրիվ անվանումը, ամսագրի անվանումը՝ համաձայն ընդունված հապավումների, հատորը, ամսագրի կամ թողարկման համարը, էջերը; գ) գրքերում (հավաքածուներում) զետեղված հոդվածների համար՝ հեղինակի (հեղինակների) ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, հրատարակման տարեթիվը, գրքում հոդվածի լրիվ անվանումը (..... գրքում), գրքի անվանումը, որտեղ է հրատարակվել, հրատարակչությունը, էջերը; դ) սեղմագրերի համար՝ հեղինակի ազգանունը, անվան-հայրանվան սկզբնատառերը, ատենախոսության անվանումը՝ համաձայն ընդունված հապավման (օրինակ՝ երկրաբ.-հանր.գիտ.թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր), քաղաքը, կազմակերպությունը, որտեղ կայացել է պաշտպանությունը, տարեթիվը, էջերի քանակը:

6. Թվարկված պահանջների չբավարարող հոդվածները չեն ընդունվում:

7. Սրբագրումից հետո լրացումներ չեն արվում:

8. Խմբագրության կողմից հոդվածի մերժման դեպքում հեղինակին վերադարձվում է բնագրի 1 օրինակը և խմբագրությունն իրեն է վերապահում հոդվածի մերժման պատճառների մասին բանավեճ չվարելու իրավունքը:

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

1. В журнале сер. “Науки о Земле” Известий Национальной Академии наук Республики Армения публикуются результаты теоретических, экспериментальных и прикладных исследований, проводимых в Армении и зарубежных государствах в области **геологии, геофизики, сейсмологии, горного дела, экогеохимии, физической географии** и в других направлениях наук о Земле. Статьи представляются на армянском, русском или английском языке в окончательно подготовленном виде вместе с сопроводительным письмом и разрешением на опубликование. Все публикации в журнале безгонорарные.

2. Объем статьи, вместе с иллюстрациями, число которых не должно превышать 3, включая “а”, “б” и т.д., таблицами, резюме, библиографией должен составлять около 12 страниц. Текст должен быть подготовлен в редакторе Microsoft Word с использованием шрифтов TIMES NEW ROMAN размером 12 и распечатан в интервале 1.5, без переносов с полями (слева – 3.0 см, сверху, снизу – 2.5 см, а справа – 1.0 см). Статья представляется в 2-х экземплярах распечатки, подписанных авторами, а также в электронной версии на диске CD.

Рисунки, фотографии и таблицы вместе с нумерацией и подписью должны быть черно-белыми, форматом А4 и четко выполнены. Компьютерный вариант рисунков должен быть в формате *.bmp, *.tif или *.psx с разрешением 200-600 dpi (точек на дюйм). Подписанные подписи прилагают на отдельной странице и оформляются согласно требованиям.

3. Авторам следует придерживаться общепринятой в журнале схемы статьи: название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), организация и адрес, включая E-mail (если соавторы из разных организаций, то приводятся адреса всех, привязанные сносками через звездочку); аннотация статьи (8-10 строк), после аннотации ключевые слова (7-9 слов), основная часть текста, **с обязательным указанием цели и научной новизны статьи**, резюме на русском (армянском) языке и аннотация на английском языке.

4. Литература приводится общим списком **на отдельной странице**. Фамилии авторов располагаются по алфавиту (вначале на языке статьи, затем армянские или русские, в конце западноевропейские). В тексте ссылка на литературу приводится в круглых скобках с указанием фамилии автора без инициалов, в оригинальной транскрипции, а если авторов более двух, то указывается фамилия первого соавтора и др., затем год издания.

5. Список цитируемой литературы оформляется следующим образом: а) для книг указывают фамилию автора (авторов) и инициалы, год издания, полное название книги, место издания, издательство, количество страниц; б) для журнальных статей – фамилия и инициалы автора (авторов), год издания, полное название статьи, название журнала согласно принятому сокращению, номер тома, номер журнала или выпуска, страницы; в) для статей в книгах (сборниках) – фамилия и инициалы автора (авторов), год издания, полное название статьи в книге (пишется В кн.: "..."), название книги, место издания, издательство, страницы; д) для авторефератов – фамилия и инициалы автора, название со ссылкой согласно принятому сокращению (Автореф.дисс. на соиск.уч.ст.канд. или доктора наук), город, организация, где состоялась защита, год, количество страниц.

6. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, не принимаются.

7. Дополнения в корректуру не вносятся.

8. В случае, если статья отклонена редакцией, автору возвращается один экземпляр рукописи, и редакция оставляет за собой право не вести дискуссию по мотивам ее отклонения.

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES

1. Earth Sciences Series journal of the Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia publishes results or theoretical, experimental and applied research conducted in Armenia and abroad in the field of **geology, geophysics, seismology, engineering seismology, mining, eco-geochemistry, physical geography, etc.** **Articles are submitted** in Armenian, Russian, or English as finally ready manuscripts enclosed with a cover letter and letter or authorization for publishing. All publications in the journal do not provide for any royalties.

2. Article volume, including maximum 3 illustrations with a, b, etc., tables, abstract, and list of references, shall total to about 12 pages. Texts shall be prepared in Microsoft Word editor with 12-point TIMES NEW ROMAN and printed 1.5-spaced without hyphenation. Text margins shall be set 3.0 from the left, by 2.5 cm from the bottom and top, and 1.0 cm from the right. Article manuscript shall be submitted in two printed copies signed by the authors, and as an electronic copy on CD disk.

Figures, photos and tables, numbered and with captions, shall be black-and-white in A4 format and of good quality. Electronic version of figures shall be in *.bmp, *.tif or *.pcx format with resolution of 200-600 dpi (dots per inch). Figure captions are attached on a separate page and formatted according to the requirements.

3. Authors shall adhere to the following template common for all articles in the journal: article title, initials and surname of author(-s), affiliation and address, including e-mail (if authors have different affiliations, asterisked addresses for all must be placed in the footnote), abstract (about 8-10 lines), key words (7-9 words), body text with **mandatory indication of the purpose and scientific novelty** of the article, summary in Russian (Armenian) and abstract in English.

4. References should be listed on a **separate sheet**. The authors' surnames should be given alphabetically in the origin language of the article and followed by the Armenian or Russian, and then by the West-European). All citations in the text should have references in parentheses and include author's surname without initials, in original transcription and the year of publication. In case of two and more authors, the first author's surname followed by *et al* and the year of publication should be provided.

5. List of References is formatted as follows: a) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete title, place of publication, publisher and number of pages are given for books; b) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete article title, journal title in standard abbreviation, volume number and issue number, followed with number of pages, are given for journal articles; c) author(s)' surname(s) and initials, year of publication, complete article title followed by "In: " ... book title...", place of publication, publisher and number of pages are given for articles in books (article volumes); d) author's surname and initials, title and standard abbreviation for thesis abstracts (thesis abstract for the degree of Candidate, or Doctor of Geology and Mineralogy), year, city, thesis defense institution, and number of pages.

6. Articles not meeting the listed requirements are not accepted.

7. No additions are introduced into proofs.

8. If an article is rejected by editors, one copy of manuscript is returned to the author and editors reserve the right not to enter into discussion on the reasons for such rejection.

Подписано к печати 24.12.2021 г. печ. л. 5. Заказ N 1142.

Бумага офсетная 1. Тираж 150 экз. Цена договорная.

Издательство "Титутюн" НАН РА. 0019, Ереван, пр.Маршала Баграмяна, 24г.