

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



2 / 2021



2/2021

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.ԺՐԲԱՇՅԱՆ, 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.Ա.ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ, Լ.Հ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ր.Տ.ԺՐԲԱՇՅԱՆ,  
Զ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ե.Կ.ԽԱՉԻՅԱՆ, Խ.Բ.ՄԵԼԻԿՍԵՏՅԱՆ, Ր.Ս.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

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### ՀՆԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

|                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Կրոնիեր Վ., Սերոբյան Վ., Գրիգորյան Ա., Վիտտ Ս., Դանելյան Տ.</b><br>Հայաստանի դեվոնյան տրիլոբիտների նախնական գնահատում .....                                                                                                                        | 3  |
| <b>ՀԻԴՐՈԼՈԳԻԱ</b>                                                                                                                                                                                                                                     |    |
| <b>Միսակյան Ա.Է., Առաքելյան Ա.Ա., Ազիզյան Հ.Հ., Միսակյան Է.Է.</b> Աղստեղ<br>գետի ջրի առավելագույն ելքերի կանխատեսումը .....                                                                                                                           | 16 |
| <b>ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ</b>                                                                                                                                                                                                                                    |    |
| <b>Գրիգորյան Վ. Գ.</b> Ուժեղ երկրաշարժերի հակազդման միջին սպեկտրների<br>գնահատումը էմպիրիկ տվյալների հիման վրա .....                                                                                                                                  | 25 |
| <b>Կարապետյան Ջ.Վ., Գյոդակյան Է.Գ., Հովհաննիսյան Ս.Ս., Սահակյան Բ.Վ.,<br/>Մկրտչյան Գ.Ա., Վինագրադով Յու.Ա., Գաբսատարովա Ի.Պ.,<br/>Մարգարյան Ս.Ս., Մարգարյան Հ.Վ., Մկրտչյան Մ.Ա., Կարապետյան Ռ.Վ.</b><br>Շորժինսկի 05 փետրվարի 2021թ. երկրաշարժը ..... | 33 |

### ԳԻՏԱԿԱՆ ԽՐՈՆԻԿԱ

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Գիտական խրոնիկա ..... | 51 |
|-----------------------|----|

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

|                                                                                                                               |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Крониер К., Серобян В., Григорян А., Витт С., Даниелян Т.</b> Предварительная<br>оценка девонских трилобитов Армении ..... | 3 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

### ГИДРОЛОГИЯ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Мисакян А.Э., Аракелян А.А., Азизян А.О., Мисакян Э.Э.</b> Прогноз макси-<br>мальных расходов воды реки Агстев ..... | 16 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### ГЕОФИЗИКА

|                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Григорян Г. В.</b> Оценка средних спектров реакции сильных землетрясений на<br>основе эмпирических данных .....                                                                                                                       | 25 |
| <b>Карапетян Дж.К., Геодакян Э.Г., Оганесян С.М., Саакян Б.В., Мкртчян<br/>Г.А., Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П., Маргарян С.С., Саргсян Г.В.,<br/>Мкртчян М.А., Карапетян Р.К.</b> Шоржинское землетрясение 05 февраля<br>2021г. .... | 33 |

### НАУЧНАЯ ХРОНИКА

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Научная хроника ..... | 51 |
|-----------------------|----|

## TABLE OF CONTENT

### PALEONTOLOGY

|                                                                                                                                       |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Crônier C., Serobyan V., Grigoryan A., Witt C. and Danelian T.</b> A preliminary account on devonian trilobites from Armenia ..... | 3 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

### HYDROLOGY

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Misakyan A.E., Arakelyan A.A., Azizyan H.H., Misakyan E.E.</b> Forecast of maximum water discharges of the Agstev river ..... | 16 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### GEOPHYSICS

|                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Grigoryan V.G.</b> Estimation of the average response on spectra of strong earthquakes based on empirical data .....                                                                                                                  | 25 |
| <b>Karapetyan J.K., Geodakyan E.G., Hovhannisyan S.M., Sahakyan B.V., Mkrtchyan G.A., Vinogradov Y.A., Gabsatarova I.P., Margaryan S.S., Sargsyan H.V., Mkrtchyan M.A., Karapetyan R.K.</b> Shorzha earthquake of february 05. 2021..... | 33 |

### SCIENTIFIC CHRONOLOGY

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Scientific chronology ..... | 51 |
|-----------------------------|----|

**A PRELIMINARY ACCOUNT ON DEVONIAN TRILOBITES  
FROM ARMENIA**

**Crônier C.<sup>1</sup>, Serobyanyan V.<sup>1,2</sup>, Grigoryan A.<sup>2</sup>, Witt C.<sup>3</sup> and Danelian T.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univ. Lille, CNRS, UMR 8198- Evo-Eco-Paleo, F-59000 Lille, France  
<catherine.cronier@univ-lille.fr><vahram.serobyanyan@univ-lille.fr>  
<cesar.witt@univ-lille.fr><taniel.danelian@univ-lille.fr>

<sup>2</sup>Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia-  
Yerevan, Armenia, 24A, Marshal Baghramyan Avenue, Yerevan 0019, Republic of Armenia  
<vahramserobyanyan@gmail.com><aragrigoryan@yandex.ru>

<sup>3</sup>Univ. Lille, CNRS, ULCO, UMR 8187- LOG, F-59000 Lille, France <cesar.witt@univ-lille.fr>  
Received by the editor 09.06.2021

**Abstract**

We here report and illustrate Middle and Late Devonian trilobites found in the sedimentary sequences of southwestern Armenia, represented by an unidentified proetid pygidium and a few phacopids, including the species *Omegops* cf. *accipitrinus* (Phillips, 1841). The Late Devonian stratigraphic and paleobiogeographic distribution of *Omegops accipitrinus* and related species is reviewed. The paleoecological preference of *Omegops* for shallow marine shelves is compatible with the previously established paleoenvironmental significance of the thick Upper Devonian sequences of the South Armenian Block.

**Keywords:** Trilobita; Phacopida; Middle and Late Devonian; South Armenian Block; Armenia.

**Introduction**

Trilobites were relatively abundant and diverse in marine Devonian habitats, a time of dynamic long-term climate change (Becker et al., 2016) that triggered significant biodiversity changes and major biotic crises (Sepkoski, 1996; Bond and Grasby, 2017). In particular, the Late Devonian period is important for the development of trilobites because the main groups of reduced sight or blind taxa arose at that time, especially in deeper offshore environments in which cephalopod-rich limestones were accumulated. This important development was followed by a severe drop in diversity that resulted to one of the highest extinction rates in the Late Palaeozoic (Lerosey-Aubril and Feist, 2012; Crônier et al., 2013; Crônier and François, 2014; Bault et al., 2021). Nevertheless, in sedimentary sequences that accumulated in shallow-water near-shore environments, the trilobite record is existent but remains scarce due to relatively few studies dealing with them. The present paper contributes to the systematic study of few Devonian trilobites found in shallow-water sequences from southwestern Armenia (Fig. 1), represented by an unidentified proetid pygidium and a few phacopids.

## Geological setting

In southwestern Armenia crop out Devonian sedimentary sequences, which are renowned for their fossil richness. The famous German geologist Hermann Abich, considered as the « father of Caucasian geology », was the first to describe in 1858 some of these Devonian outcrops. They are essentially composed of marly and sandy biogenic limestones, rich in brachiopods, and contain some shaly and sandy intercalations. These outcrops continue in Nakhichevan and are part of a small microcontinent, the South-Armenian Block (SAB), which was part till the Permian of a huge platform of the northern Gondwana margin, extending from the Anatolide-Tauride to the Iranian plates; the SAB was detached and individualized during the Triassic and Jurassic (Sossou et al., 2010). Thus, during the Late Devonian it was part of a huge platform that was positioned at the southern hemisphere tropical carbonate development zone (Brock and Yazdi, 2000).

The Devonian sequences of Armenia and Nakhichevan were studied systematically after the World War II, as part of extensive mapping projects of the ex-USSR republics. The Devonian sequences in Armenia were described and stratigraphically individualized based on their brachiopod content thanks to the groundbreaking studies of Abrahamyan (1957, 1964) and Arakelyan (1964). Grechishnikova et al. (1982) and Rzhonsnitskaya and Mamedov (2000) applied Abrahamyan's zonal scheme in Nakhichevan, by improving and complementing it for some intervals. A subsequent step forward was achieved by the integration of this brachiopod zonation with the conodont study carried out by Aristov (1994) in Nakhichevan.

## Trilobite content

The study of Devonian outcrops in the Lesser Caucasus (Armenia and Nakhichevan) began with the works of Abich (1858) and Bonnet (1947). A more comprehensive Devonian stratigraphic scheme (see Grechishnikova et al., 1983) was developed based on a number of local biostratigraphic schemes established from brachiopod studies (Rzhonsnitskaya, 1948; Mamedov, 1961, 1962, 1974, 1979; Arakelyan, 1964; Abrahamyan, 1974). In the Lesser Caucasus, several trilobite families have been reported by Levitskiy (1983, 1986) from the upper Emsian to the Givetian: Proetidae (*Proetus*, *Cornuproetus*), Dechenellidae (*Dechenella*), Aulacopleuridae (*Otarion*), Phacopidae (*Phacops*), Calmoniidae (*Alcaldops*, *Heliopyge*, *Neocalmonia*), Odontopleuridae (*Radiaspis*), and Scutelluidae (*Scutellum*, *Paralejurus*). *Phacops*, *Scutellum*, and *Proetus* are the most diverse and abundant genera. Several Eifelian trilobites were assigned by Levitskiy (1983) especially to *Phacops* (*Geesops*) *deresiensis* Levitskiy, 1983 (upper Eifelian), *Phacops* (*Geesops*) *crassus* Levitskiy, 1983 (upper Eifelian), *Phacops* (*Geesops*) *caucasius* Levitskiy, 1983 (upper Eifelian), *Phacops* (*Geesops*) *arakaticus* Levitskiy, 1983 (Upper Eifelian) among phacopids; and, *Proetus* (*Proetus*) *prox* Richter and Richter, 1956 (upper Eifelian) and *Proetus* (*Proetus*) *caucasius*

Levitskiy, 1983 among proetids; and subsequently by Levitskiy (1986) to *Geesops dagnaensis* (Levitskiy, 1986) (upper Emsian-lower Eifelian), *Alcaldops dagnaensis* Levitskiy, 1986 (middle Eifelian), *Neocalmo niarina* Levitskiy, 1986 (upper Eifelian), and *Otarion armeniacus* Levitskiy, 1986 (upper Eifelian). With an updated taxonomy, some phacopids were reassigned (see Lemke, 2018): *Geesops araraticus* (Levitskiy, 1983), *Geesops caucasicus* (Levitskiy, 1983).

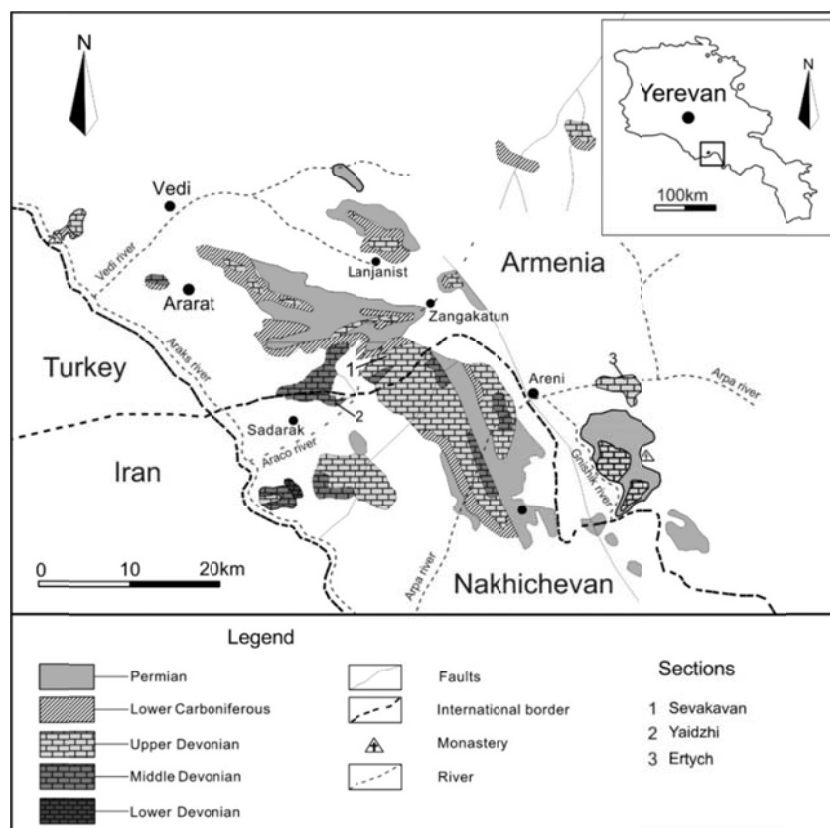


Fig.1. Simplified geological map of the south-western part of Armenia and the north-eastern part of the Nakhichevan area showing the Sevakavan, Ertych, and Yaidzhi sections.

Previously, in the published fauna reported from Armenia, some Middle and Upper Devonian trilobites have been cited but without illustrations by Arakelyan et al. (1975) with *Asteropyge aff. punctata* Sten. and *Scutellum armenicum* Max. (determ. from Maximova) from Givetian (p. 22), *Scutellum ex. gr. cristatum* Pusch (determ. from Maximova) from the Frasnian (p. 23), *Phacops accipitrinus* (Phill.) and *Phacops bergicus* (Drev.) (determ. from Z.A. Maximova) from the lower Tournaisian (p. 27). There is no record of trilobites in the Famennian. Nevertheless, the fossil record from the lower Tournaisian is misidentified and should be assigned to the uppermost Famennian.

By comparison with other areas from the northern peri-gondwanian margin, such as Morocco (Crônier and Feist, 1997; Crônier and Clarkson, 2001; Crônier



et al., 2013; Bault et al., 2021), the trilobite remains from Armenia are rare. They seem to be more numerous in closely related areas, such as Iran, where *Trimercephalus shotoriensis*, *Omegops cf. cornelius*, *Omegops tilabadensis*, *Phacops granulatus*, and *Rabienops aff. wedekindi* have been reported.

### Systematic palaeontology (by C. Crônier)

The illustrated specimens were coated with ammonium chloride before being photographed with the use of a digital camera Nikon and, they are deposited at the Geological Museum of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Armenia, Yerevan (IGSNASRAGM/PS), unless otherwise stated. The prefix PS indicates the Laboratory of Paleontology and Stratigraphy. The morphological terminology follows Chlupáč (1977) and Crônier et al. (2011).

Order PHACOPIDA Salter, 1864  
Superfamily PHACOPOIDEA Hawle and Corda, 1847  
Family PHACOPIDAE Hawle and Corda, 1847  
Subfamily PHACOPINAE Hawle and Corda, 1847  
Genus *Omegops* Struve, 1976

*Type species.* *Calymene accipitrina* Phillips, 1841, Upper Devonian Pilton Beds, England.

Remarks. The main characters of *Omegops* were presented by Struve (1976), i.e., a reduced intercalating ring as a narrow flat band, 15-16 dorso-ventral files with a maximum of 7 lenses, a distinct postocular pad, a marginulate lateral border, and coarse tubercles on glabella.

*Omegops cf. accipitrinus* (Phillips, 1841)

Fig. 2a-d, k

See Richter and Richter (1933) for previous synonymies

1933 *Phacops (Phacops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Richter and Richter, p. 5-12, pl. 1, figs. 1-4, 7 [non Fig. 5-6 = *Phacops (Omegops) accipitrinus belgicus* Drevermann 1902; non Fig. 8 = *Phacops (Omegops) accipitrinus insolatus* Struve, 1976].

cf. 1937 *Phacops (Phacops) cf. accipitrinus* (Phillips, 1841): Weber, p. 114, pl. 1, figs. 1-5.

1939 *Phacops (Phacops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Richter and Richter, p. 20, pl. 2, fig. 4.

non 1943 *Phacops (Phacops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Richter and Richter, p. 130-131, pl. 1, fig. 2 [= *Phacops (Omegops) accipitrinus insolatus* Struve, 1976].

1955 *Phacops (Phacops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Goldring, p. 46-47.

1966 *Phacops (Phacops) accipitrinus* (Phillips, 1841): Chlupáč, p. 103-104, pl. 21, figs. 3-5, 12, text-fig. 32.

non 1966 *Phacops (Phacops) accipitrinus* (Phillips, 1841): Chlupáč, p. 103-104, pl. 21, figs. 1-2 [= *Phacops (Omegops) accipitrinus insolatus* Struve, 1976].

1969 *Phacops (Phacops) accipitrinus* (Phillips, 1841): Pillet and Lapparent, p. 329-330, pl. 39, figs. 2-7, 9-18.

1972 *Phacops (Phacops) accipitrinus* (Phillips, 1841): Alberti, p. 4-21, figs. 1-11.

1974 *Phacops accipitrinus* (Phillips, 1841): Levitskiy, p. 54-56, pl. 1, figs. 10-22, text-fig. 3b.

1976 *Phacops (Omegops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Struve, p. 439, pl. 2, fig. 8.

non 1977 *Phacops* (subg.?) *accipitrinus* (Phillips, 1841): Chlupáč, p. 76, pl. XXXII, figs. 8-9 [= *Phacops (Omegops) accipitrinus insolatus* Struve, 1976].

1998 *Phacops (Omegops) accipitrinus accipitrinus* (Phillips, 1841): Farsan, p. 25-26, pl. 2, figs. 1-2.

*Studied material.* The studied material is represented by an isolated cephalon. This material comes from Abrahamyan's collection stored at the IGSNASRAGM/PS, unfortunately without mention of locality. The studied specimen is almost complete, partially exfoliated. Because of the cephalic shape and ornamentation this specimen is assigned to an Upper Famennian Phacopid trilobite, i.e., *Omegops* (Struve, 1976), a common genus for this time interval.

*Diagnosis.* See Richter and Richter, 1933

*Remarks.* A detailed description of the studied taxa was presented by Richter and Richter (1933) and then completed by Struve (1976). *Omegops accipitrinus* is characterized by a smooth postocular area adaxially and covered with few tubercles abaxially, up to five lenses in a dorso-ventral file (with 56–70 lenses recorded), divergent axial glabellar furrows (about 45–60°), and two small granules on the reduced preoccipital ring. According to available data (illustration from Salter, 1864; pl. 1, figs 10, 14 with a reassignment by Richter and Richter, 1933, description from Richter and Richter, 1933), the pygidial morphology of *Omegops accipitrinus* shows that the pygidium has six pleural ribs.

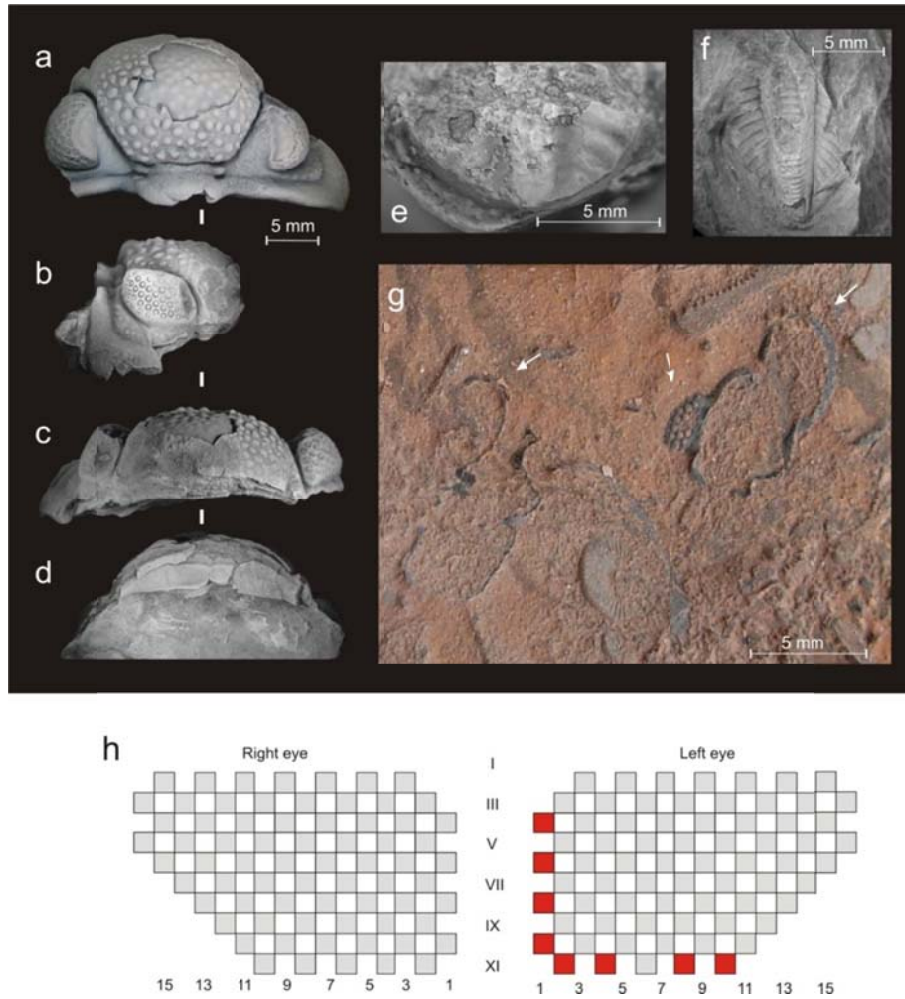


Fig.2. (a-b) *Omegops cf. accipitrinus* (Phillips, 1841), undetermined locality; cephalon in dorsal view (a), in lateral view (b), in frontal view (c) and in ventral view (d). (e) Trilobite, poorly preserved isolated pygidium, Sevakavan section, upper Famennian, J5.2. (f) Trilobite, isolated pygidium assigned to Proetida, within micritic limestones, Ertych section, Frasnian, J6.3, N 39° 44' 04.2' E 45° 15' 15.4''. (g) Trilobites, cephalons in section, near Yaidzhi, along the road, with crinoids and solitary corals, Givetian, J5.4, N 39° 45' 25.1'' E 44° 53' 15.3''. (h) Schematic representation of visual surfaces in *Omegops cf. accipitrinus* (Phillips, 1841), following the method of Thomas (1998). Front of visual surface is left; numbers below drawing denominate individual dorso-ventral files, counting from the front (1-15); roman numerals denote successive horizontal rows; numbers in boxes indicate a surface having that lens present in all visual surfaces.

Our specimen fits rather well with this description in having 16 dorso-ventral files with a maximum of five lenses (with 70 lenses recorded in two visual surfaces), few tubercles on postocular area. Unfortunately, the postero-

lateral border is not well preserved and prevents us to observe small granules and pits.

Ghobadi Pour et al. (2018) described *Omegops tilabadensis* Ghobadi Pour et al. 2018 from the Famennian of Iran (Alborz). *Omegops tilabadensis* differs from *O. accipitrinus* by a more reduced eye with up to 48 large lenses arranged in up to four lenses in the vertical files, a postocular pad with up to eight coarse tubercles and a pygidium with five pleural ribs.

Ghobadi Pour et al. (2018) suggested the existence of two geographically isolated *Omegops* lineages which diverged in pre-Strunian time according to small but constant differences in the pygidial morphology, i.e., between the Middle East and Northwest China (Junggar) with taxa exhibiting four to five pygidial pleural ribs and West Europe and North African with taxa having six and more pygidial pleural ribs. The occurrence of *Omegops* cf. *accipitrinus* in the south Armenian Block does not match with this pattern (Fig. 3). Only a complete specimen exhibiting a pygidium with pleural ribs could resolve such a trend. Farsan (1998) assigned some Afghan specimens to *Omegops accipitrinus*. However, according to Ghobadi Pour et al. (2018), these specimens were not properly described and they reassigned them, with doubt, to *Omegops tilabadensis*.

Crônier and François (2014) commented on a distinct bathymetrical gradient in the distribution of the Famennian phacopid taxa, with *Omegops* restricted to shallow-water deposits influenced by current activity (previously reported by Chlupáč 1977), along both the South Laurussia and North Peri-Gondwana margins. *Omegops* is invariably present in an *Omegops* association established by Crônier and François (2014). This association is encountered in late Famennian shallow water clastic limestones, of probable lower shoreface to upper offshore origin. The *Omegops* dominated association spreads out during a phase of relative sea-level lowstand and is known from the lower shoreface to upper offshore domain. This pattern, established by Crônier and François (2014), is consistent with the fossil record in Armenia, where *Omegops accipitrinus* is a component of a benthic fauna with abundant brachiopods that inhabited a limestone substrate rich in bioclasts within a shallow shelf setting. Almost all documented *Omegops* occurrences, except the North peri-Gondwanan ones, were confined to the tropics and subtropics. All phacopid genera became extinct at the end-Famennian (Hangenberg event). In this regard, the Famennian is noted for its taxonomic turnovers and for its decline in phacopid diversity.

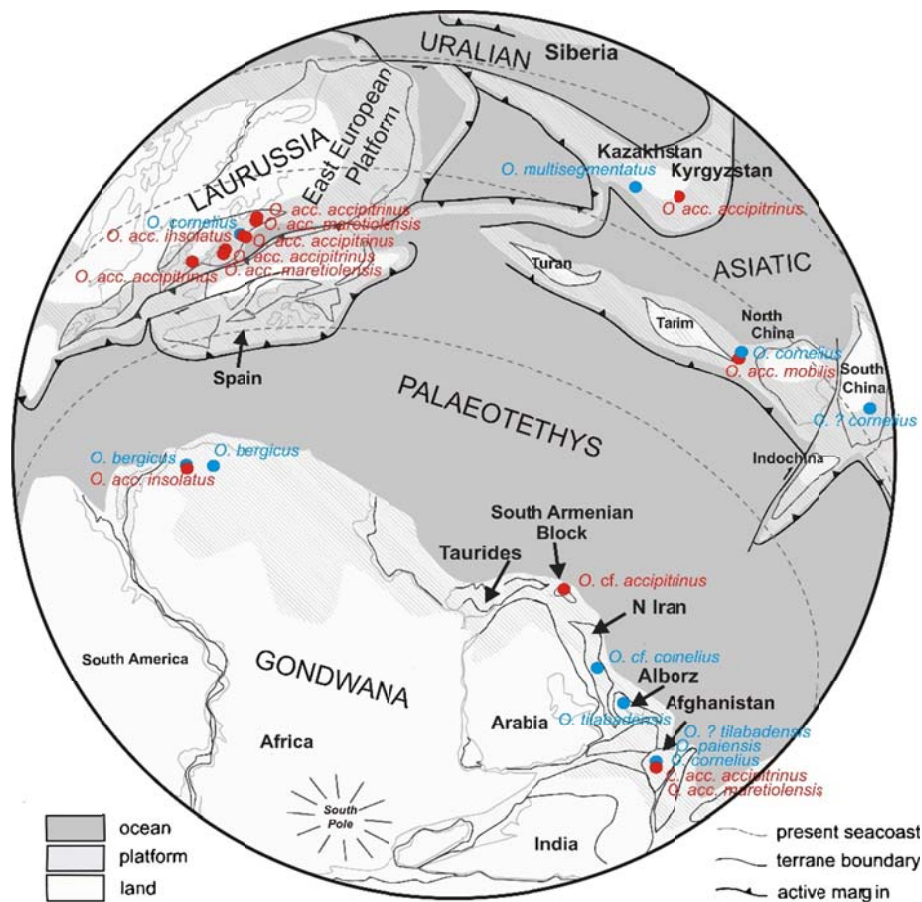


Fig.3. Late Devonian palaeogeographic reconstruction of the Palaeotethys Ocean and its margins showing *Omegops* occurrences. Modified from Grigoryan et al., 2019; based on the maps of Stampfli et al., 2002.

### Undetermined phacopid

#### Fig.2e

**Material.** One poorly preserved pygidium coming from the latest Famennian of Sevakavan section, southwestern Armenia; a section rich in brachiopods (fig.2j).

**Remarks.** The absence of complete and better-preserved specimens prevents an accurate assignment. Pygidium apparently sub-lenticular. Length (excluding articulating half ring)/width ratio about 47% rather wide. Its maximum width in front of the mid length (sag.). Posterior outline apparently rounded. Pygidial axis not well-preserved, long (sag.), narrow, and convex. Axial rings not distinct due to poor preservation. Four preserved pleural ribs. Pleural furrows rather wide shallower posteriorly. Interpleural furrows no distinct. Pygidium apparently lacks any sculpture.



Undetermined phacopid  
Fig.2i

*Material.* Sections of several cephalons displayed naturally in section of a very hard bioclastic limestones of Givetian with crinoids, brachiopods.

*Remarks.* Because of the cephalic outline and visual surface with lenses, these specimens are assigned to Phacopid trilobites.

Order PROETIDA Fortey and Owens, 1975

Proetida, family undetermined  
Fig.2f

*Material.* One poorly preserved pygidium found within a micritic limestone. Unfortunately, no cephalon is available. From the Frasnian interval of the Ertych section, southwestern Armenia.

*Remarks.* The absence of complete and better-preserved specimens prevents an accurate assignment. Pygidium sub-parabolic. Its maximum width in front of the mid length (sag.). Length (excluding articulating half ring)/width ratio about 90% very long. Posterior outline rounded. Pygidial axis long (sag.) up to (90%) of the pygidial length, narrow, and strongly convex. Numerous axial rings defined by narrow furrows. Numerous pleural ribs. Pleural furrows relatively deep and thin. Interpleural furrows not distinct. Pygidium apparently with small tubercles on pleural ribs.

**Conclusion**

The present paper contributes to the systematic study of few poorly preserved Devonian trilobites collected in 2016 from shallow-water sequences cropping out in southwestern Armenia and a rather well-preserved specimen found in the collections of the Geological Museum (IGS, NAS RA, Yerevan). New occurrences come from several different sections rich in brachiopods. According to brachiopods, the age of the newly collected trilobites ranges between the Frasnian and the late Famennian. The relatively well-preserved phacopid trilobite found in the Geological Museum is assigned to *Omegops* cf. *accipitrinus* taking into account its cephalic shape and doublure, thus becoming an additional report for a worldwide distribution (Chlupáč, 1975; Crônier and François, 2014; Feist, 2019), and is compatible with the presence of a shallow water shelf environment during the Late Devonian.

**Acknowledgments**

V. Serobyán is grateful to the French Embassy in Armenia and the MOBILLEX International Mobility Grant Programme of the University of Lille for funding his studies in France. T. Danelian and A. Grigoryan acknowledge the financial support of the Erasmus + International Credit Mobility Programme for funding their staff mobility. C. Crônier and C. Witt acknowledge the

financial support of the Lille Institute on Environmental Sciences (IREPSE) for fieldwork in Armenia. Fieldwork was also facilitated by the logistic support of the Institute of Geological Sciences (Armenian Academy of Sciences).

## References

- Abich H.** 1858. Vergleichende geologische Grundzüge der Kaukasischen, Armenischen und Nordpersischen Gebirge: Prodrum einer Geologie der Kaukasischen Länder: Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Petersbourg, 6<sup>ème</sup> série, Sciences mathématiques et physiques, v. 7, p.359–534.
- Abrahamyan M.S.** 1957. Brakhiopody verkhnefamenskikh i etrenskikh otlozheniy yugozapadnoy Armenii: Yerevan, Izdatelstvo Akademii Nauk Armyanskoy SSR, 142p. [in Russian]
- Abrahamyan M.S., Karbon in Mkrtchian S.S., Vardaniants L.A., Gabrielian A.A., Maghakian I.G. and Paffenholz K.N.** 1964. eds., Geologiya Armyanskoy SSR: Yerevan, Akademiya Nauk Armyanskoy SSR, v. 2, p.96–118. [in Russian]
- Abrahamyan M.S.** 1974. Opisanie fauny, Devonskaya sistema, Tip Brachiopoda, Brakhiopody, in Akopian V.T., ed., Atlas iskopaemoy fauny Armyanskoy SSR: Yerevan, Akademiya Nauk Armyanskoy SSR, Institut Geologicheskikh Nauk, p.48–67. [in Russian]
- Alberti H.** 1972. Ontogenie des Trilobiten *Phacops accipitrinus*: Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, v. 141, p.1–36.
- Arakelyan R.A.** 1964. Devon, in Mkrtchian S.S., Vardaniants L.A., Gabrielian A.A., Maghakian I.G., and Paffenholz K.N., eds., Geologiya Armyanskoy SSR: Yerevan, Akademiya Nauk Armyanskoy SSR, v. 2, p.46–96. [in Russian]
- Arakelyan R.A., Malxasyan E.G., Mkrtchyan C.C., Paffenholz K.N.** 1975. Geologicheskii ocherk Armyanskoy CCP (Geological sketch of the Armenian SSR): Akademiya Nauk Armyanskoy SSR, Institut Geologicheskikh Nauk, Yerevan, 175p. (in Russian).
- Aristov V.A.** 1994. Konodonty devona–nizhnego karbona Evrazii: soobshhestva, zonalnoye raschleneniye, korrelyatsiya raznofatsialnykh otlozheniy: Trudy Geologicheskogo Instituta Rossiyskoy Akademii nauk v. 484, p.1–193. [in Russian]
- Bault V., Crônier C., Allaire N. and Monnet C.** 2021. Trilobite biodiversity trends in the Devonian of North Africa: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 565, p.1–15.
- Becker R.T., Königshof P., and Brett C.E.** 2016. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction: Geological Society, London, Special Publications, v. 423, p.1–10.
- Bonnet P.** 1947. Description géologique de la Transcaucasie méridionale (chaînes de l'Araxe moyen): Mémoires de la Société géologique de France, nouvelle série 25/53, p.1–62.
- Bond D.P.G. and Grasby S.E.** 2017. On the causes of mass extinctions: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 478, p.3–29.
- Brock G.A. and Yazdi M.** 2000. Palaeobiogeographic affinities of Late Devonian brachiopods from Iran: Records of the western Australian Museum, Supplement, p.321–334.
- Chlupáč I.** 1966. The Upper Devonian and Lower Carboniferous Trilobites of the Moravia Karst: Sbornik Geologických Ved, v. P7, p.1–143.
- Chlupáč I.** 1975. The distribution of phacopid trilobites in space and time: Fossils and Strata, 4, p.399–408.
- Chlupáč I.** 1977. The phacopid trilobites of the Silurian and Devonian of Czechoslovakia: Rozprawy Ústřední Hořstavu geologického, v. 43, p.1–172.
- Chlupáč I.** 1977. The phacopid trilobites of the Silurian and Devonian of Czechoslovakia: Vydal Ústřední Ústav Geologický, v. 43, p.1–164.
- Crônier C. and François A.** 2014. Distribution patterns of Upper Devonian phacopid trilobites: paleobiogeographical and paleoenvironmental significance: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 404, p.12–23.
- Crônier C. and Feist R.** 1997. Morphologie et évolution ontogénétique de *Trimeroccephalus lelievrei* nov. sp., premier trilobite phacopidé aveugle du Famennien nord-africain: Geobios, v. 30, p.161–170.

- Crônier C. and Clarkson E.N.K.** 2001. Variation of eye-lens distribution in a new Late Devonian phacopid trilobite: Transactions of the Royal Society of Edinburgh, v. 92, p.103–113.
- Crônier C., Malti F.Z., François A., Benyousse M. and Brice, D.** 2013. First occurrence of a phacopid trilobite faunule from the Upper Devonian of Saoura Valley, Algeria and biodiversity fluctuations: Geological Magazine, v. 150, p.1002–1021.
- Crônier C., Bignon A. and François A.** 2011. Morphological and ontogenetic criteria for defining a trilobite species: the example of Siluro-Devonian Phacopidae: Comptes Rendus Palevol, v. 10, p.143–153.
- Farsan N.M.** 1998. Das Etroeungium (Ober-Devon VI, Strunium) und die letzten Phacopinae (Trilobita) im westlichen Zentral- und West-Afghanistan: Mainzer naturwiss., v. 21, p.17–37.
- Feist R.** 2019. Post-Kellwasser event recovery and diversification of phacopid trilobites in the early Famennian (Late Devonian): Bulletin of Geosciences, v. 94, p.1–22.
- Fortey R.A. and Owens R.M.** 1975. Proetida – a new order of trilobites: Fossils and Strata, n° 4, p. 227–239.
- Ghobadi Pour, M., Popov L.E., Omran M. and Omrani H.** 2018. The latest Devonian (Famennian) phacopid trilobite *Omegops* from eastern Alborz, Iran: Estonian Journal of Earth Sciences, v. 67, p.192–204.
- Michal Ginter, Vachik Hayrapetyan and Araik Grigoryan.** 2011. Chondrichthyan microfossils from the Famennian and Tournaisian of Armenia. Acta Geologica Polonica, Vol. 61, No. 2, p.153–173.
- Goldring R.** 1955. The Upper Devonian and Lower Carboniferous trilobites of the Pilton Beds in North Devon: Senckenbergiana Lethaea, v. 36, p.27–48.
- Grechishnikova I.A., Aristov V.A., Reitlinger E.A. and Chizhova, V.A.** 1982. Biostratografiya pogranichnykh otlozhenii devona i karbona Zakavkaz'ya (opornye razrezy): Severo-Vostochnyy kompleksnyy nauchno-issledovatel'skiy institut Dal'nevostochnogo nauchnogo tsentra Akademii Nauk SSSR, p.1–38. [in Russian]
- Grechishnikova I.A., Levitskiy E.S. and Feliks V.P.** 1983. New data on Devonian biostratigraphy of the Nakhchivanskoy ASSR. Academy of Sciences of the USSR, Siberian Branch, Institute of Geology and Geophysics. Sib. Otd. Akad. Nauk SSSR, v. 562 (Lower Stage of the Middle Devonian in the Territory of the USSR), p.56–68. [in Russian]
- Grigoryan A., Serobyan V., Randon C., Mayilyan R., Avagyan N. and Danelian, T.** 2019. A Famennian (Late Devonian) conodont assemblage from Brachiopod-rich limestones of the Džravank section (Southern Armenia). Proceedings NAS RA, Earth Sciences, v. 72, p.3–12.
- Hawle I. and Corda J.C.** 1847. Prodrome einer Monographie der böhmischen Trilobiten: Abhandlungen der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, v. 5, p.1–176.
- Lemke U.** 2018. Catalogue of the available names and non-available names of the species and subspecies for the Class Trilobita. 520 pp. DOI: 10.13140/RG.2.2.16878.72007
- Levitskiy E.S.** 1974. Razvitie verchnedevonskich predstavitelej roda *Phacops* Emmerich, 1839 (s. l.). Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy, Geologiya i Razvedka, v. 8, p. 24–31. [in Russian]
- Levitskiy E.S.** 1983. Middle Devonian trilobites from Caucasia. In Academy of Sciences of the USSR, Siberian Branch, Institute of Geology and Geophysics: Middle Devonian lower stage in the USSR, Transactions, v. 562. [in Russian]
- Levitskiy E.S.** 1986. On some Devonian trilobites of the Trans-Caucasus: Zapiski Leningradskogo Gornogo Instituta im. G.V. Plekhanova, v. 107, p.61–66. [in Russian]
- Lerosey-Aubril R. and Feist R.** 2012. Quantitative approach of diversity and decline in late Palaeozoic trilobites, in Talent, J. A., ed., Earth and Life: Global Biodiversity, Extinction Intervals and Biogeographic Perturbations through Time, Springer Publishing, p.553–555.
- Mamedov, A.B.** 1961. New Devonian brachiopod species from the Nakhchivan ASSR: Paleontologicheskii Zhurnal, v. 3, p.51–56.
- Mamedov A.B.** 1962. On the question of the age of the Devonian Danzik Formation of the Nakhchivan ASSR. Izvestiya Akademii Nauk Azerbaydzhanskoy SSR, Seriya geologo-geograficheskikh nauk i nefi, v. 1, p.21–24.
- Mamedov A.B.** 1974. First find of a species of the genus *Gruenewaldtia* (Brachiopoda) in the USSR: Paleontologicheskii Zhurnal, v. 1, p.140–143.
- Mamedov A.B.** 1979. Zonal division of the Eifelian Stage of the Middle Devonian of Transcaucasia. Izvestiya Akademii Nauk Azerbaydzhanskoy SSR, Seriya Nauk o Zemle, v. 5, p. 92–98.

- Pillet J. and Lapparent A.F.** 1969. Description de trilobites ordoviciens, siluriens et dévoniens d'Afghanistan: Annales de la Société géologique du Nord, v. 89, p. 323–333.
- Phillips J.** 1841. Figures and descriptions of the Palaeozoic Fossils of Cornwall, Devon, and West Somerset: Longman, London. 231p.
- Richter R. and Richter, E.** 1933. Die letzten Phacopidae: Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, v. 9, p. 1–19.
- Rzhonsnitskaya M.A.** 1948. Devonskiye otlozheniya Zakavkaz'ya: Doklady Akademii Nauk SSSR, v. 59, p. 1477–1480. [in Russian]
- Rzhonsnitskaya M.A. and Mamedov A.B.** 2000. Devonian stage boundaries in the southern Transcaucasus: Courier Forschungsinstitut Senckenberg, v. 225, p. 329–333.
- Salter J.W.** 1864. A monograph of the British trilobites from the Cambrian, Silurian and Devonian formations: Monograph of the Palaeontographical Society, p. 1–80.
- Stampfli G., Von Raumer J.F. and Borel G.D.** 2002. Paleozoic evolution of pre-Variscan terranes: From Gondwana to the Variscan collision, in Martinez-Catalán J.R., Hatcher R.D., Jr., Arenas R. and Diaz Garcia, F., eds., Variscan–Appalachian dynamics: The building of the late Paleozoic basement: Boulder, Colorado, GS of America, Special Paper, v. 364, p. 263–280.
- Struve W.** 1976. Beiträge zur Kenntnis der Phacopina (Trilobita), 9: *Phacops (Omegops)* n. sg. (Trilobita; Ober-Devon): Senckenbergiana lethaea, v. 56, p. 429–451.
- Sepkoski J.J.** 1996. Patterns of Phanerozoic extinction: a perspective from global databases, in Walliser O.H., ed., Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic: Berlin: Springer-Verlag, p. 35–51.
- Sosson M., Rolland Y., Müller 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 E.A., Bergerat F. and Starostenko, V., eds., Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform: London, Geological Society, Special Publication v. 340, p. 329–352.
- Thomas A.T.** 1998. Variation in the eyes of the Silurian trilobites *Eophacops* and *Acaste* and its significance: Palaeontology, v. 41, p. 897–911.
- Weber V.N.** 1937. Trilobites of the Carboniferous and Permian System of the USSR. 1. Carboniferous trilobites: Palaeontology of USSR, Monographs, v. 71, p. 1–160.

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԴԵՎՈՆՅԱՆ ՏՐԻԼՈԲԻՏՆԵՐԻ ՆԱԽՆԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

Կրոնիեր Կ., Մերոբյան Վ., Գրիգորյան Ա.,  
Վիտտ Ս., Դանելիան Տ.

Ամփոփում

Սույն հոդվածում մենք հաղորդում և պատկերազարդում ենք հարավ-արևմտյան Հայաստանի նստվածքային առաջացումներում հայտնաբերված միջին և ուշ դևոնյան տրիլոբիտներ, որոնք ներկայացված են անհայտ պրոտերիդային պիզիդիումով և մի քանի ֆակոպիդներով, ներառյալ *Omegops* cf. *accipitrinus* տեսակը (Ֆիլիպս, 184: Տրված է ակնարկ *Omegops accipitrinus*-ի և հարակից տեսակների շերտագրական և հնակենսաաշխարհագրական տեղաբաշխման վերաբերյալ ուշ դևոնյան շրջանում: Պալեոէկոլոգիական առումով *Omegops*-ը հիմնականում բնորոշ է ծանծաղ ծովային շելֆերին և համա-

հունչ է Հարավ Հայկական բլրկի վերին դևոնի հոր շերտերի նախկինում հաստատված հնաեկոլոգիական իրավիճակին:

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕВОНСКИХ ТРИЛОБИТОВ АРМЕНИИ**

**Кроньер К., Сербян В., Григорян А., Витт С., Даниелян Т.**

### **Резюме**

В данной статье мы сообщаем и иллюстрируем трилобиты среднего и позднего девона, обнаруженные в осадочных отложениях юго-западной Армении, представленные неидентифицированным проэтидным пигидием и несколькими факопидами, включая вид *Omegops* cf. *accipitrinus* (Phillips, 1841). Дан обзор стратиграфического и палеобиогеографического распространения *Omegops accipitrinus* и родственных им видов в позднем девоне. *Omegops* в палеоэкологическом отношении преимущественно характерен мелководным морским шельфам и согласуется с ранее установленным палеоэкологическим значением мощных толщ верхнего девона Южно-Армянского блока.

**ԱՂԱՏՆԵՎ ԳԵՏԻ ՋՐԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ  
ԵԼՔԵՐԻ ԿԱՆԽԱՏԵՍՈՒՄԸ**

**Միսակյան Ա.Է.<sup>1</sup>, Առաքելյան Ա.Ա.<sup>2</sup>, Ազիզյան Հ.Հ.<sup>1</sup>, Միսակյան Է.Է.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոդերմոլոգիայի և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ,  
0025, Երևան, Չարենցի փ. 46  
E-mail: miamalya@yandex.ru

<sup>2</sup> ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ,  
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ. 24ա,  
E-mail: alex.arakelyan@outlook.com  
Հանձնված է խմբագրություն 09.09.2020

Աշխատանքում ներկայացվում են Աղստևի գետավազանում գործող հիդրո-լոգիական դիտակետերի համար մշակված առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաները: Կանխատեսումների մեթոդիկաները մշակվել են բազմագործոնային գծային ռեգրեսիայի մեթոդի հիման վրա: Ստացված հավասարումներով կազմվել են ստուգողական կանխատեսումներ, գնահատվել է մեթոդիկայի որակի և կիրառելիության ցուցանիշները: Ստուգաճշտման արդյունքների համաձայն, ստացված հավասարումները բավարարում են կանխատեսումների թողարկման համար անհրաժեշտ պահանջներին և կարող են կիրառվել օպերատիվ աշխատանքներում:

**Հանգուցային բառեր.** Աղստև գետ, ջրի առավելագույն ելք, հիդրո-լոգիական դիտակետ, կանխատեսում, բազմագործոնային ռեգրեսիոն կապ, կանխատեսումների արդարացում, ստուգաճշտում:

Աղստևի գետավազանում ջրի տարեկան առավելագույն ելքերը դիտվում են գարնանային վարարումների ընթացքում, սակայն առանձին դեպքերում կարող են ձևավորվել նաև ամառ-աշնանային սակավաջրության ընթացքում՝ հորդառատ անձրևների հետևանքով:

Առավելագույն ելքերի ձևավորման, դրանց մեծության և անցման ժամկետների վրա ազդող որոշիչ գործոններն են համարվում գարնանային վարարումների ժամանակահատվածին նախորդող նախաձմեռային և ձմեռային, և վարարմանը ուղեկցող՝ գարնանային, օդերևութաբանական պայմանները: Այդ գործոններն են՝ ավազանում ձնածածկույթի հզորությունը, ձյան մեջ ջրի պաշարը, ձմռան ջերմաստիճանային ռեժիմը, ձնհալքի տևողությունը և ինտենսիվությունը, հողի խոնավությունը, վարարումների ընթացքում դիտվող անձրևների տևողությունը և ինտենսիվությունը, գարնան ջերմային ռեժիմը, գետի հունի խորդուրդությունը, ավազանի բուսածածկը և այլն:

Աղստևի ավազանի համար առավել բնորոշ են *խառը և անձրևային*



ծագման առավելագույն ելքերը: Առավել մեծ վտանգ են ներկայացնում *խառք* ծագման առավելագույն ելքերը, որոնք ձևավորվում են ձնհալքի և միաժամանակ անձրևների թափման ժամանակ (որոնց շերտը գերազանցում է 10-15մմ-ը), երբ այդ ելքերի ձևավորման մեջ դժվար է տարբերել հալոցքային և անձրևային ջրերի գերակշռող դերը: *Անձրևային* ծագման առավելագույն ելքերը ձևավորվում են ձնհալքից հետո կամ ավազանի ընդհանուր մակերեսի 10-15 %-ից ոչ ավել ձնածածկվածության դեպքում և, երբ տեղումների օրական քանակը կազմում է 10-20մմ և ավել: Ընդ որում առավելագույն ելքերը ձևավորվում են այնպիսի օդերևութաբանական պայմաններում, երբ նախորդ օրվա տեղումները հիմնականում ծախսվում են հողի խոնավության պակասորդը լրացնելու համար, իսկ հետագա տեղումները, որոնք երբեմն իրենց ինտենսիվությամբ զիջում են նախորդին, առաջացնում են աղետալի բնության առավելագույն ելքեր (Միսակյան, 2016; Միսակյան և ուր., 2020): Գարնանային վարարումների ընթացքում հաճախ ձևավորվում են այնպիսի մեծության առավելագույն ելքեր, որոնք հեղեղումների պատճառ են դառնում, ողողելով և ջրածածկելով գետի հարակից բնակավայրերը, ցանքատարածությունները, հիդրոտեխնիկական կառուցվածքները, շինություններն ու ձեռնարկություններն և այլն, պատճառելով զգալի վնասներ և կորուստներ: Հետևաբար գետերի ջրի առավելագույն ելքերի վերաբերյալ կանխատեսումային տեղեկատվությունը խիստ կարևոր է և ունի մեծ տնտեսական նշանակություն, քանի որ թույլ է տալիս արդյունավետ պլանավորել և իրականացնել կանխարգելիչ միջոցառումներ՝ բացառելու կամ նվազագույնի հասցնելու նմանատիպ ելքերից սպասվող վնասը: Չնայած կանխատեսումների մեծ պահանջարկին, առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաների մշակումը՝ հատկապես լեռնային պայմաններում, շատ բարդ խնդիր է, քանի որ դրանք ձևավորվում են մի շարք գործոնների միաժամանակյա ազդեցության հետևանքով և հետևապես առավել դժվար հաշվարկելի և բնականաբար դժվար կանխատեսելի են:

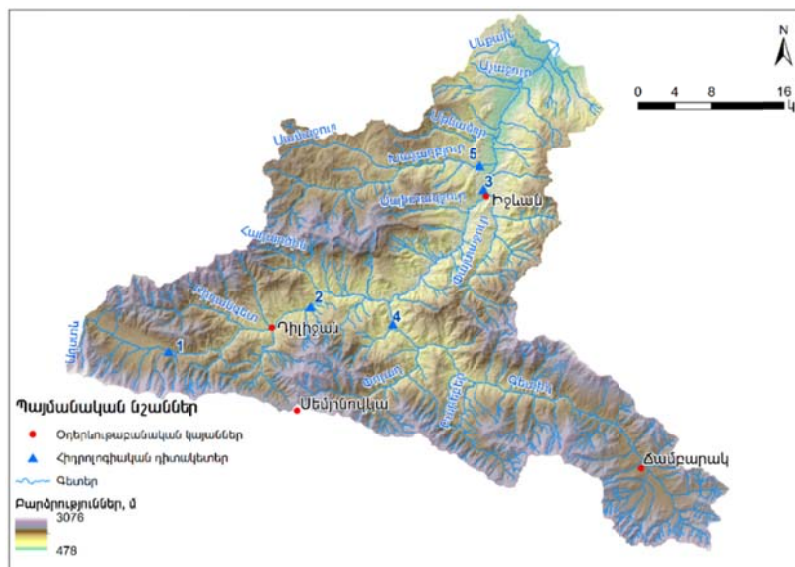
#### **Առավելագույն ելքերի կանխատեսման մեթոդիկաների մշակում**

Լեռնային գետերի հոսքի և դրա բնութագրիչների կանխատեսումների պրակտիկ մեթոդները մշակվում են հիմնականում ռեգրեսիոն կախվածությունների հիման վրա, այսինքն մոտավոր ֆիզիկավիճակագրական կորելյացիոն կապեր են հաստատվում հոսքի բնութագրիչի և այն պայմանավորող հիմնական հիդրոոդերևութաբանական գործոնների միջև: Այդ կերպ մշակված կանխատեսման մեթոդները կոչվում են *ֆիզիկավիճակագրական*: Այժմ հոսքի բնութագրիչների կանխատեսման մեջ օգտագործվում է հիմնականում բազմագործոն ռեգրեսիոն մեթոդը (Руководство по гидрологической практике, 2012; Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989; Георгиевский, 2007; Միսակյան, 2016):

Այս աշխատանքում, Աղստև գետի ջրի առավելագույն ելքերի կանխատեսումների մեթոդիկաների մշակման հիմքում ևս դրվել է ֆիզիկավիճակագրական մեթոդը, մշակվել են բազմագործոն ռեգրեսիոն

հավասարումներ առավելագույն ելքերի և այն պայմանավորող հիդրո-օդերևութաբանական տարրերի միջև:

Աշխատանքի իրականացման համար օգտագործվել են ՀՀ Շրջակա միջավայրի նախարարության «Հիդրոօդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի Աղստն գետի վրա գործող Ֆիզլետովո, Դիլիջան, Իջևան, Գետիկ գետի՝ Գոշ, Պաղջուր գետի՝ Գետահովիտ հիդրոլոգիական դիտակետերի մինչև 2020 թվականի դիտարկումների տվյալները, ինչպես նաև Դիլիջան, Իջևան, Ճամբարակ, Սեմյոնովկա, Վանաձոր օդերևութաբանական կայանների օդի ջերմաստիճանի և տեղումների դիտարկումների տվյալները (նկ.1):



Նկ.1. Աղստն գետի ավազանի հիդրոլոգիական դիտակետերի և օդերևութաբանական կայանների տեղաբաշխման քարտեզ

1.Աղստն-Ֆիզլետովո, 2.Աղստն-Դիլիջան, 3.Աղստն-Իջևան, 4.Գետիկ-Գոշ, 5. Պաղջուր-Գետահովիտ

Բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումների մշակման համար օգտագործվել են հիդրոլոգիական դիտակետերի բացման օրվանից մինչև 2014թթ. ընկած ժամանակահատվածի զարնանային վարարումների ընթացքում դիտված առավելագույն ելքերի, ջրի միջին ամսական ելքերի, զարնանային վարարումների հոսքի ծավալների (որն առավելագույն ելքերի մեծությունը որոշող գլխավոր գործոններից մեկն է և ինչքան մեծ է հոսքի ծավալը, այնքան մեծ է առավելագույն ելքի մեծությունը), օդի միջին ամսական ջերմաստիճանի, տեղումների դիտարկումների տվյալները: 2015-2020թթ. դիտարկումների տվյալները, հավասարումները կազմելիս չեն ներառվել, որպեսզի օգտագործվեն կանխատեսումների հուսալիության գնահատման համար, որպես անկախ ժամանակահատվածի դիտարկումների տվյալներ:

Առավելագույն ելքերի կանխատեսումների համար մշակված բազմագործոն ռեգրեսիոն հավասարումները ըստ գետային հիդրոլոգիական դիտակետերի ներկայացվում են ստորև.

Աղստև-Ֆիոկտովո

$$Q_{max} = -10.13 - 4.64Q_{III} + 2.93Q_{IV} + 0.025 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա } VII-III-I} \\ + 0.058P_{\text{Իջևան II}} - 0.031P_{\text{Սեմյոնովկա III}} \\ + 6.28K_{\text{Դիլիջան IV-V}} + 0.78T_{\text{Իջևան II}} - 0.48T_{\text{Վանաձոր II}} \\ + 0.74T_{\text{Դիլիջան III}} - 1.22\Delta T_{\text{Սեմյոնովկա IV}}$$

Աղստև-Դիլիջան

$$Q_{max} = -3.91 + 2.00Q_I + 0.16W_{IV-VI} + 0.075 \sum P_{\text{Դիլիջան X-III}} \\ - 0.034 \sum P_{\text{Իջևան VIII-III}} + 0.0014 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա VII-III}} \\ - 4.46K_{\text{Իջևան IV}} + 16.5K_{\text{Դիլիջան IV-V}} - 0.50T_{\text{Սեմյոնովկա II}} \\ + 0.46T_{\text{Իջևան II}} - 1.25T_{\text{Իջևան III}} - 1.00\Delta T_{\text{Դիլիջան IV-VI}}$$

Աղստև-Իջևան

$$Q_{max} = -7.28 - 0.25Q_I + 0.30W_{IV-VI} + 0.073 \sum P_{\text{Դիլիջան VIII-III}} \\ - 0.086 \sum P_{\text{Սեմյոնովկա XII-III}} - 0.068P_{\text{Իջևան III}} \\ + 3.60K_{\text{Իջևան IV}} + 13.95K_{\text{Դիլիջան IV-V}} - 1.89T_{\text{Սեմյոնովկա III}} \\ - 1.92\Delta T_{\text{Իջևան IV}}$$

Գետիկ-Գոշ

$$Q_{max} = -11.14 + 1.16Q_2 - 1.32Q_3 + 0.20W_{IV-VI} \\ + 0.037 \sum P_{\text{Դիլիջան V-II}} + 0.11 \sum P_{\text{Իջևան XI-III}} \\ + 0.025 \sum P_{\text{Ճամբարակ VIII-III}} + 6.42K_{\text{Ճամբարակ IV}} \\ - 1.13T_{\text{Վանաձոր II}} + 5.37T_{\text{Վանաձոր III}} - 6.28T_{\text{Իջևան III}}$$

Պաղջուր-Գետահովիտ

$$Q_{max} = 29.09 + 0.51W_{IV-VI} + 0.62P_{\text{Իջևան II}} + 0.33P_{\text{Դիլիջան III}} \\ - 0.38 \sum P_{\text{Վանաձոր I-III}} - 6.44T_{\text{Իջևան I}} + 5.77T_{\text{Իջևան II}} \\ - 2.66T_{\text{Իջևան III}} + 5.44T_{\text{Սեմյոնովկա I}} - 4.02T_{\text{Սեմյոնովկա II}} \\ + 1.24\Delta T_{\text{Վանաձոր IV}}$$

Հավասարումներում,  $Q_{առավ-ը}$  ջրի առավելագույն ելքի մեծությունն է,  $W_{IV-VI}$ -ը դիտակետում գարնանային վարարումների հոսքի ծավալի

կանխատեսված մեծությունն է,  $\Sigma P$ -ով նշանակված է նշված ամիսների կամ ամսվա տեղումների գումարը,  $T$ -ն ինդեքսում նշված ամսվա միջին ամսական ջերմաստիճանն է,  $\Delta T$ -ն ինդեքսում նշված ժամանակահատվածի օդի ջերմաստիճանի շեղումն է նույն ժամանակահատվածի նորմայից, իսկ  $K$ -ն ինդեքսում նշված ժամանակահատվածի տեղումների քանակի մոդուլային գործակիցն է (տվյալ ժամանակաշրջանի տեղումների քանակի հարաբերությունը բազմամյա միջին արժեքին): Ինդեքսներում տառերով նշված են համապատասխան օդերևութաբանական կայանների անունները:

Հիդրոլոգիական կանխատեսումների արդարացվածության աստիճանի գնահատման համար կիրառվում են մաթեմատիկական վիճակագրության մեթոդները: Համաձայն կանխատեսումների վերաբերյալ մեթոդական ցուցումների, հիդրոլոգիական կանխատեսումների արդարացվածությունը հաստատվում է թույլատրելի սխալների և կանխատեսման սխալների համադրությամբ (Наставление по службе прогнозов, 1962; Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989):

Մշակված հավասարումների համար հաշվարկվել են վիճակագրական բնութագրերը, որոնց արժեքները ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:

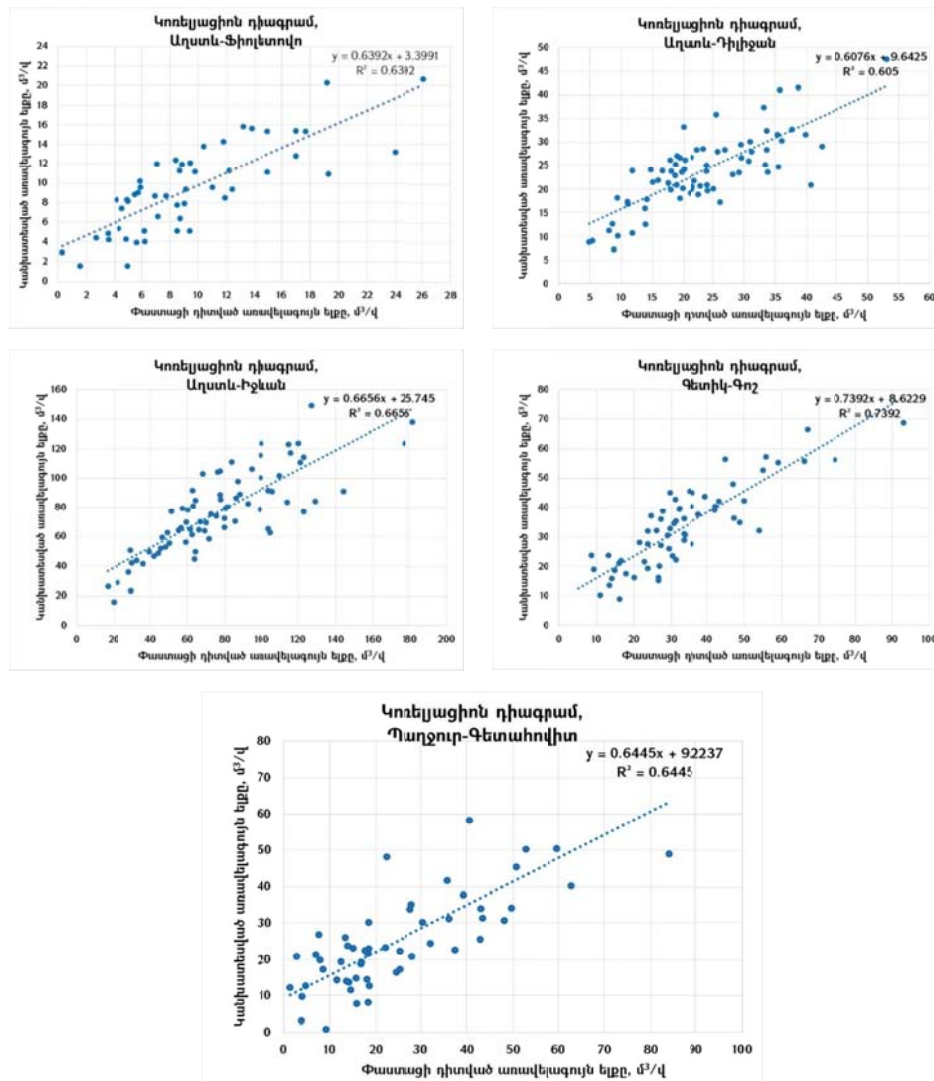
Աղյուսակ 1

Առավելագույն ելքերի կանխատեսման ռեգրեսիոն հավասարումների  
բնութագրերը

| Գետ     | Դիտակետ   | Տարիներ   | Թույլատրելի սխալը, $m^3/վրկ$ , $\delta_{թույլ} = \pm 0.674\sigma$ | Կոռելյացիայի գործակիցը $R$ | $\bar{S}/\bar{\sigma}$ | Թույլատրելի սխալի ապահովվածությունը, % |
|---------|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Աղստև   | Ֆիդլետովո | 1964-2014 | 3.68                                                              | 0.80                       | 0.60                   | 80                                     |
| Աղստև   | Դիլիջան   | 1940-2014 | 6.65                                                              | 0.75                       | 0.66                   | 77                                     |
| Աղստև   | Իջևան     | 1938-2014 | 22.8                                                              | 0.82                       | 0.58                   | 80                                     |
| Գետիկ   | Գոշ       | 1946-2014 | 11.1                                                              | 0.86                       | 0.51                   | 83                                     |
| Պաղջուր | Գետահովիտ | 1955-2014 | 12.5                                                              | 0.80                       | 0.60                   | 78                                     |

Մեթոդիկան կարող է կիրառվել կանխատեսումներ թողարկելու համար, եթե այն ունի ապացուցված բավարար ճշտություն: Որպես դրա ճշտության չափանիշ օգտագործվում է ստուգողական կանխատեսումների (կանխատեսումը նախորդ տարիների դիտարկումների տվյալների հիման վրա) միջին քառակուսային սխալը՝  $\bar{S}$ : Կանխատեսման մեթոդի գնահատականը իրականացվում է ստուգողական կանխատեսումների սխալների մեծությամբ (Руководство по гидрологическим прогнозам, 1989): Ստացված հավասարումների միջոցով յուրաքանչյուր դիտակետի համար կազմվել են առավելագույն ելքերի

ստուգողական կանխատեսումներ ըստ տարիների: Այնուհետև, փաստացի ու հաշվարկային արժեքների փոխկապակցվածության վերլուծության նպատակով կազմվել են կորելյացիոն դիագրամներ (նկ. 2):



Նկ.2. Աղստև գետի ավազանի հիդրոլոգիական դիտակետերի փաստացի ու հաշվարկային արժեքների կորելյացիոն դիագրամներ

Ինչպես երևում է նկարից, հաշվարկային և փաստացի արժեքների միջև առկա է դրական կորելյացիա, բավարար գործակիցներով:

Կանխատեսումային կապերի հուսալիության գնահատման համար, կազմվել են ստուգողական կանխատեսումներ նաև անկախ ժամանակահատվածի՝ 2015-2020թթ. համար, որոնց քանակական արժեքները տրված է աղյուսակ 2-ում:

Ջրի առավելագույն ելքերի ստուգողական կանխատեսումների արդարացվածությունը, 2015-2020թթ. անկախ ժամանակահատվածի համար

| Գետ     | Դիտակետ   | Տարիներ   | Թույլատրելի սխալը, $m^3/վրկ$ , $\delta_{թույլ} = \pm 0.674\sigma$ | Արդարացված կանխատեսումների թիվը |              |
|---------|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|
|         |           |           |                                                                   | արդարացել է                     | չի արդարացել |
| Աղստև   | Ֆիոլետովո | 2015-2020 | 3.68                                                              | 4                               | 2            |
| Աղստև   | Դիլիջան   | 2015-2020 | 6.65                                                              | 4                               | 2            |
| Աղստև   | Իջևան     | 2015-2020 | 22.8                                                              | 5                               | 1            |
| Գետիկ   | Գոշ       | 2015-2020 | 11.1                                                              | 5                               | 1            |
| Պաղջուր | Գետահովիտ | 2015-2020 | 12.5                                                              | 5                               | 1            |

Ինչպես երևում է աղյուսակ 2-ից, բոլոր դիտակետերի համար, ընտրված՝ 2015-2020թթ. անկախ ժամանակահատվածի համար իրականացված կանխատեսումները գերազանցապես արդարացել են, այսինքն կանխատեսման սխալները գտնվում են թույլատրելի սահմաններում:

Որպես պրակտիկայում կանխատեսման մեթոդիկայի կիրառելիության և որակի ցուցանիշ ընդունվում է  $\bar{S}/\sigma$  հարաբերությունը, այսինքն ստուգողական կանխատեսումների միջին քառակուսային սխալի հարաբերությունը, կանխատեսվող մեծության միջին քառակուսային սխալին  $\sigma$ , և որքան փոքր է այդ արժեքը, այնքան բարձր է հաշվարկման ճշգրտությունը: Քանի որ մեր աշխատանքում դիտարկումների շարքերի երկարությունը գերազանցում է 25 տարին՝ եթե  $n > 25$ , ապա պետք է բավարարվի հետևյալ պահանջը՝  $\bar{S}/\sigma \leq 0.80$  (Наставление по службе прогноза, 1962): Ինչպես երևում է աղյուսակ 1-ից, մեր բոլոր հավասարումների համար նշված պայմանը բավարարում է, այսինքն մեթոդիկան կիրառելի է օպերատիվ կանխատեսումների թողարկման համար:

Կանխատեսման մեթոդիկայի որակը ևս հաստատվում է  $\bar{S}/\sigma$ -ի մեծությամբ, և դրա արժեքներին համապատասխան կոռելյացիայի գործակցի և թույլատրելի սխալի ապահովվածության արժեքներով: Այսպիսով, կանխատեսումների վերաբերյալ մեթոդական ցուցումների համաձայն (Наставление по службе прогноза, 1962), ըստ աղյուսակ 1-ում ներկայացված բնութագրերի, ստացված բոլոր կապերը բավարարում են կանխատեսման մեթոդիկայի բավարար որակի ցուցանիշների համար անհրաժեշտ պահանջներին և կարող են կիրառվել կանխատեսումների թողարկման համար:

*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

- ՀՀ ՇՄՆ «Հիդրոոդերևութաբանության և մոնիթորինգի կենտրոն» ՊՈԱԿ-ի հիդրո-  
ոդերևութաբանական տվյալների ֆոնդ: 1935-2020թթ.:
- Միսակյան Ա.Է., Առաքելյան Ա.Ա., Մուրենյան Գ.Հ., Ազիզյան Հ.Հ.** 2020. Աղստև գետի  
ավազանում 2020 թվականի մայիսին դիտված զարնանային վարարումների առա-  
վելագույն ելքերի ձևավորման հիդրոոդերևութաբանական պայմանների վերլուծու-  
թյունը, ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, հ. 73, N 3, էջ 3-10:
- Միսակյան Ա.Է.** 2016. Գարնանային վարարումների հոսքի կանխատեսման մեթո-  
դիկայի մշակումը լեռնային երկրների համար (ՀՀ տարածքի գետերի օրինակով):  
Թեկնածուական ատենախոսություն, Երևան, ՀՀ ակադեմիկոս Ի. Վ. Եղիազարովի  
անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ, 150 էջ:
- Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В.** 2007. Гидрологические прогнозы. Учебник. –СПб.,  
изд РГГМУ, 436с.
- Наставление по службе прогнозов, раздел 3, часть 1. 1962, Прогнозы режима вод суши.  
Ленинград: Гидрометеиздат, 193с.
- Руководство по гидрологической практике. 2012, Том II. Управление водными ресурсами и  
практика применения гидрологических методов. ВМО-№ 168. Шестое издание. 324с.
- Руководство по гидрологическим прогнозам. 1989. Выпуск 1. Долгосрочные прогнозы  
элементов водного режима рек и водохранилищ. Л., Гидрометеиздат, 358с.

## ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕКИ АГСТЕВ

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

### Резюме

В статье представлены методики прогнозирования максимальных расходов воды для гидрологических постов в бассейне реки Агстев. Методики прогнозирования были разработаны на основе метода многофакторной линейной регрессии.

Посредством полученных уравнений были составлены проверочные прогнозы и оценены точность и применимость разработанной методики. По результатам верификации прогнозов, полученные уравнения удовлетворяют необходимым требованиям для выпуска прогнозов и могут применяться в оперативной работе.

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



## **FORECAST OF MAXIMUM WATER DISCHARGES OF THE AGSTEV RIVER**

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

### **Abstract**

The article presents the developed methods for the forecast of maximum water discharges in hydrological stations in the Aghstev river basin. The forecast methods were developed based on the multi-criteria linear regression method.

Using the obtained equations, verification of forecasts was conducted and the reliability and applicability of the method were evaluated.

According to the verification results, the obtained equations meet the requirements necessary for the issuance of forecasts and can be applied in an operational work.

*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 Aghstev Basin rivers and assessment of the vulnerability in the context of climate change”.*

**ՈՒԺԵՂ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՀԱԿԱԶԴՄԱՆ ՄԻՋԻՆ ՄՊԵԿՏՐՆԵՐԻ  
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԷՄՊԻՐԻԿ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

**Գրիգորյան Վ. Գ.**

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ  
3115, ՀՀ ք.Գյումրի, Վ. Սարգսյան փ. 5  
E-mail: g.vanand@rambler.ru  
Հանձնված է խմբագրություն 08.07.2020*

Նախկինում մեր կողմից ստացած հակազդման սպեկտրի և ուժեղ երկրաշարժերի օջախային պարամետրերի միջև կորելացիոն հավասարումները թույլ են տվել կառուցել ազդեցությունների միջին (ստանդարտ) սպեկտրներ մագնիտոդների և էպիկենտրոնային հեռավորությունների տիրույթների տրված արժեքների համար:

Ստացված [RA] միջին սպեկտրները կարելի է դիտարկել, որպես սեյսմիկ ազդեցությունների նախնական հաշվարկային մոդելներ: Հետագայում իրականացնելով հնարավոր ճշգրտումներ, ելնելով տարածքային առանձնահատկություններից, վերջիններս հնարավոր կլինի օգտագործել, որպես սպասվող սեյսմիկ ազդեցությունների բազային մոդելներ՝ անմիջական օգտագործման համար:

**Հանգուցային բառեր.** հակազդման սպեկտր, արքսելերոգրամա, դինամիկության գործակից, մագնիտոդա, էպիկենտրոնային հեռավորություն, էմպիրիկ հավասարումներ, ստանդարտ շեղում:

**Ներածություն**

Սեյսմիկ վտանգի դեմ պայքարը ենթադրում է, առաջին հերթին սպասվող ազդեցությունների պարամետրերի կանխագնահատում՝ արտահայտված կիրառական տեսակետից առավել հարմար և, որ ամենակարևորն է, իրատեսական այս կամ այն չափորոշիչների միջոցով:

Այդ գնահատումները թույլ են տալիս վարել համապատասխան ռազմավարություն ՀՀ-ում սեյսմիկ անվտանգության համակարգի զարգացման հայեցակարգով նախատեսված պետական կարևոր ծրագրի իրականացման գործում՝ նպաստելով սեյսմիկ ռիսկի գնահատման և նվազեցման հիմնախնդրի իրականացմանը, ինչպես նաև հակասեյսմիկ շինարարությանը նպատակաուղղված նորմատիվային փաստաթղթերի համակարգի ստեղծմանը:

Պետք է նշել, որ ներկայումս ինժեներային սեյսմաբանության զարգացման արդի իրավիճակը, ինչպես ամենուրեք, այնպես էլ մեր հան-

րապետությունում դեռևս լիարժեք չի համապատասխանում առաջադրվող պահանջներին:

Այդ պահանջների կարևոր տարրեր պարունակող մի շարք գործոններ դեռևս կարիք ունեն խիստ վերանայման, լրացման և կատարելագործման:

Առաջինը, և ամենակարևորը, դա գործիքային գրանցումների խիստ պակասն է: Միարժեք չեն սեյսմիկ վտանգի ներկայացման (քարտեզագրման) մոտեցումները, ինչպես մեթոդական, այնպես էլ վտանգի արտահայտման չափորոշիչների ընտրության տեսանկյուններից և այլն:

Սույն հոդվածում դիտարկվում է հաշվարկային (ստանդարտ) հակազդման սպեկտրների գնահատման մեթոդիկա՝ հիմնված ուժեղ երկրաշարժերի աքսելերոգրամաների սեյսմովիճակագրական վերլուծության վրա:

**Հետազոտման մեթոդները և արդյունքները:** Սեյսմակայուն շինարարության նորմերում՝ այդ թվում ՀՀՇՆ II.6.02.2006-ում շենքերի և կառույցների սեյսմակայունության հաշվարկների համար անհրաժեշտ սեյսմոլոգիական ինֆորմացիան ներկայացված է  $A$  գործակցով, որը իրենից ներկայացնում է գրունտների սպասվող  $a_{max}$  արագացումների ամպլիտուդաների մակարդակը՝ արտահայտված  $(g)$ -ի մասերով և կոնստրուկցիաների հակազդեցությունը բնութագրող  $\beta(T)$  դինամիկության գործակցով (ՀՀՇՆ II-6.02, 2006): Այս երկու գործակիցների արտադրյալը համարժեք է հակազդման  $[RA]$  սպեկտրին.

$$[RA] = A \cdot \beta(T) \quad (1),$$

կամ ինչպես բերված է (Хачиян, 2008)-ում այն կարելի է ներկայացնել նաև հետևյալ ձևով՝

$$\beta(T) = \frac{\left[ \frac{2\pi}{T} \int_0^t e^{\frac{n}{T}(t-\xi)} u_0(\xi) \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) d\xi \right]_{max}}{u_{0max}} \quad (2)$$

Այսինքն, տվյալ պարագայում խնդիրը հանգում է առկա տվյալների (ավելի կոնկրետ՝ գրանցված ուժեղ երկրաշարժերի աքսելերոգրամաների) հիման վրա սեյսմոլոգիական և գրունտային պայմանների համար հակազդումների միջին  $[RA]$  կորերի գնահատմանը:

Տարածքային տվյալների սակավության (կամ գրեթե լրիվ բացակայության) պարագայում այդ գնահատումները արվում են տվյալների որոշակի ընտրախմբի հիման վրա, որոնք իրենց բնութագրերով մոտ են տվյալ տեղանքում սպասվող երկրաշարժերի պարամետրերին:

Ստորև բերվող հետազոտությունների նախադրյալ են հանդիսացել մեր կողմից նախկինում ստացված վիճակագրորեն հիմնավորված էմպիրիկ հավասարումները երկրաշարժի հակազդման սպեկտրի և մագնիտուդի ու էպիկենտրոնային հեռավորությունների միջև վերջիններիս համապատասխանաբար  $M=4.3 \div 7.7$   $R=10 \div 120$  կմ տիրույթների

համար (Григорян, 1983, 1989): Միևնույն ժամանակ հաշվարկային հա-  
կադրման սպեկտրները ստանդարտ մոդելների տեսքով ներկայաց-  
նելու մոտեցումը դիտարկվում է առաջին անգամ:

Ամբողջ ելակետային սեյսմոլոգիական նյութը վերագրվում է մեկ  
սեյսմոտեկտոնական տարածքի՝ ԱՄՆ-ի արևմտյան մասին: Այն ընդ-  
գրկում է երկրաշարժերի մոտ 150 արսելերոգրամա:

Նման ընտրությունը թույլ է տվել արդյունքում ստանալ համե-  
մատաբար կայուն գնահատումներ: Երկրաշարժերի առաջացման մե-  
խանիզմների տիպերը դիտարկելիս որոշակի վերապահումով ապա-  
հովել ենք սեյսմոտեկտոնական համարժեքության սկզբունքը՝ նկատի  
ունենալով, որ վերջիններս (առավելապես վերնետք-կողաշարժ տիպի)  
որոշակի չափով բնութագրական են նաև մեր տարածաշրջանի հա-  
մար: Դիտարկվող բոլոր երկրաշարժերի խորությունները գտնվում են  
5÷20կմ-ի սահմաններում: Հետազոտության այս փուլում գրունտների  
տարակարգում չի կատարվել:

Հակադրման [RA] (Response Acceleration) սպեկտրների կախվածու-  
թյունը մագնիտուդից նկարագրվում է հետևյալ կորելացիոն կապով՝

$$[RA] = [RA]_0 \cdot 10^{\bar{b} \cdot M} \quad (3),$$

որտեղ  $\bar{b}$ -ն ամբողջ սպեկտրով միջինացված գործակից է, իսկ  $[RA]_0$   
ըստ  $\bar{b}$ -ի  $[RA]_0$ -ների նորմավորված արժեքներ են:

Բանաձև (3)-ում  $\bar{b}$  գործակիցները համապատասխանաբար երեք  
ընտրախմբերի համար ունեն հետևյալ արժեքները.

$R \leq 15$ կմ-ի դեպքում՝  $\bar{b} = 0.21$ ,

$R = 15 \div 60$ կմ գոտու համար.  $\bar{b} = 0.25$ , երբ  $T \leq 0.6$ վրկ և  $\bar{b} = 0.29$ , երբ  
 $T > 0.6$ վրկ,

$R > 60$ կմ-ի դեպքում՝  $\bar{b} = 0.104$ , երբ  $T \leq 0.6$ վրկ և  $\bar{b} = 0.29$ , երբ  $T >$   
 $0.6$ վրկ.

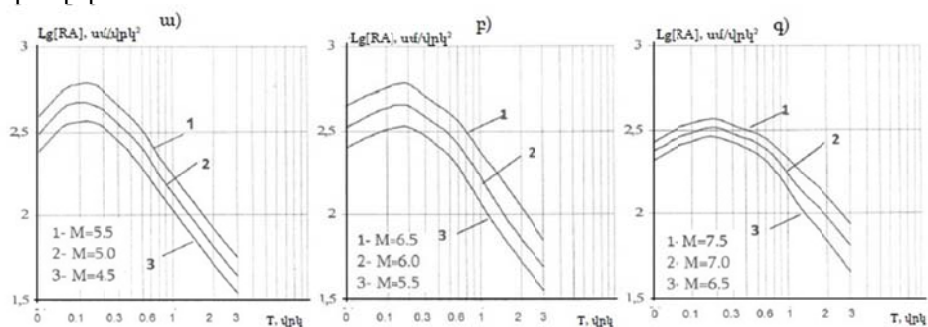
[RA]-ի նորմավորված արժեքները մարման 8% դեպքի համար  
բերված են թիվ 1 աղյուսակում:

Աղյուսակ 1

$[RA]_0$  նորմավորված արժեքները (սմ/վրկ<sup>2</sup>) հեռավորությունների երեք  
տիրույթների համար

| $\begin{matrix} T \text{ վրկ} \\ R, \text{ կմ} \end{matrix}$ | 0.1   | 0.15  | 0.2   | 0.25  | 0.3   | 0.4   | 0.6   | 0.8   | 1.0   | 1.5  | 2.0  | 3.0  |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| $\leq 15$                                                    | 27.42 | 39.17 | 39.26 | 41.21 | 38.37 | 30.34 | 19.10 | 15.70 | 11.67 | 8.49 | 5.81 | 3.95 |
| $16 \div 60$                                                 | 10.62 | 12.50 | 13.65 | 13.84 | 14.16 | 12.16 | 9.51  | 3.82  | 2.88  | 1.67 | 1.22 | 0.96 |
| $> 60$                                                       | 43.55 | 52.60 | 56.62 | 59.57 | 60.12 | 53.83 | 47.53 | 1.77  | 1.58  | 0.95 | 0.77 | 0.51 |

Նշենք, որ սեյսմովիճակագրական վերլուծության ժամանակ յուրաքանչյուր երկրաշարժի պարամետր վերցվել է միննույն <<քաշով>>, ցրումը հաշվարկելիս չեն գնահատվել մագնիտուդի և հեռավորությունների արժեքների հնարավոր շեղումները: Մագնիտուդների արժեքները բերված են ըստ սկզբնաղբյուրների, որոնք հիմնականում մակերևութային ալիքների միջոցով գնահատված  $M_L$  տիպի մագնիտուդներն են: Դիտարկված են գրունտի տատանումների բացառապես մաքսիմալ հորիզոնական բաղադրիչները: Հակազդման արժեքների ստանդարտ շեղման  $\sigma(\lg[RA])$  մեծությունները բոլոր ընտրախմբերի համար գրեթե հավասար են և կազմում են միջինը 0.37 լոգարիթմական միավոր:



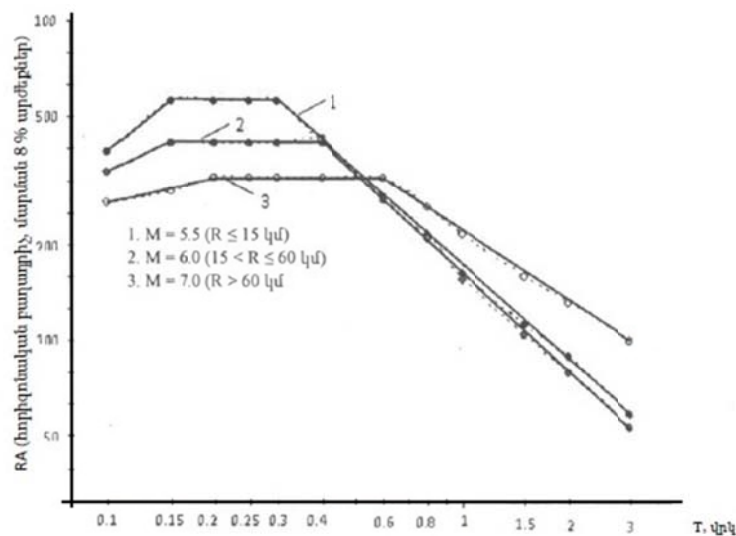
Նկ.1(ա,բ,գ). Հակազդման  $[RA]$  միջին սպեկտրները երկրաշարժերի մագնիտուդների տարբեր արժեքների և հեռավորությունների երեք տիրույթների համար ա)  $R \leq 15$  կմ, բ)  $15 \leq 60$  կմ, գ)  $R > 60$  կմ (մարումը 8%):

Նկ.1 (ա,բ,գ) բերված են հաշվարկային հակազդման ասպեկտրների տեսքերը էպիկենտրոնային երեք տիրույթների և մագնիտուդների տարբեր արժեքների համար:

Ելնելով հաշվարկային ասպեկտրների գործնական կիրառության տեսանկյունից հարմար լինելու անհրաժեշտությունից և այն հանգամանքից, որ  $[RA]$ -ի արժեքները իրենց առավելագույն մասում բավականին մոտ են, վերջիններս միջինացվել են և ներկայացված են հորիզոնական հատվածներով:

Նման ձևով կառուցված հակազդման միջին կորերի տեսքերը երկրաշարժերի մագնիտուդների  $M=5.5$ ,  $6.0$  և  $7.0$  արժեքների և հեռավորությունների  $R \leq 15$ ,  $15 \div 60$  և  $R > 60$  կմ տիրույթների համար բերված են գծանկար 2-ում:

Մեյսմոլոգիական պարամետրերից կախված վերջիններս բնութագրվում են նրանով, որ մոտակա գոտու համար սպեկտրի առավելագույն արժեքները (հորիզոնական մաս) համեմատաբար նեղ են, իսկ աջ մասում նրա անկումը համեմատաբար կտրուկ:



Նկ.2. Հաշվարկային ստանդարտ [RA] սպեկտրները մագնիտոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար (մարումը 8%):

Մեծ հեռավորությունների դեպքում սպեկտրի ընդհանուր տեսքը ավելի հարթ է, հորիզոնական մասը բավականին լայն ( $T$ -ն մինչև  $0.6 \div 0.7$  վրկ.), իսկ աջ մասի անկումը զգալի դանդաղ է: Մագնիտոդների արժեքներից կախված վերջիններիս մակարդակը աճում է, իսկ հորիզոնական մասը դառնում է ավելի լայն՝  $M$ -երի աճմանը զուգընթաց:

Ինչպես նշեցինք վերևում հակազդման միջին սպեկտրների գնահատման ժամանակ այս փուլում մենք գրունտների կատեգորիաների որոշակի տարակարգում չենք իրականացրել, ընդհանուր առմամբ օգտագործված գրանցումները առավելապես իրականացվել են II-III կատեգորիայի գրունտների վրա:

Տարբեր գրունտների վրա գրանցված արսելերոգրամաների սպեկտրների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ վերջիններս ունեն բնութագրական տարբերություններ:

Այսպես, մեր կողմից նախկինում կատարված նման հետազոտությունները ցույց են տվել, որ կոշտ գրունտների վրա գերակշռող պարբերությունները գտնվում են  $0.1 \div 0.3$  վրկ. տիրույթում, իսկ փափուկ գրունտների վրա  $0.4$  վրկ. և ավելի տիրույթում (Григорян, 1987):

Սպեկտրների նույն բնութագրական առանձնահատկությունները նշվում են նաև (Хачиян, 2008)-ում, որտեղ բերված են տարբեր երկրաբանական կտրվածքներ ունեցող տեղամասերում գրանցված արսելերոգրամաների նորմավորված (RA)-երը:

Հակազդման հաշվարկային (միջին) սպեկտրների գնահատումներ իրականացվել են մի շարք մասնագետների կողմից ևս: Այսպես (Штейнберг, 1986, 1990) բերվում են ստանդարտ սպեկտրների կառուցման մեթոդական մոտեցումներ երկրաշարժերի մագնիտոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար:

Մասնավորապես, (Штейнберг, 1986)-ում բերված հակազդման սպեկտրները գնահատվել են մագնիստոդների 4÷8 և հեռավորությունների 0÷20 և 20÷40կմ արժեքների համար:

Հակազդման միջին սպեկտրներ ուժեղ երկրաշարժերի մագնիստոդների և հեռավորությունների տարբեր արժեքների համար բերված են նաև (Anderson, Trifunac, 1977; Johnson, 1980; Katayama, Iwasaki, 1977; Seed, Ugas, 1976 և այլն):

## Աղյուսակ 2

Հակազդման միջին սպեկտրների արժեքները՝ սմ/վրկ<sup>2</sup>. P  
հավանականությունների 90% (վերին) և 50% (ներքին) արժեքների համար  
(մարումը՝ 8%)

| M | R, կմ | Tվրկ <sup>2</sup><br>P | 0.1   | 0.15  | 0.2   | 0.25  | 0.3   | 0.4   | 0.6   | 0.8   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 3.0  |
|---|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 5 | ≤15   | 90%                    | 405.5 | 579.4 | 582.1 | 609.5 | 567.5 | 448.7 | 282.5 | 232.3 | 172.6 | 125.6 | 85.9  | 58.5 |
|   |       | 50%                    | 274.2 | 391.7 | 393.6 | 412.1 | 383.7 | 303.4 | 191   | 157   | 116.7 | 84.9  | 58.1  | 39.5 |
| 6 | 16÷60 | 90%                    | 435.5 | 512.9 | 559.8 | 567.5 | 580.8 | 498.9 | 389.9 | 291.7 | 219.8 | 127.4 | 93.3  | 73.3 |
|   |       | 50%                    | 301.3 | 354.8 | 387.3 | 392.6 | 401.8 | 345.1 | 269.8 | 201.8 | 152.1 | 88.1  | 64.6  | 50.7 |
| 7 | >60   | 90%                    | 296.5 | 358.1 | 385.5 | 405.5 | 409.3 | 366.4 | 323.6 | 278.6 | 249.5 | 149.3 | 121.9 | 80.9 |
|   |       | 50%                    | 215.8 | 260.6 | 280.5 | 295.1 | 297.9 | 266.7 | 235.5 | 202.8 | 181.6 | 108.6 | 88.7  | 58.9 |

Ինչ առավելություն ունեն մեր կողմից ստացված հակազդումների միջին սպեկտրները, որոնց համար հաշվարկված են P հավանականային սահմանները համապատասխանաբար 90% (վերին) և 50% (ներքին) մակարդակների համար (աղ.2):

Ի տարբերություն վերևում նկարագրված և գոյություն ունեցող մի շարք մեթոդների, մեր կողմից առաջարկվող մեթոդը թույլ է տալիս վերջիններս գնահատել կորելացիոն  $[RA] = f(M, R)$  կապերի միջոցով: Տվյալ պարագայում  $[RA]$ -ի արժեքները կարելի է ստանալ հաճախությունների համեմատաբար լայն տիրույթի ցանկացած տրված արժեքի համար:

## Եզրակացություն

Տարածքների սեյսմիկ վտանգի գնահատման գործընթացներում ներկայումս կարևոր և պարտադիր նախապայմաններից մեկը գրունտների տատանումների քանակական չափորոշիչների (արագացում, արագություն, տեղափոխություն և այլն) կանխագնահատումն է:

Ուժեղ երկրաշարժերի գործիքային գրանցումների սակավության պայմաններում նման գնահատումները հաճախ իրականացվում են այլ սեյսմոակտիվ ռեգիոններում գրանցված երկրաշարժերի գործիքային գրանցումների հիման վրա՝ հնարավորինս պահպանելով սեյսմոտեկտոնական համարժեքության սկզբունքը: Կոնկրետ դեպքում հիմնականում օգտագործվել են ԱՄՆ-ի արևմուտքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի գրանցումները (աքսելերոգրամները):

Սեյսմովիճակագրական վերլուծության արդյունքում մեր կողմից նախկինում ստացված կորելյացիոն հավասարումները՝ հակազդեցության [RA] սպեկտրների և օջախային պարամետրերի միջև, թույլ են տվել կառուցել հակազդման միջին (ստանդարտ) սպեկտրներ տրված ցանկացած մագնիտուդների և հեռավորությունների տիրույթների համար:

Գնահատված միջին սպեկտրները կարելի է դիտարկել որպես սեյսմիկ ազդեցությունների հաշվարկային մոդելներ: Վերջիններս թույլ կտան ՀՀ շինարարական նորմերում կիրառել առավել իրատեսական, տարածքային դինամիկության կորեր:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Սեյսմակայուն շինարարություն: Նախագծման նորմեր: 2006. ՀՀՇՆ II-6.02. 62էջ:

**Григорян В. Г.** 1983. Зависимость спектра реакции от магнитуды и эпицентрального расстояния сильного землетрясения. Изд. АН АрмССР, Науки о Земле, том 34, 1, Ереван, с.57-62.

**Григорян В. Г.** 1987. Определение спектрального графика в зависимости от сейсмологических условий с учетом категорий грунтов. ЦНИИСК, Стро-во в особых условиях. Сейсмостойкое стр-во. Вып. 6, Москва, с.16-18.

**Григорян В. Г.** 1989. Задания спектральных графиков с учетом ожидаемых магнитуд и расстояний. В сб. “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 30. Москва, Наука, с.36-41.

**Хачиян Э.** 2008. “Прикладная сейсмология”, Изд. “Титутюн” НАН РА Ереван, 491с.

**Штейнберг В. В.** 1986. Параметры колебаний грунтов при сильных землетрясениях. В сб. “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 27. Москва, Наука, с.7-22.

**Штейнберг В. В.** 1990. Колебания грунта при землетрясениях “Вопросы инженерной сейсмологии”, вып. 31. Москва, Наука, с.47-67.

**Anderson J., Trifunac M.** 1977. On uniform risk functionals which describe strong earthquake ground motion: definition, numerical estimation and an application to the Fourier amplitude of acceleration: Rep. NCE 77-02. Los-Angeles: Univ. S. Cal.. 176p.

**Johnson J.** 1980. Spectral characteristics of near source strong ground motion // Proc. VII world conf. earthquake Eng. Morkey, vol. 2, p.131-134.

**Seed M., Ugas C., Lysmer J.** 1976. Site dependent spectra for earthquake resistant design //Bull. Seismol. Soc. Amer. v. 66, 1, p.221-243

**Katayama T., Iwasaki T., Saeki M.** 1977. Prediction of acceleration response spectra for given earthquake magnitude, epicentral distance and site conditions // Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ. 11, p.96-105.



**ОЦЕНКА СРЕДНИХ СПЕКТРОВ РЕАКЦИИ СИЛЬНЫХ  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Григорян Г. В.**

Резюме

Полученные нами ранее корреляционные уравнения между спектрами реакции и очаговыми параметрами сильных землетрясений позволили построить средние (стандартные) спектры воздействий для заданных значений магнитуд и диапазонов эпицентральных расстояний.

Полученные средние (стандартные) спектры [RA] можно рассматривать как предварительные расчетные модели сейсмических воздействий. Произведя в дальнейшем возможные уточнения и исправления, исходя из региональных особенностей, станет возможным использовать последние в качестве базовых моделей ожидаемых сейсмических воздействий для непосредственного использования.

**ESTIMATION OF THE AVERAGE RESPONSE ON SPECTRA OF  
STRONG EARTHQUAKES BASED ON EMPIRICAL DATA**

**Grigoryan V.G.**

Abstract

The previously obtained correlation equations between the response spectra and the focal parameters of strong earthquakes made it possible to construct the average (standard) spectra of impacts for the given values of magnitudes and ranges of epicentral distances.

The obtained average (standard) spectra [RA] can be considered preliminary design models of seismic event. Having made further possible refinements and corrections based on regional characteristics, it will be possible to use the latter as basic models of expected seismic impacts for direct use.

## ՇՈՐժԱՅԻ 05 ՓԵՏՐՎԱՐԻ 2021Թ. ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԸ

Կարապետյան Ջ.Կ.<sup>1</sup>, Գյոդակյան Է.Գ.<sup>1</sup>, Հովհաննիսյան Ս.Մ.<sup>1</sup>,  
Սահակյան Բ.Վ.<sup>1</sup>, Մկրտչյան Գ.Ա.<sup>1</sup>, Վինագրատով Յու.Ա.<sup>2</sup>,  
Գաբասատարովա Ի.Պ.<sup>2</sup>, Մարգարյան Ս.Ս.<sup>3</sup>, Մարգարյան Հ.Վ.<sup>3</sup>,  
Մկրտչյան Ս.Ա.<sup>1</sup>, Կարապետյան Ռ.Կ.

<sup>1</sup> ՀՀ ԳԱԱ Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ  
(ՀՀ, ք. Գյումրի 3115, Վ. Մարգարյան 5)

<sup>2</sup> ՌԳԱ ՂՀԿ Միասնական երկրաֆիզիկական ծառայություն  
(ՌԴ, ք. Օրենինսկ, 249035, Կալուգայի շրջ., Լենինի պող. 189)

<sup>3</sup> ՀՀ ԱԲՆ, Սեյսմիկ պաշտպանության տարածքային ծառայություն  
(ՀՀ, ք. Երևան, Ծիծեռնակաբերդի խճուղի, 8/1 շ.)  
Հանձնված է խմբագրություն 29.06.2021

Աշխատանքում կատարված է 05.02.2021թ. Սևանալճի ավազանի հյուսիս-արևելյան ափամերձ շրջանում՝ Շորժա բնակավայրի մերձակայքում տեղի ունեցած  $M_b=5.1$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժի գործիքային և մակրոսեյսմիկ տվյալների համալիր վերլուծություն:

Աշխարհի, տարածաշրջանային, հանրապետական հեղինակավոր սեյսմաբանական գործակալությունների թվով 140 սեյսմիկ կայանների թվային գրանցումների ալիքային պատկերների վերծանմամբ քանակապես գնահատվել են երկրաշարժի օջախի կինեմատիկ և դինամիկ պարամետրերը:

Օջախի ճառագայթման սպեկտրալ բնութագրիչների, խզումագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ առանձնահատկությունների հիման վրա որոշվել է, որ երկրաշարժի օջախը համապատասխանում է Բրունի շրջանաձև մոդելին՝ իրենից ներկայացնելով առանց թևերի անջատման հարթ սահքով միակտանի խզումագոյացման պրոցես:

Օջախի մեխանիզմի լուծումների, նրանում գործող լարումների գլխավոր առանցքների ուղղությունների, սեյսմիկ մոմենտի թենզորային վերլուծության և Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծության հիման վրա բացահայտվել է, որ օջախում տեղի է ունեցել միառանցք, մերձհորիզոնական, աջակողմյան սահքային տեղաշարժ:

Գործիքային տվյալների հիման վրա կատարված համալիր վերլուծությամբ կառուցվել է երկրաշարժի օջախի իրատեսական երկրադինամիկ մոդելը և ստացվել է օջախային գոտու սեյսմոգենեզի ճշգրտված պատկերները:

**Հանգուցային բառեր.** օջախ, մագնիտուդ, սեյսմիկ մոմենտ, անջատված լարում, երկրադինամիկ մոդել:

## Ներածություն

Սույն թվականի փետրվարի 5-ին տեղական ժամանակով 19:36:09 (15:36:09 ըստ Գրինվիչի ժամանակի) Սևանա լճի ավազանի հյուսիս-արևելյան հատվածում՝ Շորժա բնակավայրի մերձակայքում տեղի է

ունեցել  $M_b=5.1$  մագնիտուդով երկրաշարժ, որը զգացվել է Էպիկենտրոնին հարող տարածքում  $I_0=6-7$  բալ ուժգնությամբ:

Սևանա լճի ավազանը սեյսմիկության տեսանկյունից գտնվում է խիստ անբարենպաստ պայմաններում: Պատմական ժամանակահատվածից մինչև արդի ժամանակները տեղի ունեցած ուժեղ և կործանարար՝ Խոնարհասարի մ.թ.ա. 768թ., Գանձակի 1139թ., Գառնիի 1679թ., Ծաղկաձորի 1827թ., Ծովագյուղի 1853թ. և 1945թ. և այլ երկրաշարժերի ազդեցության գոտին պարփակում են Սևանա լճի ավազանի տարածքը: Այդ երկրաշարժերի օջախները տեղաբաշխված են տարբեր հիեարխիկ մասշտաբներով սեյսմածին բեկվածքային գոտիներում, որոնք ինչպես ուրվագծում, այնպես էլ հատում են հետազոտվող տարածքը: Դրանք են հանդիսանում Փամբակ-Սևան-Սյունիք (PSSF), Գեղամի (GEGF), Գավառագետի (GAVF), Գառնիի (GF) (Կարախանյան, 1995, Karakhanian et al. 2004), Խոնարհասարի (KHF), որը ըստ (Karakhanian et al. 2004), հանդիսանում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք բեկվածքային համակարգի 5-րդ սեգմենտը, Արարատ-Սևանի (ASF) (Սարգսյան, 1969; Ասլանյան և ըր., 1981, 1986; Սարգսյան, Շախբեկյան, 2015) բեկվածքային գոտիները (նկ.1):



Նկ.1. Մ.թ.ա.-ից մինչև 10.05.2021թ. տեղի ունեցած  $M>4.5$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժերի տարածական բաշխվածությունը:

Սևանա լճի ավազանում երկրաբանական (սեյսմածին գոտիների լրիվ ձգվածության- $L$ , նրանց սեգմենտների- $LS$  մեծության, միմյանց հետ փոխազդող երկրաբաշխվածության / $GB$ / միջին չափերի- $\delta$ , սեյսմալինիա-մենտների միջև եղած առավելագույն հեռավորությունների- $L_{max}$ ) և սեյսմաբանական (պլեյստոսեյստային գոտիների մակրոսեյսմիկ տվյալների- $I_0$ , դիտարկված ուժեղագույն երկրաշարժերի մագնիտուդ-

ների սահմանային արժեքների- $M$  և սեյսմիկ ռեժիմի քանակական պարամետր հանդիսացող  $K_{max}$ -ի) չափորոշիչների կիրառմամբ գնահատվել են բեկվածքային գոտիների  $M_{max}$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքները:

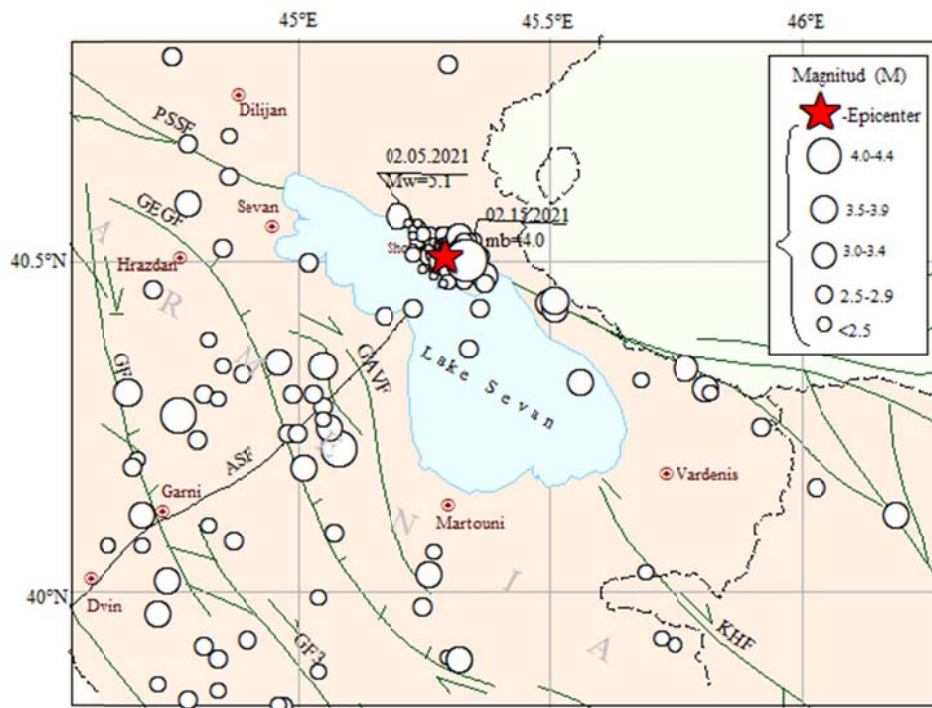
Սեյսմիկ պոտենցիալի  $M_{max}=7.1-7.5$  արժեքով առաջնահերթ տարանջատվում է Հայաստանի տարածքով ձգվող և երկրակեղևի վերին թիկնոցը հատող, առաջին կարգի Փամբակ-Սևան խորքային բեկվածքը, որի երկայնքով տեղի է ունենում երկրակեղևի խոշոր բլոկների ակտիվ տեղաշարժեր, որոնք և դրսևորվում են ուժեղ և կործանարար երկրաշարժերով:

Երկրորդ կատեգորիայի խզվածքները, որոնք կապված են երկրակեղևի վերին կառուցվածքային շերտերի հետ, հիմնականում սահմանազատվում են սեյսմածին շերտի ստորին հատվածներով և ուրվագծում են երկրակեղևի կառուցվածքային մասնատվածությունը, դրանց թվին են դասվում Խոնարհասարի և Գառնիի  $M_{max}=6.6-7.0$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքներ ունեցող խզվածքային գոտիները:

Երրորդ կարգի խզվածքների դասին են վերագրվում արդի ժամանակահատվածում թույլ և միջին սեյսմիկությամբ ակտիվություն ցուցաբերած Գավառագետի, Գեղամի և Կովկասյան ուղղության հակուղղված Փամբակ-Սևանի բեկվածքային գոտու դիզյունկտիվ հանգույցից մինչև Իգդիր բնակավայրը հետագծող Արարատ-Սևանի  $M_{max}=6.1-6.5$  սեյսմիկ պոտենցիալի արժեքներով ներկեղևային խզվածքային խախտումները (Оганесян и др., 2004) (նկ.2):

Ժամանակակից սեյսմիկության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Սևանա լճի ավազանի արևմտյան և հարավ-արևմտյան տիրույթներում  $M=3-4$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժերով դրսևորված սեյսմիկ ակտիվությունը զգալիորեն գերազանցում է հետազոտվող տարածքի հյուսիս-արևելյան հատվածի սեյսմիկությանը: Սակայն հարկ է նշել, որ 2021թ. փետրվարի 5-ին տեղի ունեցած  $M_s=5.1$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժը՝ 1988թ. դեկտեմբերի 7-ի Սպիտակի  $M_s=7$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժից ի վեր, Փամբակ-Սևան բեկվածքային գոտում հանդիսանում է մինչև օրս տեղի ունեցած առավել ուժեղ երկրաշարժը:

Այս երկրաշարժի գործիքային և մակրոսեյսմիկ դիտարկումների տվյալների վերլուծությունը իրենից ներկայացնում է հույժ կարևոր գիտակիրառական խնդիր՝ ուղղված ինչպես ուժեղ երկրաշարժերի օջախներում ընթացող ֆիզիկական պրոցեսների հիմնական օրինաչափությունների և բնութագրական առանձնահատկությունների բացահայտմանը, այնպես էլ հետազոտվող տարածքի սեյսմիկ վտանգի առավել ադեկվատ գնահատման աշխատանքներին:



Նկ.2. 2005թ.-ից մինչև 10.05.2021թ. տեղի ունեցած թույլ և միջին ուժգնությամբ սեյսմիկ իրադարձությունների տարածական բաշխվածությունը:

**Երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրեր:** Շորժայի երկրաշարժը գրանցվել է և նրա հիմնական պարամետրերը տեղայնացվել են աշխարհի, տարածաշրջանային, հանրապետական թվով 14 գործակալությունների և սեյսմաբանական ծառայությունների կողմից, որոնք ներառում են ավելի քան 140 սեյսմիկ կայաններ: Երկրաշարժը գրանցված կայանների էպիկենտրոնային հեռավորությունները օջախից կազմում են  $R_{dis} = 54 - 7500$  կմ:

Հարկ է նշել, որ երկրաշարժի օջախի տարածական կոորդինատների որոշման ճշտությունը էականորեն կախված է օջախի նկատմամբ երկրաշարժը գրանցված սեյսմիկ կայանների ազիմուտալ տեղաբաշխվածությունից, էպիկենտրոնային հեռավորությունից,  $P$  երկայնական ալիքի մուտքի հստակությունից և նրանց կինեմատիկ անհամաձայնեցվածությունից: Հետագա ուսումնասիրությունների համար, վերոնշյալ 14 գործակալություններից ընտրվել են 7 հեղինակավոր սեյսմաբանական ծառայություններ որոնց կողմից և որոշվել է ուսումնասիրվող երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը (աղ.1):

Աղյուսակ 1

Երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը ըստ սեյսմաբանական  
ծառայությունների

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Գործակալ.<br>անվանումը* | Երկրաշարժի<br>տեղի ունենալու<br>ժամանակը |     |     | Հիպ. կոորդինատ |       |      | Մագնիտուդ      |                |                | Ինտենս.<br>I <sub>0</sub><br>բալ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----|-----|----------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | ժամ                                      | րոպ | վրկ | φ°N            | λ°E   | Իկմ  | M <sub>s</sub> | M <sub>b</sub> | M <sub>w</sub> |                                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | NEIC                    | 15                                       | 36  | 11  | 40.50          | 45.34 | 12.8 | 5.2            | -              | 5.1            | -                                |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | EMSC                    | 15                                       | 36  | 10  | 40.51          | 45.29 | 10   | 5.1            | -              | 5.1            | -                                |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GSRS                    | 15                                       | 36  | 11  | 40.38          | 45.25 | 10   | -              | 5.0            | -              | -                                |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | NSSP                    | 15                                       | 36  | 05  | 40.53          | 45.32 | 10   | -              | 4.9            | -              | 6-7                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GFZ                     | 15                                       | 36  | 13  | 40.54          | 45.40 | 10   | -              | 5              | -              |                                  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | KAN                     | 15                                       | 36  | 12  | 40.57          | 45.21 | 11.4 | 5.1            | -              | -              | -                                |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | TIF                     | 15                                       | 36  | 09  | 40.54          | 45.23 | 7.3  | -              | 5              | -              | 5.5-6                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                          |     |     |                |       |      |                |                |                |                                  |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | IGES                    | 15                                       | 36  | 09  | 40.51          | 45.30 | ≈10  | -              | 5.1            | -              | 6-7                              |
| * NEIC - National Earthquake Information Centre,<br>EMSC- European Mediterranean Seismological Centre,<br>GSRS Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,<br>NSSP- National Survey of Seismic Protection,<br>GFZ- Geoforschungs Zentrum,<br>KAN- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute,<br>TIF- Seismic Monitoring Centre of Georgia,<br>IGES- Institute of Geophysics and Engineering Seismology |                         |                                          |     |     |                |       |      |                |                |                |                                  |

Աղյուսակ 1-ում բերված պարամետրերի մանրամասն վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ընդհանուր առմամբ տարբեր սեյսմաբանական գործակալությունների կողմից որոշված երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերի քանակական արժեքները հիմնականում համընկնում են: Այնուամենայնիվ երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերի միջև գոյություն ունեցող տարբերությունները տատանվում են պարամետրերի որոշման ճշգրտության սահմաններում և հիմնականում կապված են այդ ծառայությունների կողմից ընդգրկված սեյսմիկ կայանների քանակից, դրանց միակողմանի անհամաչափ ազիմուտալ բաշխվածությունից և երկրակեղևի տարանջատված շերտերում ըստ խորության արագությունների դաշտի փոփոխությունների փորձարարական հոդոգրաֆների ընտրությունից:

Առանձնահատուկ ուշադրության է արժանի երկրաշարժի էներգետիկ բնութագրիչի՝ տարբեր սանդղակներով մագնիստուդի արժեքների գնահատումը: NSSP, TIF, GFZ և GSRS գործակալությունների կողմից երկրաշարժի մագնիստուդը գնահատվել է Ռիխտերի ծավալային ալիքներով որոշված  $m_b$  մագնիստուդի սանդղակի միջոցով, իսկ EMSC, NEIC և KAN ծառայությունների կողմից երկրաշարժի մագնիստուդը գնահատվել է Գուտենբերգի մակերևութային ալիքներով արտահայտված  $M_s$  մագնիստուդի սանդղակի միջոցով, ընդ որում EMSC և NEIC գործակալությունների կողմից, ի լրումն  $M_s$  մագնիստուդի, որոշվել է նաև երկրաշարժի ձգված օջախում լարվածադեֆորմացիոն վիճակը և խզումնագոյացման պրոցեսը ադեկվատ նկարագրող  $M_w$  մոմենտային մագնիստուդը:

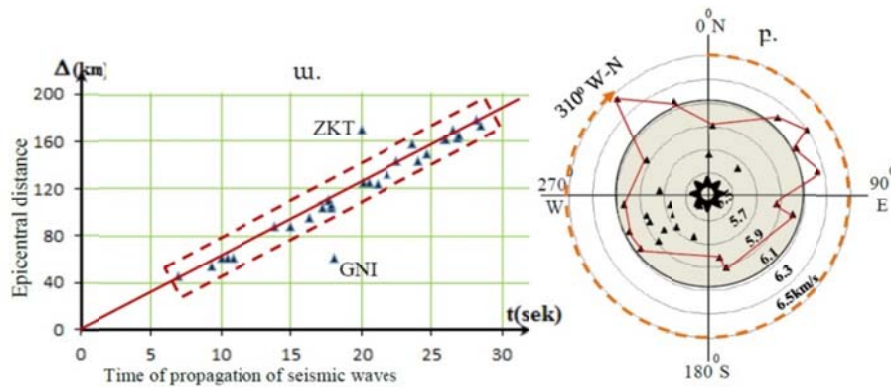
Հիպոկենտրոնի որոշման համար գոյություն ունեցող բոլոր գործիքային գնահատումները ցույց են տալիս, որ երկրաշարժի օջախի խորությունը տատանվում է 7-13կմ խորության սահմաններում: Սյս խորությունները էպիկենտրոնային գոտում համընկնում է բյուրեղային հիմքի վերին շերտի տեղադիրքի հետ: Գործիքային տվյալների ամփոփիչ վերլուծության արդյունքում, մեր կողմից գնահատվել է երկրաշարժի օջախի հիմնական պարամետրերը (աղ.1):

Օջախային և կառուցվածքային սեյսմաբանության զարգացման արդի փուլում, ժամանակակից թվային սեյսմիկ գրանցումների սպեկտրալ վերլուծությունների և դրանց մեկնաբանման մաթ-մոդելավորման տեսության առանձին բաժինների ներդրմամբ, հատուկ հետազոտություններ են իրականացվում երկրաշարժի օջախում տեղի ունեցող ֆիզիկական պրոցեսների պատճառահետևանքային կապերի բացահայտման, խզումնագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ բնութագրիչների քանակական գնահատման ուղղություններով:

***Կինեմատիկ սպեկտրալ բնութագրիչներ և խզումնագոյացման մոդել:***  
Երկրաշարժի օջախի խզումնագոյացման կինեմատիկ պարամետրերի որոշման նպատակով, կիրառվել է ազիմուտալ հոդոգրաֆի կառուցման մեթոդական մոտեցումները (Горбунова, 1984): Համաձայն այդ մեթոդաբանության, գործիքային տվյալների բազայից ներգրավել ենք օջախը ազիմուտալ ուղղությամբ շրջապատած  $R_{dis}=180$ կմ շառավղով ավելի քան 46 սեյսմիկ կայանների P երկայնական ուղիղ ալիքների մուտքերի ժամանակները: Առաջին փուլում Վադատիի գրաֆիկի կիրառմամբ իրականացվել է ելակետային տվյալների ճշգրտության վերլուծություն (նկ.3ա):

Սեյսմիկ ալիքների տարածման հոդոգրաֆի (նկ.3ա) վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ P ուղիղ ալիքների մուտքերի ժամանակների և օջախից կայան էպիկենտրոնային հեռավորությունների միջև գոյություն ունի ընդհանուր օրինաչափություն, որը լավագույնս ապրոկսիմացվում է գծային կախվածությամբ և իրենից ներկայացնում է ոչ մեծ հեռավորությունների վրա սեյսմիկ ալիքների տարածման արագությունների հոդոգրաֆ՝  $v_p = 6.1$ կմ/վ տեսական արագությամբ: Ժա-

մանակների մուտքերի անճշտություններով պայմանավորված, հետագա հետազոտություններից դուրս են մնացել ընդհանուր օրինաչափությունից շեղված երկու կայանների (GNI, ZKT) ելակետային տվյալները:



Նկ.3. Սեյսմիկ ալիքների տարածման (ա) և արագությունների ազիմուտալ ուղղվածության (բ) հոդոգրաֆները (4 - սեյսմիկ կայան):

Երկրաշարժի օջախն ամբողջությամբ ազիմուտալ շրջափակող սեյսմիկ կայանների ճշգրիտ թվային գրանցումների ալիքային պատկերների վերծանմամբ կառուցվել է երկայնական P ուղիղ ալիքի առավելագույն ( $\tau_{max}$ ) և նվազագույն ( $\tau_{min}$ ) փուլերին համապատասխանող ժամանակների տարբերության և սեյսմիկ կայանների ազիմուտալ տեղադիրքի միջև կախվածությունը պատկերող՝ սեյսմիկ ալիքների տարածման ազիմուտալ հոդոգրաֆը (նկ.3բ):

Այդ հոդոգրաֆի քանակական արժեքների տվյալների

$$l = \frac{v_p}{2} \cdot (\tau_{max} - \tau_{min}) \quad (1)$$

$$c = v_p \cdot \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{\tau_{max} + \tau_{min}} \quad (2)$$

և (1) - (2) հայտնի բանաձևերի կիրառմամբ, որոշվել են խզումագոյացման կինեմատիկ պարամետրերը, որոնց թվային մեծությունները բերված են աղյուսակում (աղ.2):

Աղյուսակ 2

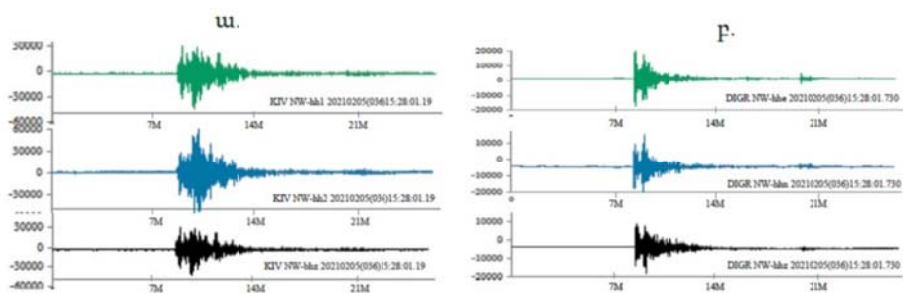
Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման կինեմատիկ պարամետրերը

|                                                               |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| $v_p$ - երկայնական ալիքի տարածման արագության միջակայք         | $6.1 \pm 0.5$ կմ/վ |
| $\Phi_s$ - խզումագոյացման ազիմուտալ կողմնորոշում              | $\sim 310^\circ$   |
| $\tau = \tau_{max} - \tau_{min}$ - խզումագոյացման տևողություն | $\sim 1.25$ վ      |
| $c$ - խզումագոյացման արագություն                              | $\sim 4.2$ կմ/վ    |
| $l$ - օջախի խզումագոյացման երկարություն                       | $\sim 5$ կմ        |



Ազիմուտալ հոդոգրաֆի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Շորժայի երկրաշարժի օջախում խզումագոյացման պրոցեսը իրենից ներկայացնում է հարավ-արևելքից դեպի հյուսիս-արևմուտք լաթերալ ուղղված միակտանի խզման պրոցես:

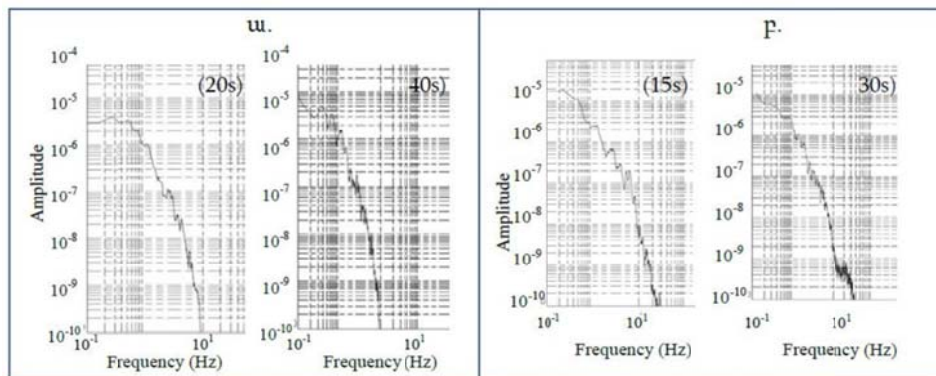
**Երկրաշարժի օջախի դինամիկ պարամետրեր:** Ստացված որակական և քանակական արդյունքների վերլուծությունը թույլ է տալիս մոդելավորել, խզումագոյացման պրոցեսը, որպես առանց թևերի անջատման, հարթ սահքով՝ հոծ միջավայրի մեկուսացված խզվածք: Այդ մոդելը իրենից ներկայացնում է օջախից  $P$  և  $S$  կանոնավոր բաղադրիչներով առաքված ալիքների աղբյուր, որը լավագույնս ապրոկսիմացվում է Բրունի մեկ  $0$ -ական  $\omega^2$  անկյունային հաճախականությամբ սպեկտրալ-էներգետիկ մոդելով (Brune, 1970; Аки, Ричардс, 1983): Շորժայի երկրաշարժի օջախի սպեկտրալ բնութագրիչները և դինամիկ պարամետրերը որոշվել են Կիսլովոդսկի և Դիգորի կայանների թվային գրանցումների  $P$  ալիքային պատկերների վերծանման միջոցով (նկ.4):



Նկ. 4. 02.05.2021թ. Շորժայի երկրաշարժի թվային գրանցումները ըստ կայանների՝ ա. - Կիսլովոդսկի (KIV), բ. - Դիգորի (DIGOR):

SAC ծրագրային փաթեթի առանձին բաժին հանդիսացող Ֆուրյեի արագ ձևափոխության (ՖԱՁ) լայնույթի սպեկտրի մշակման մեթոդի կիրառմամբ, թվային գրանցումը վերծանվել է բարձր և ցածր հաճախականության տիրույթները՝  $f_0$  – անկյունային հաճախականության ճկման կետով տարանջատած  $lg\Omega$  – սպեկտրալ խտության քառակուսային օրենքով մարման դիագրամի (նկ.5):

Սպեկտրալ վերլուծության գրաֆիկից (նկ.5) դուրս են բերվել  $P$  երկայնական ալիքի՝  $T=20(40)$ վ (ըստ Կիսլովոդսկի կայանի) և  $T=15(30)$ վ (ըստ Դիգորի կայանի) տևողություններին համապատասխանող  $f_0$  և  $lg\Omega$  քանակական արժեքները, որոնց հիման վրա ուղիղ հաշվարկային եղանակով որոշվել է երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման դինամիկ պարամետրերի թվային մեծությունները (Костров, 1976; Аптектман и др., 1989) (աղ.3):



Նկ. 5. Գրանցումների  $z$  բաղադրիչների Ֆուրյեի սպեկտրները՝  
 ա- KIV կայանի 20վրկ և 40վրկ, բ.- DIGOR կայանի 15վրկ և 30վրկ տևողությունների համար:

### Աղյուսակ 3 Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման դինամիկ պարամետրերը

| $f_0$ (Հց) – զրո անկումային հաճախականություն | $\Omega_0$ (սմ/վ) – լայնության սպեկտրալ խտություն | $M_0$ (Նմ) – սկալյար մոմենտ | $L(l_0)$ – խզումագոյացման երկարություն | $r_0$ (կմ) – ռեֆերենտ շառավիղ | $\Delta\sigma$ (բար) – անջատված լարում | $\eta$ (բար) – թվացյալ լարում | $\bar{u}$ (սմ) – սեյսմատեկտոնական տեղաշարժ | $M_w$ – մոմենտային մագնիտուդ |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|
| 1,2                                          | $0,5 \cdot 10^{-6}$                               | $6,85 \cdot 10^{16}$        | 5,001                                  | 2,5                           | 2,15                                   | 0,87                          | 36                                         | 5,2                          |

Սպեկտրալ-էներգետիկ մեթոդներով որոշված սկալյար սեյսմիկ մոմենտի և անջատված լարումների թվային արժեքները համապատասխանում են, մայրցամաքային կոլիզիոն գոտիներում բեկվածքային բարդ համակարգով մասնատված տիրույթներում տեղի ունեցած  $M=5$  մագնիտուդի խմբին բնորոշ երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման տվյալ պարամետրերի գնահատված մեծություններին:

**Երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի հիմնական պարամետրեր և լարվածադեֆորմացիոն վիճակ:** Սեյսմատեկտոնական տեղաշարժի, թվացյալ լարումների և խզումագոյացման արագության համեմատաբար մեծ արժեքները բնորոշ են Բրունի հարաբերական հարթ սահեքով մեկ ակտանի խզումագոյացման մոդելին: Օջախում գործող սեղմման և

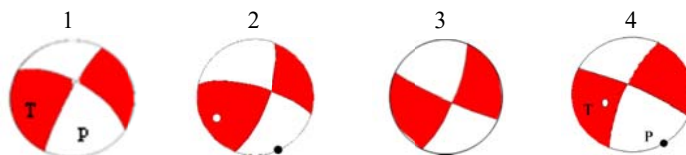
ձգման լարումների ազիմուտալ կողմնորոշումների, խզումագոյացման պրոցեսի իրական հարթության և դրանում սեյսմատեկտոնական տեղաշարժի տեսակը բացահայտելու նպատակով մեր կողմից իրականացվել է ֆոկալ մեխանիզմի պարամետրերի որոշում և ստերեոգրաֆիկ պրոեկցիաների կառուցում (Введенская, 1969):

Ստացված արդյունքները համադրվել են տարբեր սեյսմաբանական գործակալությունների կողմից որոշված օջախի մեխանիզմի պարամետրերի (աղ.4) և ստերեոգրաֆիկ պրոեկցիաների (նկ.6) հետ:

Աղյուսակ 4

Երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի հիմնական պարամետրերը

| Գործակալություն | Լարումների առանցքներ (°) |    |            |    |         |    | Նոդալ հարթություններ (°) |      |       |       |      |       |
|-----------------|--------------------------|----|------------|----|---------|----|--------------------------|------|-------|-------|------|-------|
|                 | Սեղմում P                |    | Ջրոյական N |    | Ձգում T |    | NP1                      |      |       | NP2   |      |       |
|                 | AZM                      | PL | AZM        | PL | AZM     | PL | STR K                    | DI P | SLI P | STR K | DI P | SLI P |
| GSRS            | 154                      | 0  | 64         | 64 | 244     | 64 | 22                       | 72   | 19    | 286   | 72   | 161   |
| EMSC            | 157                      | 9  | 65         | 67 | 250     | 22 | 203                      | 65   | 15    | 300   | 85   | 165   |
| NEIC            | 162                      | 22 | 12         | 65 | 257     | 11 | 208                      | 66   | -24   | 301   | 83   | -172  |
| GFZ             | -                        | -  | -          | -  | -       | -  | 23                       | 77   | -4    | 114   | 85   | -167  |
|                 |                          |    |            |    |         |    |                          |      |       |       |      |       |
| IGES            | 160                      | 10 | 50         | 65 | 250     | 35 | 205                      | 70   | 15    | 295   | 80   | 165   |



Նկ. 6. Շորժայի երկրաշարժի օջախի մեխանիզմի ստերեոգրամները ըստ գործակալությունների՝ 1.- NEIC, 2.- GFZ , 3.- EMS, 4.- IGES (աղ.4):

Ֆոկալ մեխանիզմի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ տարբեր սեյսմաբանական ծառայությունների կողմից որոշված նոդալ հարթությունների ազիմուտալ կողմնորոշումները, ինչպես նաև սեղմման և ձգման լարումների գլխավոր առանցքների ուղղվածությունները ընդհանուր առմամբ համընկնում են, իսկ նրանց անկյունների աստիճանային չափերի տարբերությունները գտնվում են ֆոկալ մեխանիզմի որոշման ճշտության սահմաններում ( $\pm 15^\circ$ ):

Շորժայի երկրաշարժի օջախում տարանջատված նոդալ հարթությունները համընկնում են հետագոտվող տարածքում առկա Փամբակ-

Սևանի և Արարատ-Սևանի բեկվածքային սեզմենտների տարածման ուղղությունների հետ: Առանձնահատուկ ուշադրություն է արժանի երկրորդ նոդալ հարթության ազիմուտալ կողմնորոշումը, որը համընկնում է ինչպես սեյսմիկ ալիքների արագությունների ազիմուտալ դաշտի տարածման, այնպես էլ Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի աշխարհագրական դիրքավորման հետ: Բերված փաստերը մեզ հիմք են տալիս այդ հարթությունը համարել խզումնագոյացման պրոցեսի ձևավորման և տարածման իրական հարթություն: Արարատ-Սևանի բեկվածքային սեզմենտի տարածման ուղղությունն ունեցող առաջին նոդալ հարթությունը, մեր կողմից ընդունվել է որպես իրական խզման հարթությանն օրտոգոնալ դիրքավորում ունեցող՝ օժանդակ հարթություն: Այս երկու նոդալ հարթություններն էլ երկրակեղում դիրքավորված են զառիթափ անկման անկյամբ: Նոդալ հարթություններով տարանջատված ձգման և սեղմման տիրույթներում տեկտոնական լարումների գլխավոր առանցքներն ունեն համապատասխանաբար մերձգուգահեռական և մերձմիջօրեկան ազիմուտ ուղղվածություն, իսկ նրանց անկման անկյուններն երկրակեղում դիրքավորված են մերձհորիզոնական ուղղությամբ: Տեկտոնական լարումների այդպիսի աստիճանային կողմնորոշումներն և խզման հարթության մեջ աղ.4-ում բերված սահքի վեկտորի  $\lambda=165^\circ$  մերձհորիզոնական ուղղվածությունը բնութագրում են երկրաշարժի օջախում տեղի ունեցող աջակողմյան սահք տեսակի սեյսմատեկտոնական տեղաշարժը:

Թենզորային վերլուծությամբ իրականացվել է սեյսմիկ մոմենտի  $M_{i,j,k}$  գլխավոր և դեվիատորային բաղադրիչների քանակական գնահատում, բերված (3) մատրիցի տեսքով (Ризниченко, 1985; Юнга, 1990; Воронина, 2004):

$$M_{i,j,k} = M_0 \cdot \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = 6,85 \cdot 10^{16} \cdot \begin{pmatrix} 8,064 & 0,241 & -0,862 \\ 0,241 & -0,088 & 0,477 \\ -0,862 & 0,477 & -7,976 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Օջախային գոտու լարվածային վիճակի բնույթը բացահայտելու նպատակով, (4) բանաձևի կիրառմամբ որոշվել է տեսական մեխանիկայից հայտնի Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծությունը՝

$$\mu_M = 2 \cdot \frac{M_2 - M_3}{M_1 - M_3} - 1 = 0,15 \quad (4)$$

Երբ  $M_1 \geq M_2 \geq M_3$

Սեյսմիկ մոմենտի թենզորային բաղադրիչների և Լոդե-Նոդայի գործակցի համադրական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ երկրաշարժի օջախն ընդգրկող երկրաբանական միջավայրում տեղի է ունեցել հիմնականում միատանց սեղմման-ձգման պարզագույն սահքային լարումներ:

Ինչպես գիտենք օջախի խզումնագոյացման պրոցեսի ընթացքում, տեղի է ունենում կուտակված լարումների ոչ լրիվ անջատում (Костров, 1975): Օջախում առկա, մնացորդային լարումների մի մասը անհավա-



ճանային օրենքի (LPL) մոդիֆիկացված տարբերակով՝ (5), (Narteau et al., 2003):

Կառուցվել է միավոր ժամանակահատվածում հետցնցումային քանակի ըստ ժամանակահատվածի բաշխվածության գրաֆիկը (նկ.7.բ.):

$$\lambda(t) = \frac{K}{(c + t)^p} \quad (5)$$

որտեղ  $\lambda$  - տրված սահմաններում հետցնցումային հաճախականությունն է,  $t$  - հիմնական ցնցման պահն է,  $K$  - հետցնցումային հաջորդականության արդյունավետությունը,  $p$  - մարման գործակիցն է,  $c$  - ժամանակային ուշացումը:

Հետցնցումների բնութագրական պարամետրերը որոշելու նպատակով, աստիճանային կախվածությունը կրկնակի լոգարիթմական սանդղակով բաղդատվել է երեք գծային, հիպերբոլական և էքսպոնենցիալ տեսքերով կախվածությունների.

- առաջին փուլը, որը համապատասխանում է հետցնցումների առաջին ժամերին և հիմնականում բնութագրում է խզվածքի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, ապրոկսիմացվում է գծային կախվածությամբ,
- երկրորդ փուլը ներկայացվում է հիպերբոլիկ կախվածությամբ և արտացոլում է օջախային գոտին ընդգրկող լեռնային ապարների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները,
- երրորդ փուլը օջախային գոտու ռելաքսացիոն փուլն է և լավագույնս ապրոկսիմացվում է էքսպոնենցիալ օրենքով (Баранов, Шебалин, 2014):

Գնահատվել են հետցնցումային պրոցեսի բնութագրիչների քանակական արժեքները՝  $c=17$  րոպե,  $p=1.15$ ,  $K=42$ : Առանձնահատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում  $\lambda_a=0.175$  օր<sup>-1</sup> և  $\lambda_b=10249$  օր<sup>-1</sup> հետցնցումային հաճախականություններին համապատասխանող  $t_1$  և  $t_2$  ժամանակային միջակայքերը: Այդ միջակայքերի հարաբերակցությունը հիմնականում բնութագրում է երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման տեսակը (հարթ, միջին ատամնավոր և խիստ ատամնավոր) (Баранов, Шебалин, 2014): Շորժայի հետցնցումային պրոցեսի համար ստացված  $t_1=0.011$  օր և  $t_2=40$  օր ժամանակային տևողությունների հարաբերակցությունը, ցույց է տալիս, որ օջախում տեղի է ունեցել հարթ տեսակի խզումագոյացում: Երկրորդ փուլը բնութագրող  $p=1.15$  մարման գործակցի արժեքը, ըստ Շոլցի դասակարգման համապատասխանում է երկրաբանական միջավայրի մածուցիկա-առաձգական ռելաքսացիոն մոդելին (Scholz, 1968):

**Մակրոսեյսմիկ դիտարկումներ:** Մակրոսեյսմիկ ազդեցության վերլուծությունն իրականացվել է NSSP-ի կողմից անմիջապես Հայաստանի տարածքի տարբեր բնակավայրերից հավաքագրված հարցումների, հանրապետական մամուլում լուսաբանված շենք-շինություն-

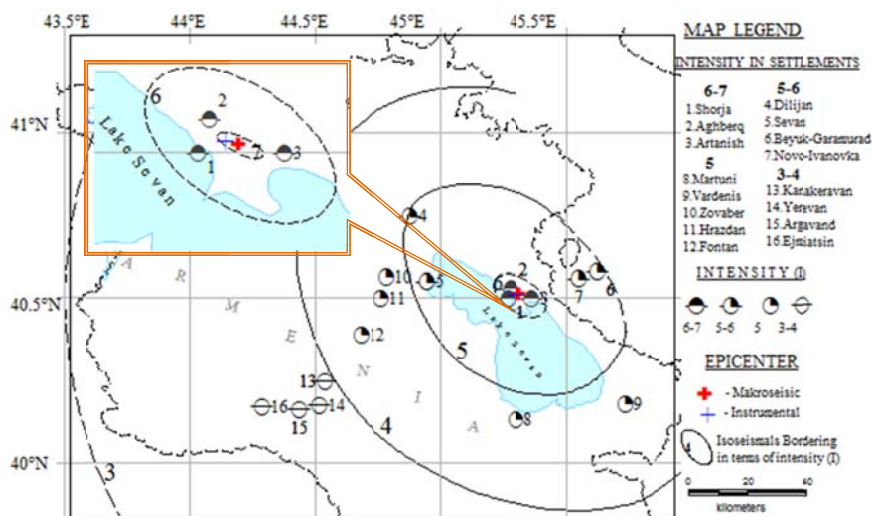
ների, մարդկային զգացողությունների, ինչպես նաև EMSC-ի բազայից հավաքագրված հարևան երկրների որոշ քաղաքների վրա թողած ազդեցություններով: Այդ բնակավայրերում սեյսմիկ ազդեցությունների բալականության գնահատումը իրականացվել է մակրոսեյսմիկ MSK-64 սանդղակի օգնությամբ:

Առավել 6-7 բալ ուժեղ ինտենսիվությամբ Շորժա, Աղբերք և Արտանիշ բնակավայրերն ընդգրկող տիրույթը, ընդունվել է որպես պլեյստոսենյաստային գոտի, որի երկրաչափական կենտրոնը համարվել է մակրոսեյսմիկ էպիկենտրոն: Կիրառելով Անդրկովկասի համար Ն. Վ. Շեքալինի կողմից առաջադրված մակրոսեյսմիկ դաշտի հավասարումը

$$I_i = 1.4 \cdot M - 3.5 \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + 4.2 \quad (6)$$

կառուցվել է Շորժայի երկրաշարժի մակրոսեյսմիկ ազդեցության իզոսեյստերի քարտեզը (նկ.8.) (Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР, 1977):

Հայտնի է, որ ոչ խորը ( $H=10$ կմ) կեղևային երկրաշարժերի ժամանակ ուժեղագույն իզոսեյստեր իրենից ներկայացնում է խզումը պարփակող պլեյստոսենյաստային գոտի, որն արտացոլում է օջախային գոտու կառուցվածքային և երկրաբանական կազմության առանձնահատկությունները:



Նկ. 8. Շորժայի երկրաշարժի իզոսեյստերի քարտեզ:

Քարտեզի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Շորժայի երկրաշարժի առավել ուժեղ առաջին-երկրորդ իզոսեյստերը ունեն էլիպսաձև ձգվածություն և համընկնում են Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի երկրաբանական դիրքավորման հետ: Ավելի ցածր մինչև 4 բալականության իզոսեյստերը ունեն կենտրոնահամաչափ շրջանագծերի տեսք և ընդգրկում են Հայաստանի հյուսիսային և հյուսիս-արևելյան

տարածքների զգալի մասը: Մակրոսեյսմիկ դիտարկումների իզոսեյստալ քարտեզները սեյսմիկ վտանգի ադեկվատ գնահատման գործընթացում հանդիսանում են լրացուցիչ չափանիշներ:

### **Եզրակացություններ**

Աշխատանքում իրականացված օջախային ճառագայթման սպեկտրալ բնութագրիչների, ինչպես նաև օջախի դինամիկ և կինեմատիկ առանձնահատկությունների հետազոտությունների արդյունքներից գալիս ենք այն եզրակացության, որ Շորժայի երկրաշարժի օջախը համապատասխանում է Բրունի շրջանաձև դիսլոկացիոն մոդելին՝ իրենից ներկայացնելով առանց թևերի անջատման հարթ սահեքով միակտանի խզումագոյացման պրոցես:

Օջախի մեխանիզմի լուծումների հիման վրա բացահայտվել է, որ խզման հարթությունը համընկնում է Փամբակ-Սևան բեկվածքային սեզմենտի ազիմուտալ կողմնորոշման հետ: Երկրաշարժի օջախի խզումագոյացման կինեմատիկ և դինամիկ պարամետրերի քանակական արժեքների, սեյսմիկ մոմենտի թենզորային վերլուծության, օջախում գործող լարումների գլխավոր առանցքների ուղղությունների և Լոդե-Նոդայի գործակցի մեծության հիման վրա բացահայտվել է, որ օջախում տեղի է ունեցել միառանցք, մերձհորիզոնական, աջակողմյան սահեքային տեղաշարժ:

Օմորիի-Ուստուիի օրենքով գնահատված հետցնցումային պրոցեսի ժամանակաէներգետիկ բնութագրիչների հիման վրա բացահայտվել է մնացորդային տեկտոնական լարումների ռելաքսացիոն բնույթը, իսկ Շուլցի դասակարգմամբ որոշվել է օջախային տիրույթն ընդգրկող երկրաբանական միջավայրի մածուցիկաառաձգական մոդելը:

Հայտնի է, որ յուրաքանչյուր  $M > 5$  մագնիտուդ ուժգնությամբ երկրաշարժ իրենից ներկայացնում է երկրակեղևում անընդհատ ընթացող բարդ երկրադինամիկ պրոցեսների դիսկրետ արտացոլում: Այս տեսանկյունից, գործիքային տվյալների հիման վրա կատարված համալիր վերլուծությունը, հնարավորություն է տալիս կառուցել երկրաշարժի օջախի իրատեսական երկրադինամիկ մոդելը և ստանալ օջախային զոտու սեյսմոգենեզի ճշգրտված պատկերները:

Աշխատանքը կատարվել է ՀՀ Գիտության կոմիտեի դրամաշնորհային ծրագրի շրջանակում N ACH-01/21):

### **Գրականություն**

- Սարգսյան Հ.Հ., Շախբեկյան Տ.Հ. 2015. Հայաստանի առաջին խոշորամասշտաբ (1:200 000) տեկտոնական քարտեզը: ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր: Երկրաբանություն և աշխարհագրություն, № 3, էջ 10–19:
- Аки К., Ричардс П. 1983. Количественная сейсмология Теория и методы. М., "Мир", Том 1, 2. 880с.
- Аслаян А.Т., Ананян Э.В., Агамян К.А., Караханян А.С., Микаелян А.С. 1981. Карты разломов Центральной части Армянской ССР. М 1:200000. Научно-технический



- отчет по проблеме “Прогноз землетрясений”. ИГН АН АрмССР, Ереван, 63с. (Фонды ИГИС).
- Аслабян А.Т., Караханян А.С., Минасян А.О., Акопян С.Ц.** 1986. Некоторые особенности глубинного строения Тавро-Кавказского региона по данным дистанционного зондирования и сейсмологических исследований. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XXXIX, №3. с.11-19.
- Аптекман Ж.Я., Белакина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Полиарпова Л.А., Чепкунас Л.С.** 1989. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от станционного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очагов. Вулканонология и сейсмология. № 2. М., Наука, с.66-79,
- Баранов С.В., Шебалин П.Н.** 2014. Методика краткосрочного прогноза афтершоковой активности. Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы Республика Армения. Обнинск: ГС РАН с.64-68,
- Введенская А.В.** 1969. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций-М., Наука, 136с.
- Воронина Е.В.** 2004. Механика очага землетрясения. Спецкурс. Москва. 92с.
- Горбунова И.В.** 1984. Методика и некоторые результаты определения длины, скорости и направления распространения разрыва по волновой картине на сейсмограмме, АН СССР ИФЗ М. 98с.-Деп, в ВИНТИ 25.05.84 №3440-84.
- Караханян А.С.** 1995. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийско-Малокавказского орогена Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. М., 45с.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР 1977. Москва., 503с.
- Костров Б.В.** 1975. Механика очага тектонического землетрясения. М., Наука, 176с.
- Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Мкртчян М.Б.** 2004. Сейсмическая опасность бассейна оз. Севан. Сб. научных трудов конференции посвященной 60-летию основания НАН РА. Изд-во "Титутион" НАН РА, Гюмри, с.208-210.
- Пирузян С.А.** 1969. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван, “Айастан”, 92с.
- Ризниченко Ю.В.** 1985. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. М., Наука, 405с.
- Юнга С.Л.** 1990. Методы и результаты изучения сеймотектонических деформаций. М., Наук, 193с.
- Båth M.** 1965. Lateral in homogeneities in the upper mantle Tectonophysics. v. 2. p.483–514.
- Brune J.N.** 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. JGR, vol. 75, Is. 26, p.4997-5009.
- Gardner J.K., Knopoff L.** 1974. Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bull. Seismol. Soc. Am. Vol. 64, №5. p.1363-1367.
- Karakhanian A.S., Vladimir G., Trifonov, Herve Philip, Ara Avagyan et al.** 2004. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. Tectonophysics 380, p.189–219,
- Narteau C., Shebalin P., Hainzl S., Z’oller G., Holschneider M.** 2003. Emergence of a band limited power law in the aftershock decay rate of a sliderblock model. Geophys. Res. Lett. V. 30. No. 11. P. 22-1–22-4. Doi: 10.1029/2003GL017110.
- Scholz C.H.** 1968. Microfractures, aftershocks and seismicity. Bull. Seismol. Soc. Am. V. 58, p.1117–1130.

## **ШОРЖИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 05 ФЕВРАЛЯ 2021Г.**

**Карапетян Дж.К., Геодакян Э.Г., Оганесян С.М., Саакян Б.В.,  
Мкртчян Г.А., Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П., Маргарян С.С.,  
Саргсян Г.В., Мкртчян М.А., Карапетян Р.К.**

### **Резюме**

В работе проведен комплексный анализ инструментальных и макросейсмических данных землетрясения 05 февраля 2021г. с магнитудой  $M_b=5.1$ , произошедшего на СВ побережье оз. Севан вблизи населенного пункта Шоржа. На основе анализа волновых картин цифровых регистраций более 140 сейсмических станций различных авторитетных мировых, региональных и республиканских сейсмических агентств осуществлена количественная оценка динамических и кинематических параметров очага землетрясения.

По данным спектральных характеристик очагового излучения, кинематических особенностей процесса разрывообразования установлено, что очаг землетрясения соответствует круговой дислокационной модели Брюна, представляющей собой одноактный процесс разрывообразования без отрыва берегов разрыва с гладким сдвиговым скольжением; рассчитаны его динамические параметры.

По решению фокального механизма действующих ориентаций главных осей напряжений, тензорного анализа сейсмического момента и значения коэффициента Лодэ-Нодай выявлено, что в очаге имели место одноосные, близ горизонтальные, правосторонние сдвиговые подвижки.

Результаты количественного анализа инструментальных данных позволяют построить наиболее реалистичную геодинамическую модель очага землетрясения и получить новую уточненную картину сейсмогенеза района землетрясения.

## **SHORZHA EARTHQUAKE OF FEBRUARY 05. 2021**

**Karapetyan J.K., Geodakyan E.G., Hovhannisyan S.M., Sahakyan B.V.,  
Mkrтчyan G.A., Vinogradov Y.A., Gabsatarova I.P., Margaryan S.S.,  
Sargsyan H.V., Mkrтчyan M.A., Karapetyan R.K.**

### **Abstract**

The work presents a comprehensive analysis of instrumental macro-seismic data of the earthquake with a magnitude of  $M_b = 5.1$  near the Shorzha settlement in the north-eastern coastal area of Lake Sevan on 05.02.2021. The kinematic and dynamic parameters of the epicenter were assessed by the digital images of seismic records of 140 seismic stations in the world provided by regional and republican authoritative seismological agencies.

Based on the spectral characteristics of the epicenter radiation and on the kinematic-dynamic features of the refraction, it was determined that the epicenter of the

earthquake corresponds to the Bruni circular model, representing the process of single-sided fragmentation with smooth sliding without separation.

Based on the solutions of the focal mechanism, the directions of the main axes of the stress, the tensor analysis of the seismic moment, and the Lodge-Noda coefficient revealed a single axis, near-horizontal, right-sliding movement in the source.

From this point of view, a comprehensive analysis based on instrumental data allows to build a realistic geodynamic model of the earthquake and to obtain accurate images of the epicenter's seismogenesis.

## ԳԻՏԱԿԱՆ ԽՐՈՆԻԿԱ

ՀՀ ԳԿՄՍ Գիտության Կոմիտեն անփոփել է բարձր արդյունավետությամբ աշխատող գիտաշխատողների մրցույթի արդյունքները, Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտից արդյունավետ են ճանաչվել 5 գիտաշխատողներ՝ Սահակյան Լիլիթ, Մելիքսեթյան Խաչատուր, Ավագյան Արա, Գալոյան Ղազար, Նավասարդյան Գևորգ:

2021 թ, Հունիսի 3-ին Անի Պլագա հյուրանոցի Անի սրահում տեղի ունեցավ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ «Գեոթերմալ էներգետիկ ռեսուրսների և բնական վտանգների գնահատումը Հայաստանում» ԱՄՆ Գիտությունների ազգային ակադեմիայի PEER Science-ի կողմից ֆինանսավորված գիտահետազոտական նախագծի մեկնարկային հանդիպումը: Ծրագրի ղեկավար՝ Խ. Մելիքսեթյան:

Հուլիսի 5-9 ԵԳԻ տնօրեն Խ. Մելիքսեթյանը մասնակցել է Լյուբլանայում (Սլովենիա) և Զագրեբում (Խորվաթիա) կազմակերպված աշխատանքային հանդիպմանը COST Action ծրագրի շրջանակներում (CA18219-Research network for including geothermal technologies into decarbonized heating and cooling grids):

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի (ԵԳԻ) և Գերմանիայի Գրեյսվալդի համալսարանի Աշխարհագրության և երկրաբանության ինստիտուտի միջև կնքվել է համագործակցության հուշագիր:



MEMORANDUM OF COOPERATION BETWEEN  
INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF ARMENIA,  
REPRESENTED BY THE DIRECTOR DR. KHACHATUR MELIKSETIAN  
24A MARSHAL BAGHRAMIAN AVE., 0019, YEREVAN, REPUBLIC OF ARMENIA  
AND  
THE PHYSICAL GEOGRAPHY DEPARTMENT,  
INSTITUTE FOR GEOGRAPHY AND GEOLOGY OF THE  
UNIVERSITY OF GREIFSWALD,  
REPRESENTED BY THE RECTOR, PROF. DR. KATHARINA RIEDEL,  
DOMSTR. 11, 17487 GREIFSWALD, GERMANY

Համագործակցության շրջանակներում ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ կրտսեր գիտաշխատողներ, ՀՀ ԳԱԱ Գիտակրթական միջազգայի կենտրոնի Երկրաբանության ամբիոնի մագիստրատուրայի երկրորդ կուրսի ուսանողներ՝ Քրիստինա Սահակյանը և Արաքսյա Ներսիսյանը սեպտեմբերի 1-ից 3 ամսով իրենց մագիստրական թեզին նվիրված աշխատանքները կիրականացնեն Գրեյսֆալդի համալսարանում:

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի կրտսեր գիտաշխատող Լիլիթ Սարգսյանը Էրազմուս+ կրեդիտային շարժունության ծրագրի շրջանակներում մագիստրատուրայի 2-րդ կուրսը (09.2021-10.2022թթ.) կուսուցանի Լիլի համալսարանում, Ֆրանսիա:

## ԲՆԱԳՐԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԿԱՆՈՆՆԵՐԸ

1. Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի “Գիտություններ Երկրի մասին” տեղեկագրում հրատարակվում են Հայաստանում և արտասահմանյան երկրներում **երկրաբանության, երկրաֆիզիկայի, սեյսմոլոգիայի, 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, ադյունակները, 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, վերնից 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 ադյունակները, 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 ազգանունները (ազգանունները), կազմակերպությունը և հասցեն, ներառյալ E-mail-ը (եթե համահեղինակները տարբեր կազմակերպություններից 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.-հանք.գիտ.թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր), քաղաքը, կազմակերպությունը, որտեղ կայացել է պաշտպանությունը, տարեթիվը, էջերի քանակը:

6. Թվարկված պահանջներին չբավարարող հոդվածները չեն ընդունվում:

7. Սրբագրումից հետո լրացումներ չեն արվում:

8. Նմբագրության 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 \*.rpx с разрешением 200-600 dpi (точек на дюйм). Подписные 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 04.10.2021 г. печ. л. 3,5. Заказ N 1121

Бумага офсетная 1. Тираж 150 экз. Цена договорная.

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