

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 0515-061X

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES



2017

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

Գլխավոր խմբագիր՝
Ռ.Տ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ

Պատասխանատու քարտուղար՝
Ռ.Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ

Խմբագրական կոլեգիա՝
Ա.Վ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ա.Հ. ԱՂԻՆՅԱՆ, Հ.Ռ. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ,
Գ.Ա. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆԷ, Է.Ե. ԽԱՉԻԱՆ, Ա.Ս. ԿԱՐԱԽԱՆՅԱՆ,
Ս.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Խ.Բ. ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ, Ռ.Լ. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ,
Ռ.Տ. ՄԻՐԴՋԱՆՅԱՆ, Ս.Ն. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ, Շ.Ա. ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ,
Լ.Զ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

Главный редактор
Р.Т. ДЖРБАШЯН

Ответственный секретарь
Р.С. МОВСЕСЯН

Редакционная коллегия
А.В. АВАГЯН, А.О. АГИНЯН, А.Р. БАГДАСАРЯН,
Г.А. ГАБРИЕЛЯНИЦ, А.С. КАРАХАНИЯН, Х.Б. МЕЛИКСЕТИАН,
Р.Л. МЕЛКОНЯН, Р.Т. МИРИДЖАНИЯН, С.Н. НАЗАРЕТЯН, С.М. ОГАНЕСЯН,
Յ.Է. ՎԱԿԻԱՆ, Ս.Ա. ԳՅՈՒԼՆԱԶԱՐՅԱՆ, Լ.Հ. ՈՎԱՆԵՅԱՆ

Editor in Chief
R.T. JRBASHYAN

Senior Secretary
R.S. MOVSESYAN

Editorial Board
A.V.AVAGYAN, A.H. AGHINYAN, H.R. BAGHDASARYAN,
G.A. GABRIELYANTS, S.M. HOVHANNISIAN, A.S. KARAKHANYAN,
E.Y. KHACHIAN, Kh.B. MELIKSETIAN, R.L. MELKONYAN, R.T. MIRJANYAN,
S.N. NAZARETYAN, Sh.A. GULNAZARYAN, L.Z. HOVHANNISIAN

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
Известия НАН РА, Науки о Земле, 2017

**ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ**

ԹԻՎ 2	ՀԱՏՈՐ 70	2017
--------------	-----------------	-------------

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Սահակյան Է.Է., Սարգսյան Լ.Ս., Գևորգյան Մ.Ռ., Իզիթյան Հ.Ա. Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից շրջանների սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունները (1995- 2015թթ.)	3
Հովհաննիսյան Ա.Ե., Հովհակիմյան Ս.Է., Հարությունյան Մ.Ա., Սիրադեղյան Վ.Վ., Հարությունյան Լ.Վ. Դաստակերտ-2 հան- քային դաշտի լիթոերկրաքիմիական անոմալիաների ոսկե- բերության գնահատումը	13
Սահակյան Լ.Հ., Պետրոսյան Հ.Լ., Գրիգորյան Տ.Ե., Երանյան Ն.Ա. Մարտակերտի շրջանի վերին կավճի (Մասստրիխտ) միկրոբիալ կարբոնատային ապարները (Արցախի Հանրապետություն)	25
Մաթևոսյան Ա.Կ. Հարուցված բևեռացման մեթոդով հանքային օբյեկտներից տեղական անոմալիաների վերլուծման օպերատիվ եղանակ	34
Բալասանյան Ս.Վ. Սյունիքի “pull-apart” կառուցվածքի արևելյան ձյուղի ակտիվ տեկտոնիկայի առանձնահատկությունների հե- տազոտությունների արդյունքները	50
Ղազարյան Ա.Է., Մկրտչյան Մ.Կ. Երկրաշարժերի պարբերականու- թյան բնույթի վերաբերյալ (Միջերկրական ծովի հյուսիս-արևել- յան հատվածի օրինակով)	59
Մակարյան Խ.Վ. Նորատուսի պատենշ. առաջացման վարկածները և դրանց վերանայումը	66
Սահակյան Բ.Վ., Մուրադյան Ա.Ռ., Հովհաննիսյան Հ.Լ. Հյուսիսային Հայաստանի երկրակեղևի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը և սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերը	75

ՀԻՇԱՐԺԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

Արծրունի Անդրեաս Երեմի (1847-2017)	86
Տեր-Ստեփանյան Գեորգի Իսայի (ծննդյան 110-ամյակին)	95

ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐ

Սալադյան Յուրի Վաչագանի (1934-2017)	98
--	----

СОДЕРЖАНИЕ

Саакян Э.Э., Саргсян Л.С., Геворкян М.Р., Игитян А.А. Особенности сейсмической активности Джавахетского вулканического нагорья и прилегающих районов (1995-2015)	3
Оганесян А.Е., Овакимян С.Э., Арутюнян М.А., Сирадегян В.В.,	

Арутюнян Л.В. Оценка золотоносности литогеохимических аномалий рудного поля Дастакерт-2	13
Саакян Л.Г., Петросян Г.Л., Григорян Т.Е., Еранян Н.А. Верхнемеловые (Маастрихт) микробиальные карбонатные породы из Мартакертского района (Республика Арцах)	25
Матевосян А.К. Оперативный способ расшифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации	34
Баласанян С.В. Результаты исследований особенностей активной тектоники восточной ветви Сюникской структуры pull-apart	50
Казарян А.Э., Мкртчян М.К. О периодической природе землетрясений	59
Макарян Х.В. Норатусская перемычка: гипотезы образования и их реанализ (Армения)	66
Саакян Б.В., Мурадян А.Р., Оганесян А.Л. Сейсмотектонические подвижки и напряженно-деформационное состояние земной коры северной Армении	75

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Арцруни Андреас Еремеевич (1847 – 2017)	86
Тер-Степанян Георгий Исаевич (к 110-летию со дня рождения)	95

ПОТЕРИИ НАУКИ

Саядян Юрий Вачаганович (1934-2017)	98
--	----

TABLE OF CONTENT

Sahakyan E.E., Sargsyan L.S., Gevorgyan M.R., Igityan H.A. Features of seismic activity in the Javakhq volcanic highland and adjacent regions (1995-2015)	3
Hovhannisyan A.E., Hovakimyan S. E., Harutyunyan M. A., Siradeghyan V. V., Harutyunyan L. V. Assessment of the gold-bearing lithogeochemical anomalies of the ore field dastakert-2	13
Sahakyan L.H., Petrosyan H.L., Grigoryan T.E., Yeranyan N.A. Upper cretaceous (Maastrichtian) microbial carbonates from Martakert region (Republic of Artsakh)	25
Matevosyan A.K. Operative method of deciphering local anomalies of ore objects with a method caused by polarization	34
Balasanyan S.V. The results of study of the tectonic features of the eastern branch of the Syunik pull-apart structure	50
Kazarian A. E., Mkrтчyan M. K. About the periodic nature of earthquakes	59
Makaryan Kh. V. The Noraduz partition: formation hypotheses and Reanalysis	59
Sahakyan B.V., Muradyan A.R., Hovhannisyan H.L. Seismotectonic displacements and the tension-deformation state of Earth's crust in Northern Armenia	75

MEMORABLE DATES

Artsruni Andreas Yerey (1847 – 2017)	86
Georgy Isa Ter-Stepanyan (to the 100th anniversary)	95

LOSSES OF SCIENCE

Yuri Vachagan Sayatyan (1934-2017)	98
---	----

**ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆՂԱԿԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ
ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԻԿ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ (1995-2015թթ.)**

© 2017 ռ. Սահակյան Է. Է., Սարգսյան Լ. Ս., Գևորգյան Մ. Ռ.,
Իգիթյան Հ. Ա.

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտ
(ՀՀ, ք. Երևան 0019, Մարշալ Բաղրամյան պողոտա, 24ա)
էլ. փոստ՝ elya.sahakyan@gmail.com, lilit_geo@yahoo.com, gevmikayel@gmail.com,
igityanhayk@gmail.com
Հանձնված է խմբագրություն 02.05.2017 թ.*

Ջավախքի բարձրավանդակը համարվում է նորագույն հրաբխականության ակտիվ շրջաններից մեկը Կովկասում: Այն բնութագրվում է ակտիվ տեկտոնիկայով և տարածաշրջանում առանձնանում է բարձր սեյսմիկությամբ:

Աշխատանքում ուսումնասիրվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունները և սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերը վերջին 20 տարիների ընթացքում (1995-2015թթ.): Ուսումնասիրությունների համար օգտագործվել են այդ տարիների ընթացքում առանձնացված գոտում տեղի ունեցած ավելի քան 1200 սեյսմիկ իրադարձությունների տվյալներ:

Ջավախքի բարձրավանդակը նշված ժամանակահատվածում բնութագրվում է բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ: Այստեղ գործում են ռեգիոնալ սեղմման և ընդարձակման ուժեր: Այսպիսի լարվածության ֆոնով էլ պայմանավորված է Ջավախքի բարձրավանդակում բարձր սեյսմիկ ակտիվությունը՝ արտահայտված հատկապես թույլ երկրաշարժերի տեսքով: Այս օջախային գոտում սեյսմիկ ակտիվությունը բնութագրվում է փուլայնությամբ՝ առավել պասիվ և դրան հաջորդող ակտիվ փուլերով: Տվյալների վերլուծությունը ցույց տվեց, որ ուսումնասիրվող տարածքում գոյություն ունի միջին ուժգնության երկրաշարժերի քանակի դեֆիցիտ:

Ներածություն

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը գտնվում է Փոքր կովկասյան լեռնային համակարգի կենտրոնական հատվածում (V. A. Lebedev et al., 2008): Ուսումնասիրվող տարածքը ենթարկվում է Հյուսիս-Հարավ ուղղությամբ սեղմման և Արևելք-Արևմուտք ուղղությամբ ընդարձակման ազդեցությանը (Karakhanian et al., 2004): Այն բնութագրվում է ակտիվ տեկտոնական տարրերով և համարվում է նորագույն հրաբխականության ակտիվ շրջաններից մեկը Կովկասում (Karakhanian et al., 2004; V. A. Lebedev, et al., 2008):

Ջավախքի բարձրավանդակը տարածաշրջանում առանձնանում է բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ: Այստեղ գրանցվում են Կովկասում տեղի ունեցող երկրաշարժերի շուրջ 55%-ը (Duff et al., 1980; Chadwick

et al., 1988; Kuloshvili et al., 1989; Handbook, 1990; Rundle et al., 2000; Sorrells et al., 2002; Westaway, 2002):

Փոքր Կովկասում գրանցված պատմական ուժեղ երկրաշարժերից երկուսը տեղի են ունեցել Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում (Թմոզվիի երկրաշարժ, 1088, $M=6.5$, $I_o=9$ և Ախալքալաքի երկրաշարժ, 1899, $M=6.3$, $I_o=8-9$) (Godoladze T., et.al., 2016).

Ուսումնասիրվող տարածքում գործիքային ժամանակահատվածում գրանցված վերջին ավերիչ երկրաշարժը Սպիտակի երկրաշարժն է՝ $M_s=7.0$ մագնիտուդով (Նազարեթյան Ս. և ուր., 2002):

Ուսումնասիրվող տարածքը հատում են մի շարք ակտիվ խզվածքներ, որոնց հետ կապված են տարբեր ժամանակներում գրանցված ուժեղ և միջին երկրաշարժեր:

Առանձնացնենք հատկապես Ջավախքի ակտիվ խզվածքը: Այն հայտնաբերվել և հետազոտվել է համատեղ՝ հայ-վրացական խմբի կողմից (2007-2012թթ.) (Karakhanyan et al., 2012): Խզվածքի հարավային մասը գտնվում է Հայաստանում, իսկ հյուսիսային հատվածը՝ Վրաստանի տարածքում: Այն ունի 77 կմ երկարություն և տարածվում է դեպի հյուսիս-հյուսիս-արևմուտք ուղղությամբ: Ջավախքի խզվածքի հետ են կապված մի շարք ուժեղ երկրաշարժեր (1088, $M=6.4$; 1899, $M=6.4$; 1912, $M=6.4$; 1925, $M=5.6$) (Karakhanyan et al., 2012):

Մյուս ակտիվ խզվածքը Փամբակ-Սևան-Սյունիքի խզվածքն է: Այն ունի 490 կմ ընդհանուր երկարություն: Ուսումնասիրվող գոտում են գտնվում խզվածքի հյուսիսային սեգմենտները: Հայաստանի ակտիվ խզվածքների շարքում այն ունի ամենամեծ երկարություն և տեղաշարժի արագություններ, և նրա հետ են կապված ամենաուժեղ երկրաշարժերը (Trifonov et al., 1990, 1994; Philip et al., 1992, 2001; Karakhanian et al., 1997a,b, 2002): GPS չափումների համաձայն, խզվածքի հորիզոնական տեղաշարժի տարեկան արագությունը կազմում է 0.3–3 մմ/տարի (Reilinger et al., 2006; Karakhanyan et al., 2013):

Ուսումնասիրվող գոտում իր սեյսմիկ ակտիվությամբ առանձնանում է նաև Ախուրյանի խզվածքը: Նրա ընդհանուր երկարությունը 180 կմ է, բաղկացած է 4 սեգմենտից, որոնցից 3-ը գտնվում են Թուրքիայում և մեկը՝ Հայաստանի տարածքում՝ 62 կմ երկարությամբ (Ambraseys and Melville, 1982; Berberian, 1994; Karakhanyan et al., 2011): Այս խզվածքի հետ կապված են մի շարք պատմական և գործիքային ժամանակահատվածի ուժեղ երկրաշարժեր (Ստեփանյան Վ., 1964; Ambraseys and Melville, 1982; Berberian, 1994; Guidoboni and Traina, 1995; Karakhanyan et al., 2011):

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը, ունենալով բարդ տեկտոնական կառուցվածք, տարածաշրջանում առանձնանում է բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ, երկրաշարժերի էպիկենտրոնների կուտակումներով: Հետևաբար, բարձրավանդակի սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունների վերլուծությունը, ինչպես նաև սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատումը արդիական է:

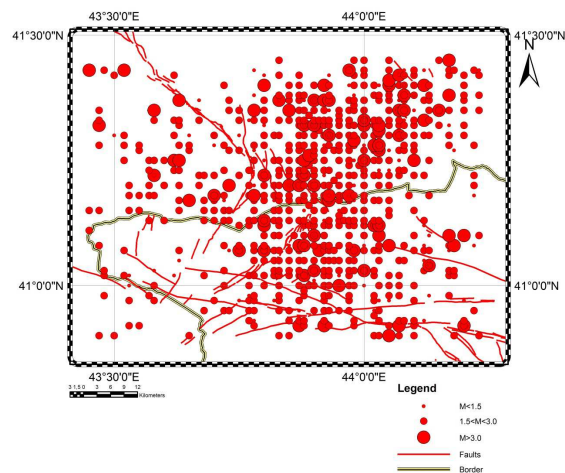
Օգտագործված տվյալներ.

Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունները 1995-2015թթ. ժամանակահատվածի համար: Ուսումնասիրությունների համար առանձնացրել ենք $\lambda=43.5-44.3$; $\varphi=40.8-41.5$ կոորդինատներով սահմանափակված տարածքը: Հետազոտությունների համար օգտվել ենք միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոնի (ISC), Մեյսմիկ պաշտպանության ազգային ծառայության (ՄՊԱԾ), նաև Վրաստանի սեյսմիկ կատալոգներից: Նշված կատալոգների հիման վրա կազմվել է հնարավորինս համալրված և համասեռ կատալոգ, որը 1995-2015թթ. համար ընդգրկում է մոտ 1200 սեյսմիկ իրադարձությունների տվյալներ:

Մեյսմիկ ռեժիմի պարամետրեր: Տվյալների վերլուծություն.

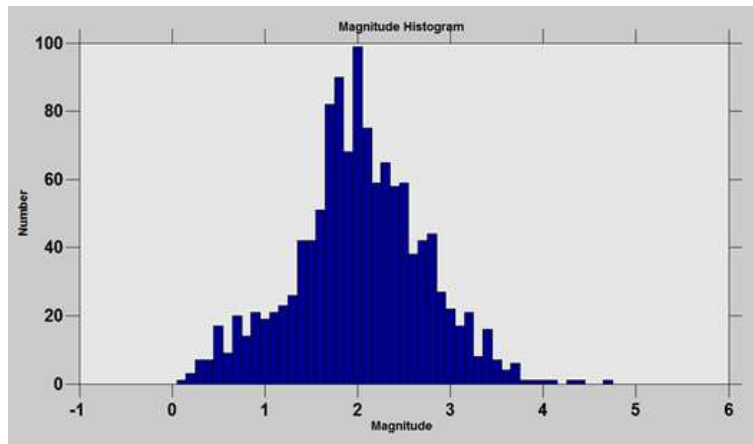
Հայտնի է, որ ուսումնասիրվող տարածքը ենթարկվում է հյուսիս-հարավ ուղղությամբ սեղմման և արևելք-արևմուտք ուղղությամբ ընդարձակման ազդեցությանը (Karakhanian et al., 2004). այստեղ գործում են ռեգիոնալ սեղմման և ընդարձակման ուժեր, որի հետևանքով էլ պայմանավորված է Ջավախքի բարձրավանդակում բարձր սեյսմիկ ակտիվությունը՝ հատկապես արտահայտված թույլ երկրաշարժերի տեսքով:

Նկ.1-ում ներկայացված է Ջավախքի սեյսմիկ գոտու մեր կողմից առանձնացված տեղամասում 1995-2015թթ.-երի ընթացքում գրանցված երկրաշարժերի էպիկենտրոնների բաշխվածության քարտեզը: Բնչպես երևում է քարտեզից, էպիկենտրոնների բաշխումը բավականին խիտ է:



Նկ. 1. Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի էպիկենտրոնների բաշխվածության քարտեզը (1995-2015թթ.)

Ուսումնասիրվող գոտում սեյսմիկ ռեժիմի բնութագրերը որոշելու համար իրականացվել են մի շարք վերլուծություններ, որոնք ներկայացված են հաջորդիվ.



Նկ. 2. Ուսումնասիրվող տարածքի երկրաշարժերի քանակական բաշխումն ըստ մագնիտուդների, 1995-2015թթ.

Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, նշված գոտում գրանցված երկրաշարժերի ներկայացուցչական մագնիտուդ է հանդիսանում $M_c=2.0$ -ը: Նշված ժամանակահատվածում $3.5 \leq M < 4.0$ մագնիտուդով ընդհամենը 19 երկրաշարժ է գրանցվել ուսումնասիրվող գոտում, որոնց պարամետրերը ներկայացված են աղյուսակ 1:

Աղյուսակ 1

Long	Lat	Year	Month	Day	ML	Depth	Hour	Min
43.80	41.12	1995	04	24	3.50	11	03	10
43.98	41.07	1996	06	02	3.70	21	13	13
43.97	41.18	1997	01	21	3.50	07	23	15
44.02	41.12	1997	05	31	3.70	15	14	48
43.63	41.37	1997	10	10	3.90	02	22	05
44.02	41.28	1998	08	07	3.50	25	17	26
43.88	41.22	1999	04	21	3.70	22	00	21
44.17	41.10	2000	08	19	3.70	35	08	45
44.18	41.08	2002	02	04	3.80	13	01	53
44.00	41.32	2005	12	16	3.73	10	04	02
44.20	41.10	2006	05	24	3.52	15	03	17
43.88	41.08	2007	07	09	3.50	21	13	10
43.90	41.10	2007	07	09	3.50	23	09	33
44.12	41.40	2008	06	18	3.50	15	11	04
43.45	41.43	2009	08	01	3.60	13	21	15
43.52	41.43	2012	06	16	3.60	05	01	32
43.83	41.37	2013	09	06	3.70	08	16	35
44.13	41.04	2014	05	26	3.60	13	10	57
44.05	41.40	2014	08	06	3.60	10	08	20

$M \geq 4.0$ մագնիտուդով գրանցվել է 5 երկրաշարժ (աղյուսակ 2), որոնցից առավելագույն հզորությամբ երկրաշարժը տեղի է ունեցել է 14.01.1999թ-ին ($M=4.7$), Դմանիսի օջախային գոտում, ($\varphi=41.31^\circ$, $\lambda=44.03^\circ$):

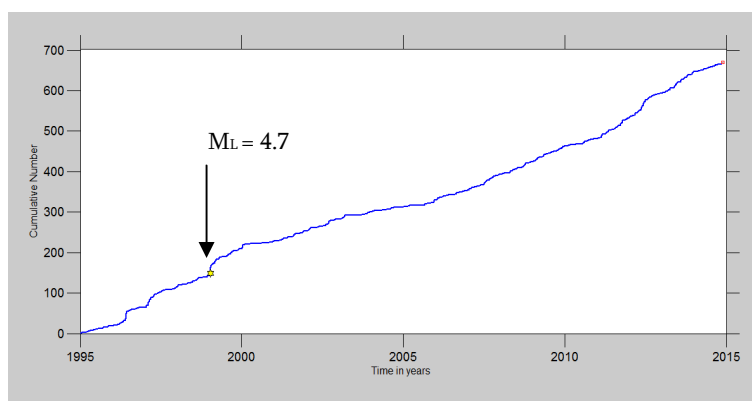
Ստորև ներկայացված են նշված 5 երկրաշարժերի պարամետրերը.

Աղյուսակ 2

Long	Lat	Year	Month	Day	ML	Depth	Hour	Min
44.03	41.10	1996	06	09	4.10	23	02	16
43.92	41.40	1997	02	09	4.40	13	21	49
44.03	41.31	1999	01	14	4.70	32	22	45
43.73	41.20	2007	07	24	4.00	15	19	31
44.00	41.25	2011	09	27	4.30	10	08	58

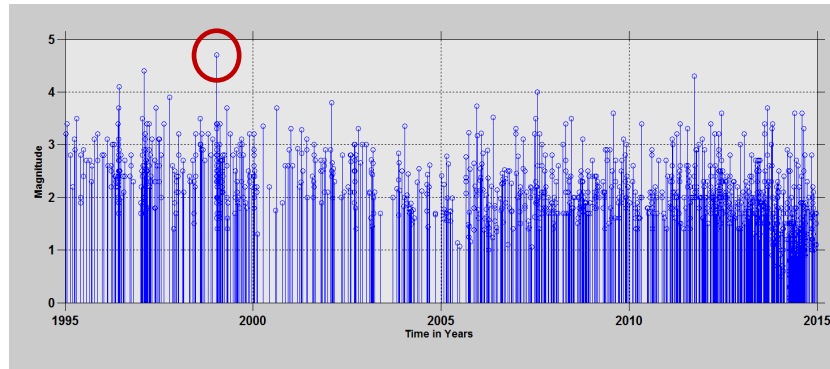
Հատկանշական է, որ վերոնշյալ երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են խզվածքներին մոտ կամ հարող տարածքներում:

Սպիտակի երկրաշարժից հետո ուսումնասիրվող տարածքում սեյսմիկ ֆոնը գնահատելու համար դիտարկվել են $M \geq 2.0$ երկրաշարժերը (ներկայացուցչական մագնիտուդ): Նկ. 3-ում ներկայացված է ուսումնասիրվող տարածքում երկրաշարժերի կուտակային քանակի գրաֆիկը 1995-2015թթ. համար ($M \geq 2.0$): Գրաֆիկից երևում է, որ ներկայումս այս գոտում երկրաշարժերի քանակը միջին արժեքի սահմաններում է: Ֆոնային արժեքից առանձնանում է միայն 2000թ.-ին նախորդող հատվածը, ինչը բացատրվում է այս գոտում տեղի ունեցած 14.01.1999թ. ($M_L=4.7$) երկրաշարժին նախորդող համեմատաբար պասիվ և հաջորդող աֆտերշոկերով պայմանավորված ակտիվ փուլերով:



Նկ. 3. $M \geq 2.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի կուտակային քանակն՝ ըստ տարիների (1995-2015 թթ.):

Դիտարկվել է մագնիտուդների արժեքների բաշխումն ըստ տարիների:



Նկ. 4. 1995-2015թթ. ժամանակահատվածում գրանցված երկրաշարժերի մագնիտուդներն՝ ըստ տարիների

Մագնիտուդ-ժամանակային կախվածության գրաֆիկից երևում է, որ երկրաշարժերի մագնիտուդների արժեքները հիմնականում ընկած են 1.5÷3.0 (M) տիրույթում (նկ. 4):

Ամբողջ տարածքով ժամանակային բնութագրմամբ կարելի է առանձնացնել հետևյալ սեյսմիկ ակտիվ և պասիվ փուլերը (նկ. 4).

Ա) 1995-2015թթ. ժամանակահատվածում տեղի ունեցած ամենաուժեղ երկրաշարժին (1999, հունվարի 14, $M=4.7$) նախորդել է համեմատաբար սեյսմիկ պասիվ փուլ, և որից հետո հաջորդել է համեմատաբար ակտիվ փուլ՝ արտահայտված միջին մագնիտուդի մի շարք երկրաշարժերով:

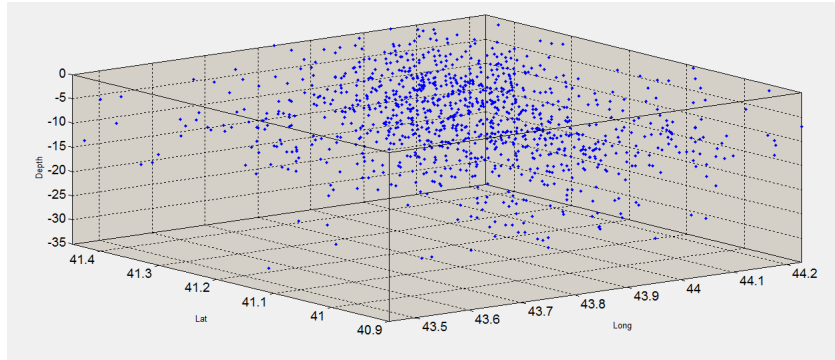
Բ) 1995թ. (ապրիլի 24) $M=3.5$ երկրաշարժից հետո մինչև 1996թ. հունիս գրանցվել են միայն միջին մագնիտուդի երկրաշարժեր. Մինչդեռ (1996, հունիսի 2, հունիսի 9) իրար հաջորդիվ գրանցվել են միանգամից երկու՝ $M=3.7$ և $M=4.1$ մագնիտուդով երկրաշարժեր:

Գ) Այնուհետև, մինչև 1997թ. մայիսը եղել է համեմատաբար պասիվ փուլ, որից հետո հինգ ամիս տարբերությամբ գրանցվել են ևս երկուսը (մայիսի 31, $M=3.7$ և հոկտեմբերի 10, $M=3.9$), որոնց հաջորդում է կտրուկ պասիվ փուլ:

Նմանատիպ դրսևորումներով են առանձնանում 2000թ. (Օգոստոսի 19, $M=3.7$), 2002թ. (փետրվարի 4, $M=3.8$), 2005թ. (դեկտեմբերի 12, $M=3.7$), 2007թ. (հուլիսի 24, $M=4.0$), 2011թ. (սեպտեմբերի 27, $M=4.3$), 2013թ. (սեպտեմբերի 6, $M=3.7$), 2014թ. (մայիսի 26, $M=3.6$) երկրաշարժերը, որոնց նախորդում է համեմատաբար պասիվ սեյսմիկ փուլ, իսկ արդեն նշված երկրաշարժերի գրանցվելուց հետո հաջորդում են միջին մագնիտուդով երկրաշարժերը:

Մագնիտուդ-ժամանակային կախվածության գրաֆիկից ակնհայտորեն երևում է, որ վերջին տարիներին ավելացել է ուսումնասիրվող

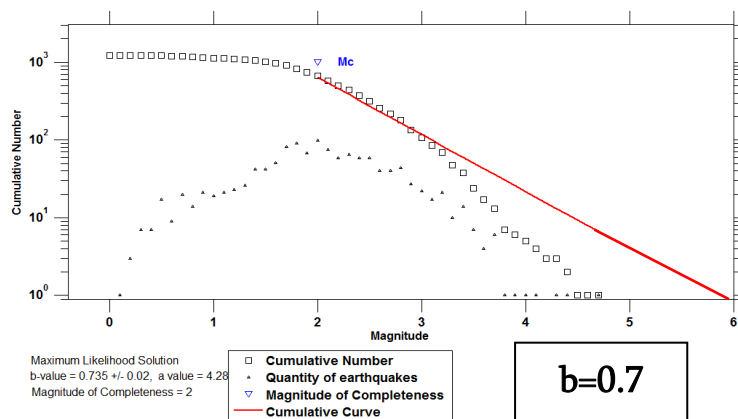
տարածքում գրանցված երկրաշարժերի թիվը, ընդ որում բավականաչափ շատ են փոքր մագնիտուդով երկրաշարժերը: Մա կարող է նաև կապված լինել նշված տարածքում վերջին տարիներին սեյսմիկ ցանցի քանակական և որակական բարելավման, ինչպես նաև երկրաշարժերի պարամետրերի որոշման համար ժամանակակից համակարգչային ծրագրերի կիրառման հետ:



Նկ. 5. Ուսումնասիրվող գոտում 1995-2015թթ. ժամանակահատվածում գրանցված երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների բաշխումը

Եթե դիտարկենք 1995-2015թթ. ժամանակահատվածում ուսումնասիրվող գոտում տեղի ունեցած երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների բաշխումը (նկ.5), ապա կարող ենք նշել, որ դրանք ունեն ոչ մեծ խորություններ, և միայն քիչ թվով երկրաշարժեր ունեն 30-35կմ խորություններով հիպոկենտրոններ:

Հետազոտված տարածքի ընդհանուր սեյսմոլոգիական բնութագիրը ներկայացնելու համար 1995-2015թթ. համար կառուցվել է Ջավախքի տարածքում երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկը (նկ.6):



Նկ.6. Ուսումնասիրվող տարածքում երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկը 1995-2015թթ. համար

Կրկնելիության գրաֆիկը ստացվել է Գուտենբերգ-Ռիխտերի ($\lg N = -bM + a$) բանաձևի համաձայն (որտեղ N -ը երկրաշարժերի գումարային քանակն է, M -ը՝ երկրաշարժի մագնիտուդը, b -ն՝ երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկի անկյունային գործակիցը, ուսումնասիրված տարածքի՝ 1995-2015թթ. ժամանակահատվածի համար այն հավասար է 0.7-ի, a -ն հաստատուն է՝ ուսումնասիրված տարածքի նույն ժամանակահատվածի համար հավասար է 4.28-ի): Կրկնելիության գրաֆիկից երևում է, որ տարածքում սպասվող երկրաշարժի առավելագույն մագնիտուդը չի գերազանցի $M_{\max}=6.0$, որը կարող է դրսևորվել մեկ ուժեղ երկրաշարժով, կամ մի քանի թույլերով:

Այս գրաֆիկից կա պարզ է դառնում, որ ուսումնասիրվող տարածքում գոյություն ունի միջին ուժգնության երկրաշարժերի քանակի դեֆիցիտ:

Եզրակացություններ.

Այսպիսով, Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից շրջանների սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունների վերլուծությունից կատարվել են հետևյալ եզրակացությունները.

- Ուսումնասիրվող տարածքում գործող ռեգիոնալ սեղմման և ընդարձակման ուժերի լարվածության ֆոնով է պայմանավորված Ջավախքի բարձրավանդակում բարձր սեյսմիկ ակտիվությունը՝ հատկապես արտահայտված թույլ երկրաշարժերի տեսքով:
- Էպիկենտրոնների բաշխումը հիմնականում ունի դիֆուզ բնույթ, սակայն միջին ուժգնության երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են խզվածքներին մոտ կամ հարող տարածքներում:
- Առանձնացված գոտում երկրաշարժերի մագնիտուդների արժեքները հիմնականում ընկած են 1.5÷3.0 տիրույթում, ներկայացուցչական մագնիտուդը $M_c=2.0$ է (1995-2015թթ.):
- Նշված օջախային գոտում սեյսմիկ ակտիվությունը բնութագրվում է փուլայնությամբ՝ առավել պասիվ և դրան հաջորդող ակտիվ փուլերով:
- Ուսումնասիրվող տարածքում գոյություն ունի միջին ուժգնության երկրաշարժերի քանակի դեֆիցիտ:

Գրականություն

Նազարեթյան Ս.Ն., Բալասանյան Ս.Յ., Ամիրբեկյան Վ.Ս., «Սեյսմիկ պաշտպանությունը և նրա կազմակերպումը» Գյումրի «Էլդորադո» հրատարակչություն, 2002, 259 էջ:

Ստեփանյան Վ., «Երկրաշարժերը Հայկական Լեռնաշխարհում և նրա մերձակայքում», Հայաստան հրատարակչություն, Երևան, 1964, 247 էջ:

Ambraseys N., Melville C., «A History of Persian Earthquakes»: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1982, 219p.

Berberian M., «Natural Hazards and the First Catalogue of Iran: Historical Hazards in Iran Prior

- to 1900", Volume 1: Tehran, Iran, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, 1994, 603p.
- Chadwick W. , Archuleta R., Swanson D.** "The mechanics of ground deformation precursory to dome-building extrusions at Mount St. Helens 1981–1982", *J. Geophys. Res.*, 93, 1988, p.4351–4366.
- Duff R., Peterson F.** "Shock precursor observations, Precursor transition in dynamical systems undergoing period doubling", *J. App. Phys.*, 51, 7, 1980, p.3957–3959.
- Godoladze T., Javakhishvili Z., Tvaradze N., Tumanova N., Jorjiashvili N., and Rengen G.** Seismic "databases and earthquake catalogue of the Caucasus" Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-16200, 2016 EGU General Assembly, 2016.
- Guidoboni E., Traina G.,** "A new catalogue of earthquakes in the historical Armenian area from antiquity to the 12th century": *Annals of Geophysics*, v. 38, no. 1, 1995, p.85–147.
- Karakhanyan A., Trifonov V., Philip H., Avagyan A., Hessami Kh., Jamali F., Salih Bayraktutan M., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V., and Adilkhanyan A.,** "Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey, and northwestern Iran": *Tectonophysics*, v. 380, no. 3–4, 2004, p.189–219.
- Karakhanyan A., Vernant P., Doerflinger E., Avagyan A., Philip H., Aslanyan R., Champollion C., Arakelyan S., Collard P., Baghdasaryan H., Peyret M., Davtyan V., Calais E., and Masson F.,** "GPS constraints on continental deformation in the Armenian region and Lesser Caucasus": *Tectonophysics*, v. 592, 2013, p.39–45.
- Karakhanyan A., Arakelyan A., Avagyan A., Baghdasaryan H., Durgaryan R., and Abgaryan Ye.,** "The Seismotectonic Model, Seismic Hazard Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP": "NorAtom" Consortium Final Report: Yerevan, Armenia, Ministry of Energy of the Republic of Armenia, and Vienna, International Atomic Energy Agency, 2011, 328p.
- Karakhanyan A., Avagyan A., Avanesyan M., Elashvili M., Gogoradze T., Javakhishvili Z., Korzhenkov A., Philip S., and Vergino E.,** "Armenia-to-Georgia trans-boundary fault: An example of international cooperation in the Caucasus": San Francisco, California, American Geophysical Union, Fall Meeting supplement, abstract S43J-02, 2012.
- Kuloshvili S., Maisuradze G., and Tsagareli A.:** "Geological and geomorphologic studying and seismotectonics of the prognostic polygons, Earthquake Prognosis", Publishing House "Donish", Dushanbe-Tbilisi, 1989, 335p.
- Lebedev V., Bubnov S., Dudaori O., and. Vashakidze G.** "Geochronology of Pliocene Volcanism in the Dzhavakheti Highland (the Lesser Caucasus). Part 1: Western Part of the Dzhavakheti Highland" *Stratigraphy and Geological Correlation*, Vol. 16, No. 2, 2008, p.204–224.
- Philip H., Avagyan A., Karakhanyan A., Ritz J.-F., and Rebai S.,** "Slip rates and recurrence intervals of strong earthquakes along the Pambak-Sevan-Sunik Fault (Armenia)": *Tectonophysics*, v. 343, no. 3–4, 2001, p.205–232.
- Reilinger R., McClusky S., Vernant P., Lawrence S., Ergintav S., Cakmak R., Ozener H., Kadirov F., Guliev I., Stepanyan R., Nadariya M., Hahubia G., Mahmoud S., Sakr K., Abdullah ArRajehi, Paradissis D., Al-Aydrus A., Prilepin M., Guseva T., Evren E., Dmitrova A., Filikov S.V., Gomez F., Al-Ghazzi R., and Karam G.,** "GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions: *Journal of Geophysical Research–Solid Earth*", v. 111, no. B5, 2006, p.1–26, doi:10.1029/2005JB004051.
- Rundle J., Klein W., Turcotte D., and Malamud B. :** "Precursory Seismic Activation and Critical-point Phenomena", *Pure and Applied Geophysics*, 157, 2000, p.2165–2182.
- Sorrells G., Bonner J., and Herrin E.:** "Seismic Precursors to Space Shuttle Shock Fronts, *Pure and Applied Geophysics*, 159, 5, 2002, p.1153–1181.
- Trifonov V., and Karakhanyan A.,** *Dinamika Zemli i istoriya tsivilizatsii (Earth Dynamics and the History of Civilization)*, in Rounkvist, D.V., and Gorodnitsky, A.M., eds., *Proceedings of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences*, no. 585: Moscow, Institute of Geology, 2008, 435p.
- Westaway R.:** Seasonal Seismicity of Northern California Before the Great 1906 Earthquake, *Pure and Applied Geophysics*, 159, 2002, p.7–62.
http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd_news.htm
<http://www.emsc-csem.org/Earthquake/>
<http://www.isc.ac.uk/>

Գրախոսող՝ Ռ. Միրիջանյան

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЖАВАХЕТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ (1995-2015)

Э.Э.Саакян, Л.С.Саргсян, М.Р. Геворгян, А.А.Игитян

Резюме

Джавахетское нагорье считается одним из районов активного новейшего вулканизма на Кавказе. Оно характеризуется активной тектоникой и выделяется высокой сейсмичностью в регионе.

В работе были изучены особенности сейсмической активности и параметры сейсмического режима вулканического нагорья Джавахетии в течении последних 20 лет (с 1995 по 2015гг.). Для исследований были использованы данные более 1200 сейсмических событий, которые имели место в выделенной зоне, в течении указанного времени.

В указанный промежуток времени Джавахетское нагорье характеризуется высокой сейсмической активностью. Здесь действуют региональные силы сжатия и растяжения. Из-за такого регионального напряженного фона и обусловлена высокая сейсмическая активность, которая проявляется в виде особо выраженных слабых землетрясений.

Сейсмическая активность в данной очаговой зоне характеризуется цикличностью более пассивных и следующих за ним активных циклов. Анализ данных показал, что на исследуемой территории имеет место количественный дефицит землетрясений средней силы.

FEATURES OF SEISMIC ACTIVITY IN THE JAVAKHQ VOLCANIC HIGHLAND AND ADJACENT REGIONS (1995-2015)

E.E.Sahakyan, L.S.Sargsyan, M.R.Gevorgyan, H.A.Igityan

Abstract

The Javakhq Highland is considered one of the regions of the recent active volcanism in the Caucasus. The area is characterized by active tectonics and has been showing regionally higher rate of seismicity.

Features of seismic activity and parameters of seismic regime in the volcanic highland of Javakhq during the last 20 years (1995-2015) were studied in the work. Data for more than 1200 seismic events recorded in the identified zone during this period were used for the studies.

During the indicated period, high seismic activity was characteristic for the Javakhq Highland, an area exposed to impacts of regional compression and extension. This regional strain background has determined increased seismic activity within the Javakhq Highland, manifested primarily in weak earthquakes. Seismic activity in this source area has been characterized by a staged pattern of more passive phases followed by active ones. The analysis of the data demonstrated a deficit of the number of medium-size earthquakes in the studied region.

ОЦЕНКА ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ РУДНОГО ПОЛЯ ДАСТАКЕРТ-2

**© 2017 г. А.Е.Оганесян*, С.Э. Овакимян*, М.А.Арутюнян*,
В.В. Сирадегян*, Л.В. Арутюнян****

**Институт геологических наук НАН РА, 0019, Ереван,
пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
e-mail: arshavir.h@geology.am*

***Институт общей и неорганической химии НАН РА, 0051, Ереван,
ул. Аргутяна, 2-ой пер. д. 10, Республика Армения
Поступила в редакцию 28.06.2017г.*

Аннотация

Основываясь на результатах литогеохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния золота, выделены наиболее перспективные участки на территории рудного поля Дастакерт-2. Даны рекомендации о проведении горных выработок на трех перспективных участках. В результате были вскрыты меридиональные крутопадающие золотоносные зоны, протяженностью 300м и более, мощностью от 0,5м до 2,5м (прогнозная глубина более чем 200м), в которых содержание золота соответствует промышленному уровню.

Введение. В статье впервые в практике поисковых работ на золото рекомендуется методика оценки уровня эрозионного среза минерализации золота в коренных породах без их вскрытия, с использованием параметров вторичных ореолов, что позволит сэкономить значительные средства, а также время реализации поисково-оценочных работ.

Уровень развития поисковой геологии в настоящее время позволяет сделать акцент на наиболее эффективные методы поисков, одними из которых являются литогеохимические поиски рудных месторождений и рудопроявлений по вторичным ореолам рассеяния элементов-индикаторов. На первом этапе геохимических поисков, для локализации наиболее перспективных участков используются результаты изучения гипергенных геохимических полей путем разномасштабного опробования потоков рассеяния элементов-индикаторов. Выявленные перспективные аномалии подлежат детализации с целью оценки перспектив рудоносности. Надежность такого «подхода» повышается, когда «чисто» геохимические данные интерпретируются, принимая также во внимание геологические и геолого-структурные особенности территории.

Систематические геологические исследования, в результате которых были сформированы основные представления о геологическом строении и перспективах рудоносности Баргушатского хребта, проводились еще в 30-ые годы прошлого столетия под руководством К.Н.Паффенгольца, В.Н.Котляра, В.Г.Грушевого, А.Е.Казаряна, Ю.А.Арапова. Впоследствии, под руководством И.Г.Магакьяна (1947), было открыто Дастакертское медно-молибденовое месторождение. В изучение геологии и магматизма района значительный вклад был внесен исследованиями С.С.Мкртчяна,

Т.Ш.Татевосяна, Т.А.Аревшатян, Б.М.Меликсетяна, Р.Н.Таяна, О.П.Гуюм-джяна.

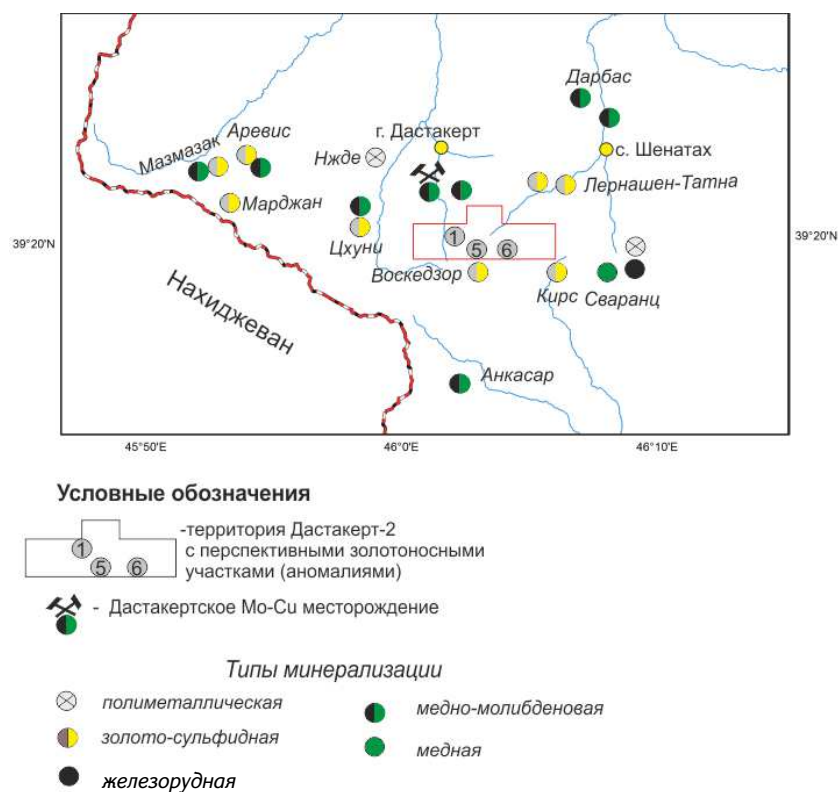


Рис. 1. Схема расположения месторождений и рудопоявлений Баргушата, примыкающих к участку исследований (Дастакерт-2)

Учитывая крайне слабую обнаженность исследуемой территории, нами была проведена предварительная дешифровка аэрофотоматериалов северных отрогов Баргушатского хребта. Данный графический материал использовался для более надежной интерпретации данных, полученных в результате проведенной на участке детальной почвенно-геохимической и геолого-структурной съемки. Территория участка сложена преимущественно вулканогенно-осадочными образованиями гехакарской свиты (Джрбашян и др., 1976). На закартированной территории установлены небольшие выходы, представленные апикальными фациями интрузивов гранодиоритового и кварц-диоритового состава, которые отнесены к верхнему эоцену, а восточнее участка обнажаются порфировидные гранодиориты Шенатагского интрузива (Карамян и др., 1974) которые являются аналогами нижнемиоценовых рудоносных порфировидных гранодиоритов Вохчинского массива Мегринского плутона (Таян 1963; Меликсетян 1981). Установлены также дайки гранодиорит-порфиров, трассирующие регионально проявленные меридиональные разрывы.

В целом территория относится к числу слабо изученных площадей Северного Баргушата. В то же время, к району исследований примыкают такие известные рудные проявления и месторождения, как Дастакертское с одноименным медно-молибденовым месторождением и участок Шекасар; Лернашенское с золото-сульфидными рудопоявлениями Лернашен, Татна, Дарбас; Гехинское с эксплуатируемым Анкасарским медно-молибденовым и Воскедзорским золото-сульфидным месторождениями; Аревисское с медно-молибденовой (Мазмазак) и золото-сульфидной (Аревис, Марджан) минерализацией (рис.1). С запад-северо-запада к участку примыкает Нжде-Цхунийское рудное поле с одноименными рудопоявлениями медно-молибденовых и полиметаллических руд.

В целом, в пределах территории Дастакерт-2 ранее не проводились геолого-оценочные работы или другие исследования, предполагалось, что данный участок не может быть перспективным.

Литогеохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния

Методы исследований. Литогеохимические поиски (литогеохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния) проводилась строго в соответствии с «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» (Григорян С.В. и др., 1983) и «Справочником по геохимическим поискам полезных ископаемых» (Соловов и др., 1990) в масштабе 1:10 000. Исходя из геологических особенностей данной местности выбрана сеть опробования по сетке 100х50м, в отдельных местах - 100х20м.

Отобранные в количестве 4100 проб проанализированы в специализированной для геохимических поисков головной аналитической лаборатории РФ (АО «Александровская опытно-методическая экспедиция»). Анализы проб на золото выполнены высокочувствительным спектрохимическим методом. Элементы-спутники золота определялись методом эмиссионного спектрального анализа на широкий круг (более 20) химических элементов. Более 10% бороздовых геохимических проб, взятые из разведовательных канав (результативные по спектрохимическим анализам), подверглись контрольному пробирному анализу в «Центральной аналитической лаборатории» Института горной металлургии РА.

Решающей частью геохимических поисков является надежность анализов проб и их стоимость. При литогеохимических поисках изучаемая площадь покрывается сетью опробования и отбирается большое количество проб. Наиболее экономичным по золоту считается двухэтапный вариант работ. Первый этап, это анализ всех отобранных проб эмиссионным спектральным методом на широкий круг элементов. Стоимость анализа мало зависит от числа анализируемых элементов, поэтому желательно определять содержание всех элементов с удовлетворительной чувствительностью анализа. Кроме перечисленных выше элементов при поисках золоторудных месторождений специальным спектрохимическим

методом (Сафронов, 1967) в пробах определяется золото (2-ой этап химическая обработка проб, сорбция золота активированным углем и спектральный анализ). Результаты анализа проб, благодаря высокой чувствительности этого метода, позволяют, в пределах опробованной площади, выявить и оконтурить все возможные геохимические аномалии золота и полиметаллов. Помимо собственно спектрального и пробирного контроля, партия из 33 проб с зашифрованными номерами была подвергнута еще и повторному спектральному анализу. Для проверки точности анализа использована математическая обработка результатов анализов (коэффициенты вариации содержаний элементов), рассчитанная по основным и контрольным анализам проб.

Как видно из приведенных в табл.1 данных только для серебра и цинка установлена относительно низкая точность (37,5% и 32,5%), поскольку для полуколичественного спектрального анализа погрешность свыше 30% является низкой точностью (Гармаш, Сорокина, 2012). Однако, следует иметь в виду, что при геохимических поисках отрицательное влияние низкой точности анализа проб практически компенсируется применением методики интерпретации и количественной оценки рудоносности геохимических аномалий. Эта методика основана на использовании при расчетах оценки величин критериев геохимических аномалий исключительно средних содержаний элементов, рассчитанных по аномальным содержаниям проб каждой из аномалий (Григорян, 1992).

Таблица 1

Точность спектрального анализа (33 пробы)

Элементы	Коэффициент вариации, %
Медь	23,5
Свинец	19,4
Цинк	32,5
Молибден	20,6
Серебро	37,5

В таких случаях по средним содержаниям проб в итоге получается более высокая точность, чем по результатам анализов отдельно взятых проб. При этом, чем больше количество проб, тем выше точность среднего, и наоборот (Демина, 2004). Если принять число проб подлежащих оценке геохимической аномалии равное 100 (а у нас 4100 результатов для каждого элемента), то получим в 10 раз более точный расчет среднего, т.е. в 10 раз меньше погрешности, что составит: Cu – 2,35%, Pb – 1,94%, Zn – 0,3%, Mo – 0,2%, Ag – 3,7% для приведенных в табл.1 элементов. Эти цифры выше точности прецизионных методов анализа (ICP, AAS и т.д.).

Оценки литогеохимических ореолов золоторудной минерализации

Гипергенная подвижность золота. Известно, что вторичные ореолы рассеяния золота и его элементов-спутников являются основными геохимическими поисковыми признаками золоторудных месторождений, что определяется, прежде всего, дешевизной и представительностью опробования рыхлых отложений по сравнению с другими методами. Именно поэтому на первом этапе поисковых работ отбираются пробы только рыхлых отложений. Использование критериев оценки первичных геохимических ореолов, разработанных путем трехмерного моделирования для известных (эталонных) месторождений различных рудно-формационных типов, обеспечивает высокую эффективность интерпретации вторичных ореолов. Естественно, что эти геохимические критерии применяются для оценки вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов только с учетом результатов изучения характера корреляции первичных и вторичных ореолов в конкретных ландшафтно-геохимических условиях поисковых площадей.

Совместное изучение первичных и вторичных ореолов рассеяния золота и его элементов-спутников в различных ландшафтно-геохимических условиях позволило выявить «подавленность» золота в его вторичных ореолах (Поликарпочкин, 1976), образовавшихся в результате гипергенного разрушения первичных ореолов.

Отметим, что высокая степень инертности золота характерна и для условий многолетней мерзлоты. Так, Е.Камерон приводит следующий ряд подвижности элементов-индикаторов при формировании вторичных ореолов в минерализованных почвах и почвообразующих породах (вторичные ореолы месторождения Агрикола Лейк): $Zn > Cu > Fe > As > Ag > Hg > Au$ (Cameron, 1977). Аналогичная минимальная подвижность золота в зоне гипергенеза установлена также для аридных районов (Григорян и др., 2009).

Таким образом, рассмотренные выше примеры поведения золота в вертикальном разрезе рыхлых отложений по существу является универсальным, поскольку оно проявляется во всех типах рассмотренных выше климатических и ландшафтно-геохимических обстановок. Это означает, что при количественной оценке вторичных ореолов следует иметь в виду, что вторичным ореолам золота и других малоподвижных элементов, как правило, должны соответствовать более высокие содержания этих элементов в коренных рудоносных породах. В связи с этим при выборе для первоочередной проверки аномалий наиболее богатых золотом и другими малоподвижными элементами не следует пренебрегать слабоконтрастными аномалиями этих элементов, которые на глубину в коренных породах могут перейти в рудные тела промышленного значения (Барсуков и др., 1981).

Оценка перспектив золотоносности рудного поля Дастакерт-2

Для оценки перспектив золотоносности рудного поля, как уже отмечалось, были отобраны и проанализированы на широкий комплекс химических элементов 4100 почвенных проб. На рис. 2 приведены выявленные аномальные участки по вторичным ореолам рассеяния золота. Карты распределения аномалий остальных элементов (надрудные Ba; Ag и подрудные V; Cr; Sn), которые были использованы для составления мультипликативного коэффициента вертикального геохимического среза золоторудного оруденения, из-за ограниченности объема статьи, не приводятся.

На описываемой площади рис. 2 о контурен ряд вторичных ореолов рассеяния золота: наиболее значительные (по размерам и интенсивности) аномалии пронумерованы. Прежде чем перейти к описанию и оценке перспектив золотоносности выделенных конкретных локальных аномалий, следует кратко охарактеризовать методику решения одной из важнейших задач поисковой геохимии - это надежность оценки геохимических аномалий, а именно - оценка уровня эрозионного среза (в нашем случае - оруденения).

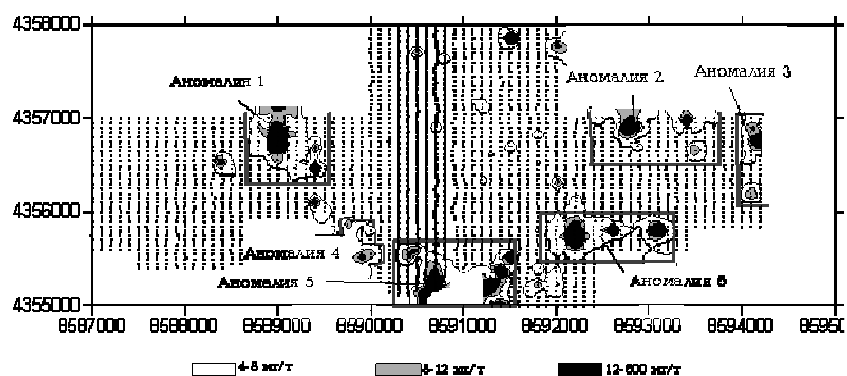


Рис. 2. Вторичные ореолы рассеяния золота.

Для решения этой задачи при поисках обычно вскрываются коренные золотоносные породы и по результатам их геохимического опробования на глубину (Каждан, 1977), согласно вертикальной геохимической зональности первичных ореолов, производится оценка уровня эрозионного среза аномалий. В настоящей статье впервые в практике поисковых работ на золото рекомендуется методика оценки уровня эрозионного среза минерализации золота в коренных породах без их вскрытия, с использованием тесной корреляции параметров вертикальной геохимической зональности первичных ореолов золота с параметрами вторичных ореолов, что позволяет сэкономить значительные средства и время реализации поисково-оценочных работ.

Условная глубина в м.

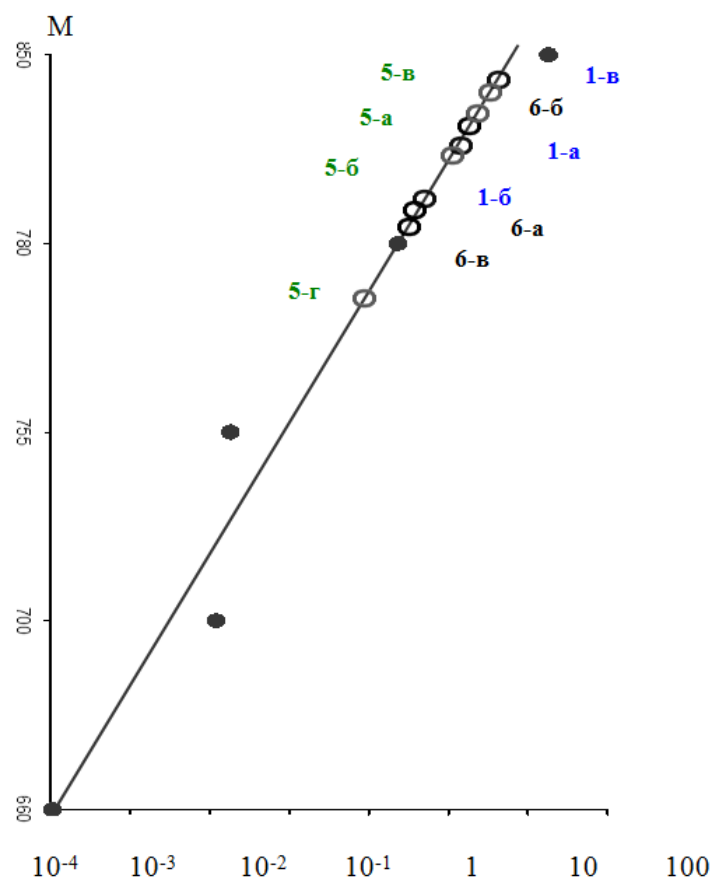


Рис. 3. График мультипликативного коэффициента ($\frac{Ba^2 \times Ag}{Vx \times Cr \times Sn}$)

вертикальной зональности первичных геохимических ореолов.

○ — точки значения коэффициента; 5-а — индекс аномалий, ● - точки значения эталона

На рис.3 приведен график мультипликативного коэффициента вертикальной геохимической зональности первичных ореолов, построенный в результате объемного геохимического моделирования Шаумянского золоторудного месторождения, которое взято в качестве эталона для интерпретации аномалий элементов-спутников Дастакерт-2.

Выбор элементов-спутников, которые использованы для определения вертикальной геохимической зональности (рис.3), обусловлен тем фактом, что этот же набор элементов использован при оценке геохимического эталона (месторождения Шаумян).

В статье использован мультипликативный коэффициент ($Ba^2xAg/VxCrxSn$), в свое время предложенный С.В.Григоряном в результате объемного геохимического моделирования Шаумянского золоторудного месторождения, который выявил четко выраженный вертикальный геохимический срез оруденения.

При мощности рыхлых отложений до 4-5м элементы-индикаторы, входящие в состав этого коэффициента (рассчитанного для перспективных ореолов 1; 5 и 6) выявляют полную количественную идентичность первичных и вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов, что отчетливо видно на графике (рис.3). Как видно из графика все фигуративные точки, рассчитанные по коэффициенту ($Ba^2xAg/VxCrxSn$) попадают на верхние части построенного графика, то есть являются верхнерудными для условного (эталонного) оруденения. Это означает, что мы имеем дело со слабо обогащенными золоторудными телами, в которых содержание золота на глубине будет намного выше, чем в соответствующих им субповерхностных аномалиях.

Описание выявленных аномалий.

Аномалия 1 (Участок "Загон"). В пределах этой аномалии (общая площадь 0,4км²) локализованы три вторичных ореола рассеяния золота: западный, наиболее значительный по размерам и интенсивности и восточные – менее интенсивные. Как следует из данных на рис.4, все три ореола этой аномалии характеризуются верхнерудным уровнем эрозионного среза и являются перспективными. Позже, нами рекомендованными горными выработками, были вскрыты минерализованные, сильно измененные, крутопадающие золоторудные зоны, где содержание золота варьировало от 0,2 г/т до 1,9 г/т.

Аномалия 5 (Участок "Ал Кар"). Эта аномалия представляется наиболее перспективной. Хотя пиковые значения золота здесь ниже, чем на поверхности Аномалии 1, однако аномалия занимает сравнительно большую площадь (0,7км²) и вариации содержания золота не очень велики (отсутствуют ураганные значения). В ее пределах выявлены два значительных по размерам и интенсивности ореола рассеяния золота (рис.5). Оценка уровня эрозионного среза мультипликативных ореолов также показывает их верхнерудный характер (рис.3). В этой связи было рекомендовано продолжить геолого-поисковые работы в пределах рассматриваемой аномалии с помощью проходки канав и расчисток, а позже, когда были вскрыты крутопадающие рудоносные зоны, разведочным бурением.

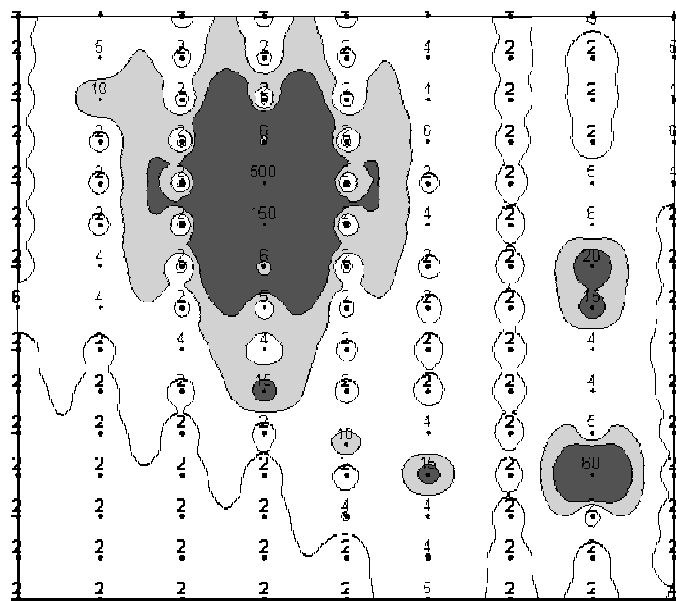


Рис. 4. Аномалия 1

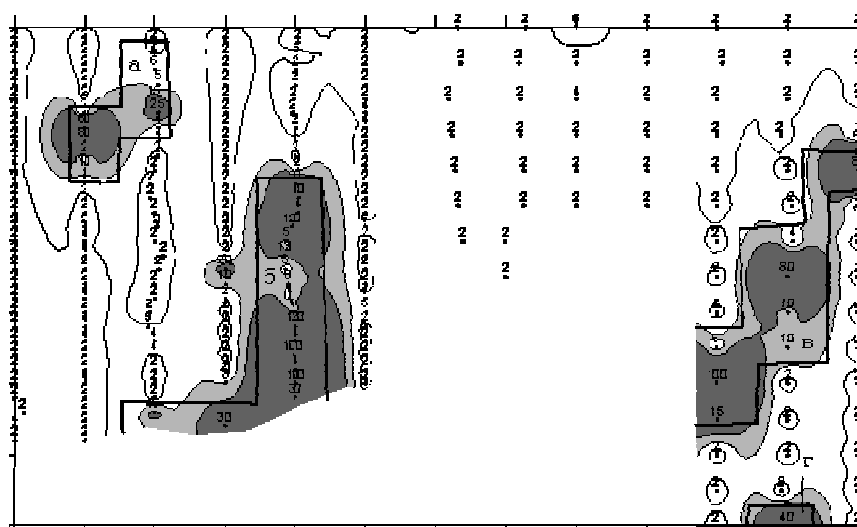


Рис.5. Аномалия 5

Аномалия 6 (Участок "Сев Кар") включает (0,5км²) 3 вторичных ореола рассеяния золота, оконтуренных весьма удовлетворительно (рис.6).

Здесь, так же как и на участке "Загон", аномалии незначительны по площади, кроме этого, содержания золота в почвах колеблются от низких до повышенных, а иногда «ураганных» значений. Исходя из всего этого, участку можно дать "удовлетворительную оценку". В дополнение к этому, верхнерудный уровень этих ореолов (рис.3) также позволяет считать их перспективными на глубину.

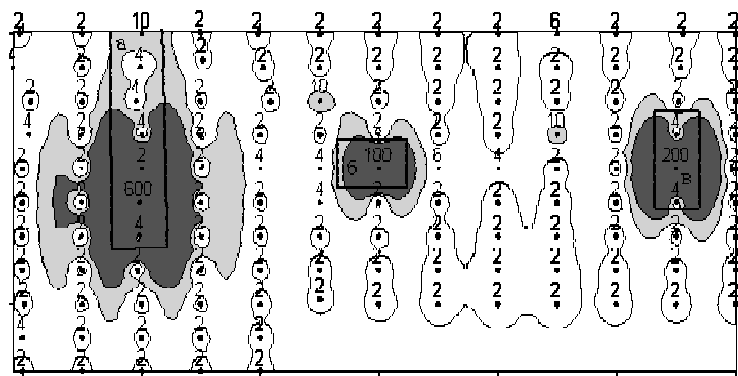


Рис.6. Аномалия 6

Сопоставление изложенных выше результатов обработки данных геохимического опробования рыхлых элювиально-делювиальных отложений позволило дать рекомендации дальнейших направлений поисково-оценочных работ в пределах рудного поля Дастакерт-2. Поскольку аномалии 1, 5 и 6 считаются наиболее надежными по интенсивности выражения на поверхности, а также с точки зрения вертикальной геохимической зональности (все мультипликативные коэффициенты ореолов этих аномалий "попадают" в раздел верхнерудных аномалий), они все были рекомендованы как перспективные. В итоге, проходками канав и шурфов, были вскрыты рудоносные зоны. В дальнейшем, геологическое опробование поверхностных горных выработок дало нам возможность сосредоточиться на участке "Ал Кар" (Аномалия 5), поскольку результаты опробования на этом участке показали наивысшие содержания золота - от 0,52 г/т до 3,6г/т.

Заключение

На территории Армении все более или менее перспективные рудные объекты уже разведаны. Остались те участки, которые из-за неблагоприятных природных условий или по иным соображениям (незначительные прогнозные запасы по советским меркам) еще 20-30 лет назад считались непривлекательными. Один из таких участков находится на северных склонах Баргушатского хребта, где нами проводились литогеохимические поисково-оценочные работы, в результате которых, впервые в Армении, с применением поисково-геохимических методов, вскрыты тела с перспективной минерализацией золота.

Изложенные выше результаты обработки данных геохимического опробования рыхлых элювиально-делювиальных отложений, позволили дать рекомендации дальнейших направлений поисково-оценочных работ в пределах рудного поля Дастакерт-2. Обнаружены участки со слабо обогащенными золоторудными телами. Дальнейшие проходческие работы на поверхности показали, что содержание золота под субповерхностными аномалиями в несколько раз выше, чем в собственных вторичных

аномалиях. В итоге, на всех трех участках (Аномалия 1-участок “Загон”; Аномалия 5-участок “Ал Кар” и Аномалия 6-участок “Сев Кар”), на основании наших рекомендаций, проведены геолого-разведочные работы. Разведочным бурением были вскрыты крутопадающие (угол падения до 85-90°) меридиональные рудоносные зоны шириной до 2.5м и протяженностью в 300м, которые прослеживаются на 200м и глубже. Содержания золота колеблются в них от 0.5 до 3.6г/т. Золото (свободное) и серебро также обнаружены в полированных шлифах. Эти данные указывают на то, что мы имеем дело со слабо эродированными золоторудными телами, а не с их корневыми частями.

С точки зрения методологии выяснилось: а) поведение золота в вертикальном разрезе рыхлых отложений по существу является универсальным и для аридных типов ландшафтно-геохимических обстановок; б) при выборе для первоочередной проверки наиболее богатых золотом и другими малоподвижными элементами аномалий не следует пренебрегать слабоконтрастными аномалиями этих элементов, которые на глубину в коренных породах могут перейти в рудные тела, имеющие промышленное значение.

Авторы выражают благодарность руководству компании ООО “Ги Металс Инвестмент Лимитед” в лице г-на В. Исунца и г-на Г. Григоряна. Без предоставления с их стороны колоссального объема аналитических данных, публикация этой статьи не была бы возможна.

Литература

- Барсуков В.Л., Григорян С.В., Овчинников Л.Н. Геохимические методы поисков рудных месторождений. М., «Наука», 1981, 317с.
- Гармаш А.В., Сорокина Н.М. Метрологические основы аналитической химии. М. МГУ, 2012, 47с.
- Григорян С.В. Рудничная геохимия. М., «Недра», 1992, 294с.
- Григорян С.В., Адамян А.З., Гарсян Г.Р. О методике оценки литогеохимических аномалий при поисках золоторудных месторождений. Изв. НАН РА, Науки о Земле, №3, 2009, с.23-27.
- Григорян С.В., Соловов А.П., Кузин М.Ф. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1983, 191с.
- Демина Т.Я., Геохимия: Методическое руководство к лабораторному практикуму. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004, 40с.
- Джрбашян Р.Т., Гуюмджян О.П., Таян Р.Н. Некоторые особенности строения и формирования третичных вулканогенно-осадочных толщ Зангезура (юго-восточная часть Армянской ССР. Сб. Вулканизм и металлогения Армянской ССР, Ереван. Зап. Арм. Отд. ВМО, № 8, 1976, с.60-77.
- Карамян К.А., Капелян П.М., Игумнов В.И., Гуюмджян О.П., Паланджян С.А., Авакян А.М., Авакян А.А., Григорян Л. Геологическое строение и перспективы рудоносности части северного склона Баргушатского хребта, междуречья Шенатаг-Дастакерт, 1970, Фонды ИГН НАН Армении, 268с.
- Карамян К.А., Таян Р.Н., Гуюмджян О. Основные черты интрузивного магматизма Зангезурского рудного района Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1974, №1, с.54-65.
- Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1977, с.327.

- Меликсетян Б.М.** Магматические и метаморфические формации Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1981, с.190-195.
- Поликарпочкин В.В.** Вторичные ореолы и потоки рассеяния. Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, 1976, 407с.
- Сафронов Н.И.** Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. ОНИ ВИТР, Ленинград, 1967, 203с.
- Соловов А.П., Архипов А.Я, Бугров В.А.** и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. Недра, Москва, 1990, 335с.
- Таян Р.Н.** Новые данные о геологическом строении интрузий порфировидных гранитов и гранодиоритов Мегринского плутона. Изв. АН Арм. ССР, сер. Геол. И геогр. Наук, 1963, N3.
- Шварцман Р.С., Фелькова О.Б.** Инструкция N140-С, ВИМС, Москва 1976, 24с.
- Sameron E.M.** Geochemical Dispersion in Mineralized Soils of a Permafrost Environment. Journal of geochemical Exploration, 1977, V.1 N3, p.301-3026.

Рецензент Р.Мовсесян

ԴԱՍՏԱԿԵՐՏ-2 ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԼԻԹՈԵՐԿՈՒՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՈՍԿԵԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հովհաննիսյան Ա.Ե., Հովակիմյան Ս.Է., Հարությունյան Մ.Ա., Միրադեղյան Վ.Վ., Հարությունյան Լ.Վ.

Ամփոփում

Հիմնվելով ոսկու ցրման երկրորդային պսակների լիթոերկրաքիմիական հանույթի տվյալների վրա, Դաստակերտ -2 հանքային դաշտի տարածքի վրա առանձնացվել են առավել հեռանկարային հատվածներ: Երեք հեռանկարային տեղամասի համար տրվել են լեռնային փորվածքներ կատարելու երաշխավորություններ: Արդյունքում բացվել են միջօրեական ձգվածության, կտրուկ անկում ունեցող ոսկեբեր գոտիներ 0.5-ից 2.5մ հզորությամբ (կանխատեսումային խորությունը ավելի քան 200մ), որոնցում օգտակար հանածոյի պարունակությունը համապատասխանում է արդյունաբերական մակարդակին:

ASSESSMENT OF THE GOLD-BEARING LITHOGEOCHEMICAL ANOMALIES OF THE ORE FIELD DASTAKERT-2

E. Hovhannisyan, S. E. Hovakimyan, M. A. Harutyunyan, V. V. Siradeghyan, L. V. Harutyunyan

Abstract

Based on the results of the lithogeochemical survey of the secondary halos of the gold dispersion, the more promising sections in the territory of the ore field Dastakert-2 have been singled out. Recommendations to conduct mountain excavation on the three promising sections have been provided. As a result, meridional, steep-grade gold-bearing zones with stretch of 300m and more and with the strength of 0.5m-2.5m (the prognostic depth more than 200m) have been revealed, where the gold content corresponds to the industrial level.

**UPPER CRETACEOUS (MAASTRICHTIAN) MICROBIAL
CARBONATES FROM MARTAKERT REGION
(REPUBLIC OF ARTSAKH)**

© 2017 г. **L.H. Sahakyan¹, H.L. Petrosyan^{2,3}, T.E. Grigoryan¹,
N.A. Yeranyan⁴**

¹*Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Armenia, 24a M. Baghramyan Ave., 0019 Yerevan, Armenia. e-mail: lili+sahakyan@yahoo.com*

²*Institute of Archaeology and Ethnography of National Academy of Sciences of Armenia Yerevan 0025, Republic of Armenia, 15 Charents St. e-mail: hpetrocy@gmail.com*

³*Department of Cultural Studies, Yerevan State University, Yerevan 0025, 1 Alek Manukyan St.*

⁴*Ministry of Economy, Republic of Artsakh, Stepanakert 54 Azatamartik St.*

Microbial carbonates (originated by bacteria processes, including cyanobacteria, with algae and biota) from Martakert region (NE Artsakh) are described in the article for the first time, representing an important case study of microbially-cemented boundstone/grainstone in the Maastrichtian.

Petrographic analyses revealed that pillows, domes constructions are formed in shallow environment and composed of sparry matrix of quartz and carbonate cement, microbial mat (clotted, peloidal), consisting of in situ branching algae (Thallus, Dasycladaceans?), growing bryozoans. Ostracods, foraminifers and detritus of few quantities are observed as well. The microbialites are characterized by a dark, micritic peloidal fabric with no internal lamination and are therefore classified as thrombolites.

Introduction

Microbial carbonates (microbialites) are sedimentary deposits, of longest geological range formation and they are still forming today. They form in the different sedimentary environments, oxygenated the Earth's atmosphere, as well as they can produce and store hydrocarbons. However, they are intractable to study, being formed by the action or influence of microbes, and do not always preserve direct evidence for their mode of formation. The isotope studies of microbial carbonates of the Triassic sediment environment (in the aftermath of the end-Permian mass extinction) from v. Zangakatun (Republic of Armenia) area have been studied in recent years (article in revision). More recently, similar deposits of Upper Cretaceous (Maastrichtian) age near to city Martakert (Artsakh) have been discovered by Narek (citizen of Martakert).

The microbial (thrombolite) mounds of Maastrichtian age represent a few examples for sea setting, described in the literature (e.g. Kiessling et al., 2006). This is the first short report to focus on the processes involved in this microbialites formation and the type of microbial carbonate buildups, structures and fabrics in marine settings.

The term microbialite was introduced by Burne & Moore in 1987 to characterize organosedimentary deposits that have accreted as a result of a benthic microbial community trapping, inorganic precipitation and binding detrital sediment. The microbes in microbialites are dominantly bacteria,

including cyanobacteria (which thrive in shallow-water and oxygenated environments) (Riding, 2000), together with small algae and were able to develop large domes, pinnacles, columns, crusts, pillows. According to their internal structure stromatolite (laminated), thrombolite (clotted), dendrolite (dendritic), and leiolite (aphanitic) types are distinguished (Riding, 2000). Broad range of the 3.4 Ga history of microbial carbonates, from Precambrian to modern examples, of rifts, foreland basins origin and of different scales are known (e.g. Hofmann et al., 1999). Occurrences of microbial carbonates examples mostly from lacustrine settings of latest Cretaceous age are noted (e.g. Rouchy et al. 1993; Camoin et al. 1995; Bahniuk et al., 2013). Modern microbialites are not as abundant and widespread as in the past, but can develop in settings of varying bathymetry, water energy, salinity and oxygen/nutrient concentrations, but organo-mineralization and chemical carbonate precipitation induced by microbial activities are the major mechanisms for the formation of mesoclots (Dongjie et al., 2013). Microbialites of about 40m high occur in the alkaline Lake Van (Armenian Highland) of Pleistocene age (Kempe et al., 1991, Lopez et al., 2005). The occurrence of microbial mats in a high-latitude but hypersaline Andean lake in Argentina with extreme environmental conditions also is described (Gomez, et al., 2014). Further studies should be focused also on understanding of the origin of microbialites, developed in western shoreline basin of Sevan Lake in Armenia (freshwater, high-altitude).

Methods

We applied field studies and petrographical investigations of thin sections from pillow shape, contoured crust, onlap parts and from the surrounding limestones, using standard polarized light microscope.

Geological setting and studied section

The Republic of Artsakh (southeastern range of the Lesser Caucasus mountains) is a part of Eurasian marginal plate, represented of Middle Jurassic – Upper Cretaceous volcanogenic, volcano-sedimentary and sedimentary sequences (called Somkheto–Karabakh Island Arc; Knipper, 1975; Adamia et al., 1987; Ricou et al., 1986; Sosson et al., 2010; Galoyan et al., 2013), originated due to the Neotethys subduction beneath the Eurasian margin. The subduction of Neotethys is evidenced by a thick and mainly calc-alkaline volcanogenic and volcanoclastic series dated from Bajocian to Santonian (e.g., Adamia et al., 1981; Galoyan et al., 2013).

To the South the Amasia-Sevan–Hakari suture zone (ASHSZ); and a Gondwana-derived terrane - the South Armenian Microcontinent (SAM) are distinguished (Sosson et al., 2010; fig. 1). The subduction of Tethys oceanic lithosphere under Eurasia followed by collision of the SAM with Eurasia started during the Upper Cretaceous (Rolland et al., 2012) and continued during the Palaeocene–Early Eocene (Sosson et al., 2010). In the valley of River Khachenaget, West of Vank village on radiolarians that overlie pillow lavas middle late Barremian - early early Aptian age obtained (Asatryan et al., 2011),

suggesting submarine volcanic activity during this interval in the Tethyan oceanic realm preserved in Artsakh.

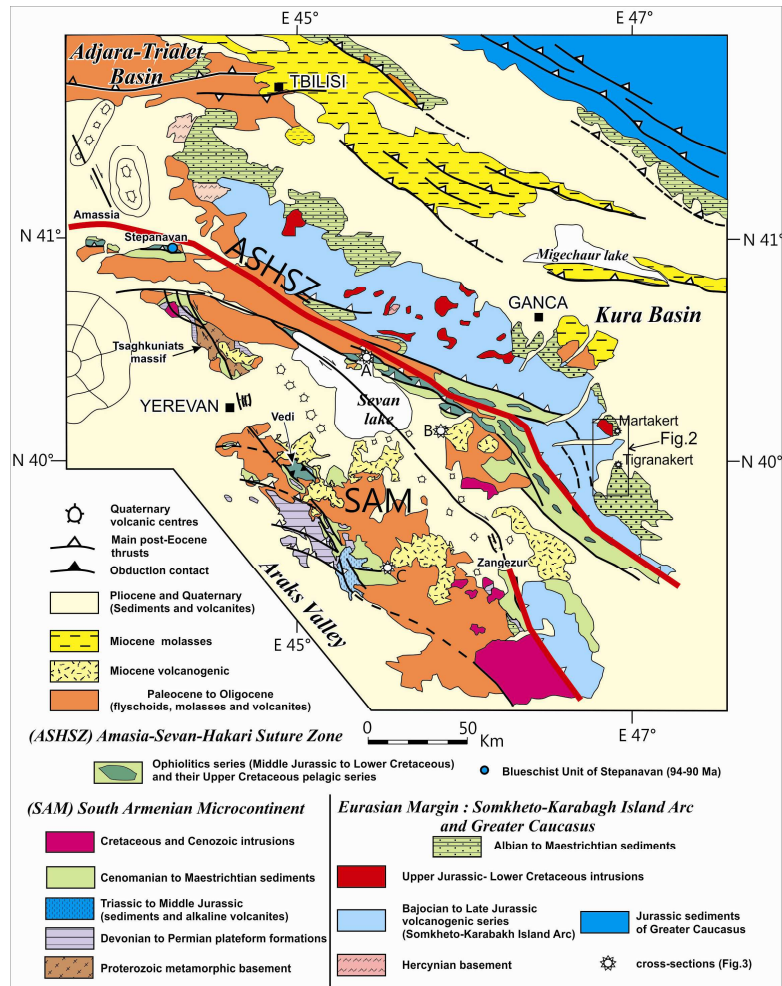


Fig. 1. Structural map of the Lesser Caucasus (Sosson et al. 2010). Vedi thrust according to Karakhanyan et al. (2013).

The outcrop of pillow shape carbonates is located about 40 km to the N from capital city Stepanakert (Artsakh) (fig. 1, 2, altitude 480m, N 40° 3,655'; E 46° 23,010'). Here Bathonian deposits presented by pyroclastic facies with thin interlayers of terrigenous sedimentation and of small thickness lava layers. Upper Jurassic (Kimmeridgian) formation presented lava flows and pyroclastic differentiations of about 500m thicknesses (Abdulaev, 1963), recording the ongoing magmatic activity on the Eurasian margin due to subduction. In Aghdam anticlinoria carbonate deposits of Tithonian age conformably overlain Kimmeridgian volcanogenic formation and unconformably overlies by Albian deposits (Abdulaev, 1963).

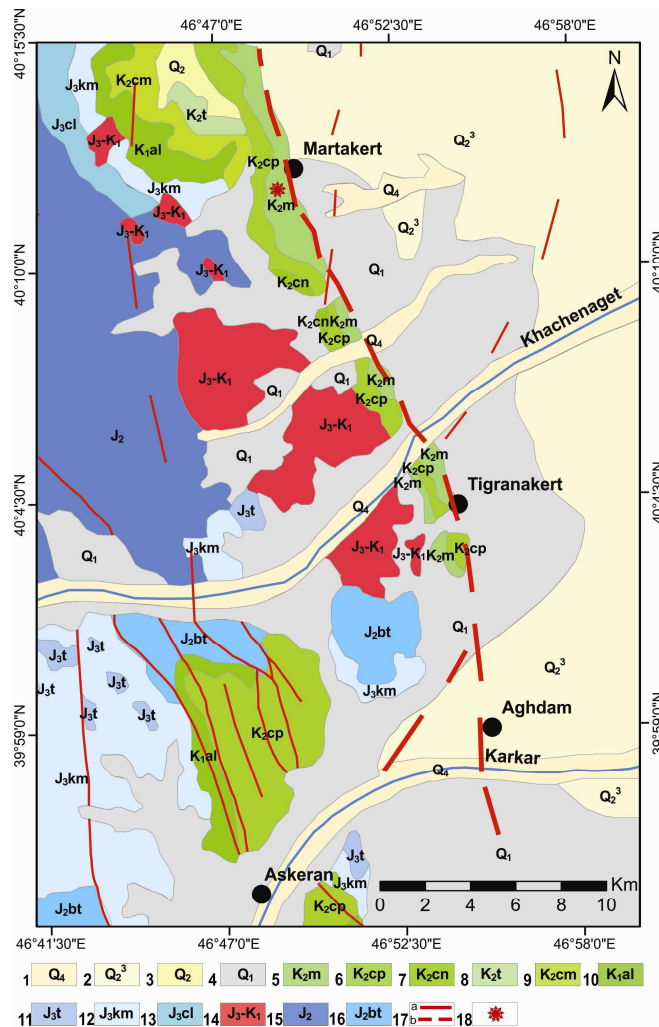


Fig.2. Simplified geological map of Martakert region (modified after geological map of Azerbaijan, Moscow 1976, faults according Baghdasaryan et al., 2007). 1. Modern sediments; 2. Middle and Upper Quaternary sediments; 3. Middle Quaternary sediments; 4. Lower Quaternary sediments; 5. Maastrichtian sandy –limestones, microbialites; 6. Campanian limestones, sandy -limestones; 7. Coniacian clay, sandstone, tuffites, gravelites and marls; 8. Turonian organogenic-detrital limestone; 9. Cenomanian volcano-sedimentary deposits; 10. Albian terrigenous and sedimentary deposits; 11. Tithonian carbonate sediments (?); 12. Kimmeridgian volcanic rocks; 13. Callovian terrigenous sediments; 14. Upper Jurassic- Lower Cretaceous granitoid; 15. Middle Jurassic volcanogenic, volcano-sedimentary rocks; 16. Bathonian piroclastic facies with terrigen sedimentary and lavas interlayers; 17. Faults; (a)- well expressed, (b)-supposed; 18. Location of Microbialites.

Mekhmana granitoid of about 60 km² outcrops (Fig. 2, (14)) within the limits of Aghdam anticlinoria and according to U-Pb dating, the zircon crystallization age is 154-147 Ma (Galoyan et al., 2013). The granitoid massive unconformably by Cenomanian volcano-sedimentary deposits is covered.

The thin-bedded limestones and sandy limestones accumulated during the Late Campanian – Maastrichtian accordingly are devoid of any intercalated lava flows and they therefore attest of the end of the magmatic activity on the Eurasian margin of the Lesser Caucasus. According the Geological map of Artsakh (M 1:500 000) microbialites are of Maastrichtian age (Fig.2).

Microbialites have 1-3,5m diameter, pillow shape part is about 0,5-1,5m and the thicknesses are 0,3-1m (Fig.3, A-C). The microbialites visibly in an area of more than 0,4 km² are exposed.

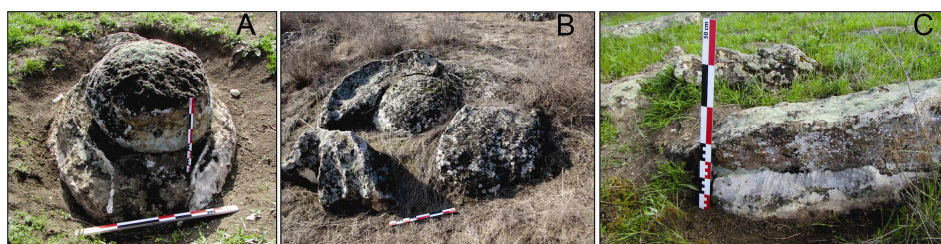


Fig.3. Field photographs from the investigated outcrop at Martakert. (A, B) Microbialitic limestones of pillow shape, covered by «crust»; (C) Onlap between a microbialite and the surrounding limestone.

Results and discussion

Petrography

Thin sections from pillow, covered part, as well as from onlap and surrounding limestones have been studied to investigate the patterns of microbialite growth and relation with other skeletal and encrusting components.

Pillow carbonate is boundstone, composed of peloidal particles (mesoclots - 30%) of irregular shapes (fig.4; a-f). The peloids forming in microbialites are regarded to be in situ in origin and they constitute the microfabric of microbialites (e.g. Riding, 2000). The peloids are surrounded by calcite microsparite. Branching *Lithotamnium*, dasycladaceans (?) algae (A) are the most important constituent (about 60%) of the total rock volume (fig.4; f, h, k). Matrix presented by 5% quartz (Q in fig.4), a variable fauna, such as bryozoans (fig.4; e, L), benthic rotaliids foraminifers (F- fig.4; c,e), double layered serpulids (S, fig.4; d), articulated ostracods of few quantities were observed.

Covered part of pillow is fecal pellet grainstone with clotted micrite (fig.4; g,h). Pellets are elliptical, rod-shaped (50-60%) of different size. In some places matrix presented by crushed quartz, due to compaction (15%). The algal flora consists of about 20% and is intercalated by mesoclots. Skeletal fossils are not much and they are presented by good preserved bryozoans colony, serpulids (by double layer microstructure, field by quartz, carbonate and particles of algae, fig.4; d), dasycladaceans alga (?), rotaliid foraminifers (total about 5%).

Onlap limestone is organo-detrital packstone with micritic intraclasts and diverse bioclasts (fig.4; g, h). The rock composed of bioclasts of *Lithotamnium* algae (55-65%) and micritic carbonate intraclasts (15%) in carbonate microspar matrix, which has a uniform crystal size and equant crystal shapes (15%). The

fossils are presented by bryozoans colony (3-5%), small benthic rotaliid foraminifers (1-2%), ostracods (1-2%). Fauna field by recrystallized calcite crystals, small grains of iron oxides appear scattered throughout the whole limestone from onlap part.

Below of microbialites the thin-bedded limestones (grainstone) are exposed (fig.4; k-L) with a microspare calcite matrix (5%). Bioclasts of *Lithothamnium* algae of different sizes (65-70%), pellets (10%), Bryozoans (15%), foraminifers (+), Ostracods (+) has been observed in thin sections.

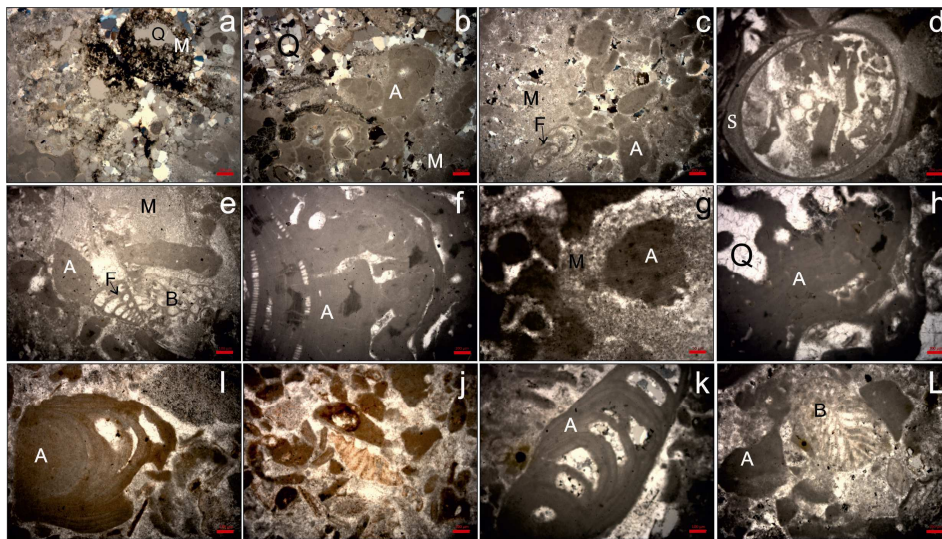


Fig.4. Thin section microphotographs of the microbialites (scale bar for all photos is 100 μm , g-50 μm) (a-f- from pillow; g,h- from crust; i,j- onlap; k-L- thin-bedded limestone). F- Foraminifera, Q- Quartz, A-Algae, B- Bryozoa, M- Mesoclasts. S- Serrulids. Microphotographs a,b under cross polarised light (XPL).

Microbialite growth history

The processes involved in construction of studied microbialites is the detrital sediments input, biologically influenced (or biochemical) and inorganic (physical–chemical) precipitations. They are inhabited by a diverse skeletal and soft-bodied fauna, growing on top of sediments in a low sedimentation rate, but do not develop well-defined branching forms. Quartz matrix indicates weathering from granitic massive but terrigenous supply could be also related to tectonic activity of that period with foreland basin complex development, which is result of collision processes and the evolution of the advancing orogenic wedge. Red algal thalli occur within the thin-bedded limestones and microbialites, suggesting their development in the photic zone. The water circulation and light levels increasing due-to water level decreasing is possible result of the transition from thin-bedded type to thrombolitic microbialites, leading to regular microbialite growth. The intercalation of microbialite crusts with red algal thalli (*Lithothamnion* sp.) indicates that the red algae and the microbialites developed coevally in the same environment. Bryozoans and

serpulids are cryptic (bored) habitats. Bryozoans are known as sessile, filter-feeding organisms adapted to a wide salinity range (Scholle, 2003). During the deposition of the mounds the salinity might have been normal, indicated by the co-occurrence other organisms. The microbialites must have grown before the foraminiferes settled down.

Conclusion

Few case studies of Cretaceous microbialites outcrop analogues are presented. This new data will contribute to the knowledge about the distribution, environment and composition of Maastrichtian thrombolite mounds of the northern Tethyan domain. The studied microbial mounds from the Martakert (Upper Cretaceous) of Artsakh developed in a shallow water open marine environment. The microbialites are classified as thrombolites of bacterial origin. They can develop in settings of varying bathymetry, water energy, salinity and oxygen/nutrient concentrations, but for interpret marine condition stable isotope analyses (C, O) need to perform. Microbialites can be as indicators of environmental and ecological changes related to variations in nutrients and relative sea level. Besides microbialites can be important hydrocarbon reservoir rocks. Future work should focus on the three-dimensional modeling, isotopic composition, porosity and permeability of the studied mounds also needs to be studied.

Acknowledgements

We would like to thank Mr. Sergei Shahverdyan, deputy-minister of Economy of Republic of Artsakh for his interest and support. Field work financed by Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Armenia. The authors are grateful to Dr. Steve Kershaw for helpful comments on the manuscript.

References

- Abdulaev R.** Mesozoic volcanism of North-western part of Lesser Caucasus. Pub. NAS Azerb. SSR, Baku, 1963, p.228 (in Russian).
- Adamia, S., Belov, A., Kekelia, M. & Shavishvili, I.** Paleozoic tectonic development of the Caucasus and Turkey (Geotraverse C). In: Flugel, H. W., Sassi, F. P. & Grecula, P. (eds) Pre-Variscan and Variscan Events in the Alpine-Mediterranean Mountain Belts. Mineralia Slovaca, Alfa Bratislava, 1987, p.23–50.
- Adamia S., Chkhotia T., Kekelia M. & Lordkipanidze M.** Tectonics of Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys ocean. Journal of Structural Geology, 4, 1981, p.437–447.
- Asatryan G., Danelian T., Sosson M., Sahakyan L., Galoyan Gh.** Radiolarian evidence for Early Cretaceous (late Valanginian – early Aptian) submarine volcanic activity in the Tethyan oceanic realm preserved in Karabagh (Lesser Caucasus). Ofioliti, 36 (2), 2011, p.117-123.
- Bahniuk A., Vasconcelos C., McKenzie J. A., Eiler E., Franc, A. F. & Anjos A.** Microbialite facies of Lower Cretaceous Codo Formation (Northeast Brazil): coupled sedimentological and isotope paleoenvironmental analysis of a potential reservoir rock. In: Vining, B., Gibbons, K., Morgan, W., Bosence, D., Le Heron, D., Le Ber, E. & Pritchard, T. (eds) Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production. Programme and Abstract Volume, 57, 2013, <http://www.geolsoc.org.uk/pgresources>.
- Baghdasaryan A., Tozalakyan P., Avagyan A., Arakelyan S.** Analysis of remote sensing and

- geochemistry data for oil and gas exploration in the territory of the NKR. Fond of “Georisk” company, Yerevan, 2007, 123p. (in Russian).
- Burne R. & Moore L. S.** Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios*, 2, 1987, p.241–254.
- Camoin G.** Nature and origin of Late Cretaceous mud-mounds, north Africa. In Monty, C. L. V., Bosence, D. W. J., Bridges, P. H. & Pratt, B. R. (eds.) *Carbonate Mud-Mounds – Their Origin and Evolution*, Special Publications of the International Association of Sedimentologists 23: 1995, p.385–400, Oxford.
- Dongjie T., Xiaoying Sh., Ganqing J., Yunpeng P., Wenhao Zh.** Environment controls on Mesoproterozoic thrombolite morphogenesis: A case study from the North China Platform. *Journal of palaeogeography*, 2013, v.2, issue 3, p.275-296
- Galoyan G., Melkonyan R., Khorenyan R., Atayan L., Hung C., Amiraghyan S.** To the petrology and geochemistry of Jurassic island-arc magmatics of the Karabagh segment of The Somkheto-Karabagh Terrain. *Proceedings of the NAS RA: Earth Sciences*, 2013, N 1, p.3-22 (in Russian).
- Gomez F., Kah L., Bartley J., Astini R.A.** Microbialites in a high-altitude Andean Lake: Multiple controls on Carbonate precipitation and Lamina Accretion, *Palaios*, 2014, V. 29, p.233–249.
- Hofmann H., Grey K., Hickman A., and Thorpe R.** Origin of 3.45 Ga coniform stromatolites in Warrawoona Group, Western Australia. *Geological Society of America Bulletin* 111(8), 1999, p.1256-1262.
- Karakhanyan A., Avanesyan M., Baghdassaryan A. & Meliksetyan Kh.** Structural Model of the Ararat Valley. IRG project report, Institute of Geological Sciences of NAS RA, Yerevan, 2013.
- Kiessling W., Scasso R., Aberhan M., Ruiz L. & Weidemeyer S.** Maastrichtian microbial reef and associated limestones in the Roca Formation of Patagonia (Neuquén Province, Argentina). *Fossil Record* 9(2), 2006, p.183–197, DOI 10.1002/mmng.200600007
- Kempe S, Kazmierczak J, Landmann G, Konuk T, Reimer A, Lipp A.** Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey. *Nature* 349, 1991, p.605–608.
- Knipper A. L.** The oceanic crust in the structure of the Alpine Folded Belt (South Europe, western part of Asia and Cuba). *Transactions*, 267, 1975, Moscow ‘Nauka’ (in Russian).
- Lopez Garcia P., Kazmierczak J., Benzerara K., Kempe S., Guyot F., Moreira D.** Bacterial diversity and carbonate precipitation in the giant microbialites from the highly alkaline Lake Van, Turkey. *Extremophiles* 9, 2005, p.263–274, DOI 10.1007/s00792-005-0457-0
- Rolland Y., Perincek D., Kaymakci N., Sosson M., Barrier E. & Avagyan A.** Evidence for 80–75 Ma subduction jump during Anatolide–Tauride–Armenian block accretion and 48 Ma Arabia–Eurasia collision in Lesser Caucasus–East Anatolia. *Journal of Geodynamics*, 56–57, 2012, p.76–85, <http://doi.org/10.1016/j.jog.2011.08.006>
- Rouchy J. M., Camoin G., Casanova J. & Deconinck J. F.** The central palaeo-Andean basin of Bolivia (Potosi area) during the late Cretaceous and early Tertiary: reconstruction of ancient saline lakes using sedimentological, paleoecological and stable isotope records. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 105, 1993, p.179–198.
- Riding, R.** Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 47 (Suppl. 1), 2000, p.179–214.
- Ricou, L., Dercourt, J., Geyssant, J., Grandjacquet, C., Lepvrier, C. & Biju-Duval, B.** Geological constraints on the Alpine evolution of the Mediterranean Tethys. *Tectonophysics*, 123, 1986, p.83–122.
- Sosson M., Rolland Y., Muller C., Danelian T., Melkonyan R., Kekelia S., Adamia S., Babazadeh V., Kangarli T., Avagyan A., Galoyan G., Mosar J.** Subductions, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights. In: Sosson, S., Kaymakci, N., Stephenson, R., Bergerat, F., Starostenko, V. (Eds.), *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Geological Society of London, Special Volume, 340, 2010, p.329–352.
- Scholle P.** Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. American Association of Petroleum Geologists 2003.

Reviewer S.Kershaw

**ՄԱՐՏԱԿԵՐՏԻ ՇՐՋԱՆԻ ՎԵՐԻՆ ԿԱՎՃԻ (ՄԱԱՍՏՐԻԽՏ)
ՄԻԿՐՈԲԻԱԼ ԿԱՐԲՈՆԱՏԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԸ (ԱՐՑԱԽԻ
ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ)**

Սահակյան Լ.Հ., Պետրոսյան Հ.Լ., Գրիգորյան Տ.Ե., Երանյան Ն.Ա.

Ամփոփում

Հոդվածում, առաջին անգամ նկարագրվում են Մարտակերտի շրջանի (Արցախի Հանրապետության հյուսիս արևելյան հատված), միկրոբակտերիալ կարբոնատները բակտերիաների գործունեության արդյունքում առաջացած, ներառյալ ցիանոբակտերիաներ, ջրիմուռներ և այլն: Ներկայացված են մասսոքիստի ժամանակաշրջանում ձևավորված միկրոբիալ-ցեմենտացված բաուդոստոն/գրեյնստոն (boundstone/grainstone) տեսակներով: Պետրոգրաֆիական ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ ծանծաղ ջրային միջավայրում առաջացած գնդաձև, գմբեթաձև առաջացումները կազմված են քվարցային բյուրեղային մատրիքից, կարբոնատային ցեմենտից, միկրոբիալ նյութից (կլորացված, պելոիդալ), տեղում աճող ճյուղավորված ջրիմուռներից (Thallus, Dasycladaceans?), մամռակերպերից (bryozoans): Նկարագրվում է նաև հազվադեպ օստրակոդներ, քիչ քանակությամբ ֆորամինիֆերներ և դետրիտային նյութ: Միկրոբիալիթները ունեն սև, միկրիտային պելոիդալ կառուցվածք, առանց ներքին շերտայնության և հետևաբար դասակարգվել են որպես թրոմբոլիթներ:

**ВЕРХНЕМЕЛОВЫЕ (МААСТРИХТ) МИКРОБИАЛЬНЫЕ
КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ ИЗ МАРТАКЕРТСКОГО РАЙОНА
(РЕСПУБЛИКА АРЦАХ)**

Саакян Л.Г., Петросян Г.Л., Григорян Т. Е., Еранян Н.А.

Резюме

В статье впервые описываются микробийальные карбонатные породы (возникшие в результате бактериальных процессов, в том числе цианобактерий, водорослей и т.д.) района Мартакерт (северо-восточная часть республики Арцах), представляющие интерес при изучении микробно-цементированных (баундстон/грейнстон) в маастрихте.

Петрографические исследования показали, что подушечные, куполообразные проявления исследуемых образований, сформированные в мелководной среде состоят из кристаллического кварца и карбонатного цемента, слоев микроорганизмов (комковатые, пелоидальные), разветвляющихся водорослей (in situ Thallus, Dasycladaceans?), растущих мшанок. Наблюдаются также остракоды, фораминиферы в и небольших количествах другой детрит. Микробиолиты характеризуются темной микритовой пелоидной тканью без внутреннего ламинирования, классифицирующиеся как тромболиты.

ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ РАСШИФРОВКИ ЛОКАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ОТ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

© 2017 г. А.К. Матевосян

Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
E-mail: arshak.matevosyan@yandex.com
Поступила в редакцию 15.03.2017.

Представлены результаты комплексного анализа разнотипных амплитудно-временных зависимостей вторичных поляризационных процессов в широком временном диапазоне, наблюдаемых в аномальных областях на поверхности сложной поляризующейся геоэлектрической модели.

Предлагается способ исследований методом вызванной поляризации на стадии детальных работ, основанный на оптимизации многокомпонентной системы векторных измерений в требуемом пункте наблюдений с применением многоазимутальной нерегулярной системы возбуждения электрического поля.

Современные возможности практической реализации детальных электроразведочных исследований контактным способом измерений (*крупномасштабные изыскания, включая микроэлектроразведку*) на рудных объектах существенно ограничены ввиду низкой эффективности применения для этих целей обычной методики электроразведочных исследований.

Наиболее широко используемыми способами исследований рудных геологических объектов на стадии детальных электроразведочных исследований методом **вызванной поляризации (ВП)** являются **точечное электрическое зондирование** (*с использованием радиально перемещаемой приемной линии, ориентированной по направлению к ближайшему питающему электроду*) (Методические рекомендации ..., 1989) и **электротомография** (*профильные линейные измерения с применением многоканальной электроразведочной косы*) (Mauriello et al., 1998; Бобачев и др., 2006; Caterina et al., 2014). Однако и эти способы геоэлектрических зондирований имеют определенные ограничения (*в частности, “жесткие” требования, предъявляемые к геометрии установки измерений, трудоемкость полевых работ и сложность обработки и интерпретации данных при нестандартных ситуациях*), что существенно снижает эффективность и ограничивает их практическую реализацию. Кроме этого, в результате выявления характера проявления и оценки величины искажающего влияния исходной (*первоначальной, остаточной*) электрохимической заряженности геоэлектрической среды на результаты ВП при электропрофилеировании (Матевосян, 2016), нетрудно представить, что качественно аналогичная картина будет наблюдаться и при электротомографии и точечном зондировании (*связанная с перестановкой установки измерений при проведении каждого цикла наблюдений*). Иными словами, в указанных мето-

диках искажающее влияние исходной электрохимической заряженности среды практически не поддается учету, зачастую может приводить к значительным погрешностям и в итоге непригодному для интерпретации (*некачественному*) исходному экспериментальному материалу.

Таким образом, специфика детальных малоглубинных электроразведочных исследований (в которой определяющую роль играет уменьшение и возможность учета искажающего влияния технологического фактора – обеспечения заземлений питающих и приемных неполяризующихся электродов в благоприятных условиях с использованием гибкой конфигурации установки измерений) требует постоянного развития и совершенствования, и сегодня это особенно актуально.

Многоэлектродные площадные системы возбуждения электрического поля с применением целенаправленного вращающегося поля в области исследования (*в пределах планшета съемки, пункта наблюдений*) с использованием нерегулярной многокомпонентной системы измерений (Матевосян, 1986) позволяют полноценно исследовать геоэлектрическую среду по системе взаимосвязанных и взаимно дополняющих параметров КС и КП (*включая тензорные*) (Матевосян, 2003¹). Однако, несмотря на свою высокоинформативность, реализация таких исследований сложна, относительно трудоемка и требует специальной методики измерений, обработки и интерпретации данных, что, к сожалению, в настоящее время зачастую является определяющим непреодолимым психологическим барьером для их широкого практического применения и развития.

С целью успешного решения указанной задачи требуется разработка новых и дальнейшее совершенствование известных способов измерений методом ВП на стадии детальных работ с применением, как эффективных площадных систем возбуждения и регистрации электрических полей, так и оптимальных временных режимов возбуждения внешнего поля с максимальным упрощением методики полевых работ. К настоящему времени выход из создавшегося положения представляется в оптимальном совмещении нерегулярной многоэлектродной системы возбуждения и векторных измерений электрических полей. В предыдущих статьях (Матевосян, 2016; 2017) приведены результаты проведенных теоретических исследований и проанализированы характерные особенности пространственно-временного распределения основных параметров первичного и вторичного электрических полей (*при равномерной площадной векторной съемке*) с применением нерегулярной многоазимутальной системы возбуждения сложной модели неоднородной геоэлектрической среды с разнотипными хорошо поляризующимися телами.

Целью настоящей статьи является:

- рассмотрение результатов комплексного анализа разнотипных амплитудно-временных зависимостей вторичных поляризационных процессов в широком временном диапазоне в двух исследуемых пунктах наблюдений, расположенных в

разнохарактерных аномальных областях поляризующейся геоэлектрической модели;

- представление методического подхода при разработке и оптимизации предлагаемого оперативного способа реализации крупномасштабных электроразведочных исследований площадных локальных аномалий от рудных объектов методом **вызванной поляризации (ВП)** с применением многокомпонентных векторных измерений при нерегулярной многоазимутальной системе возбуждения электрического поля.

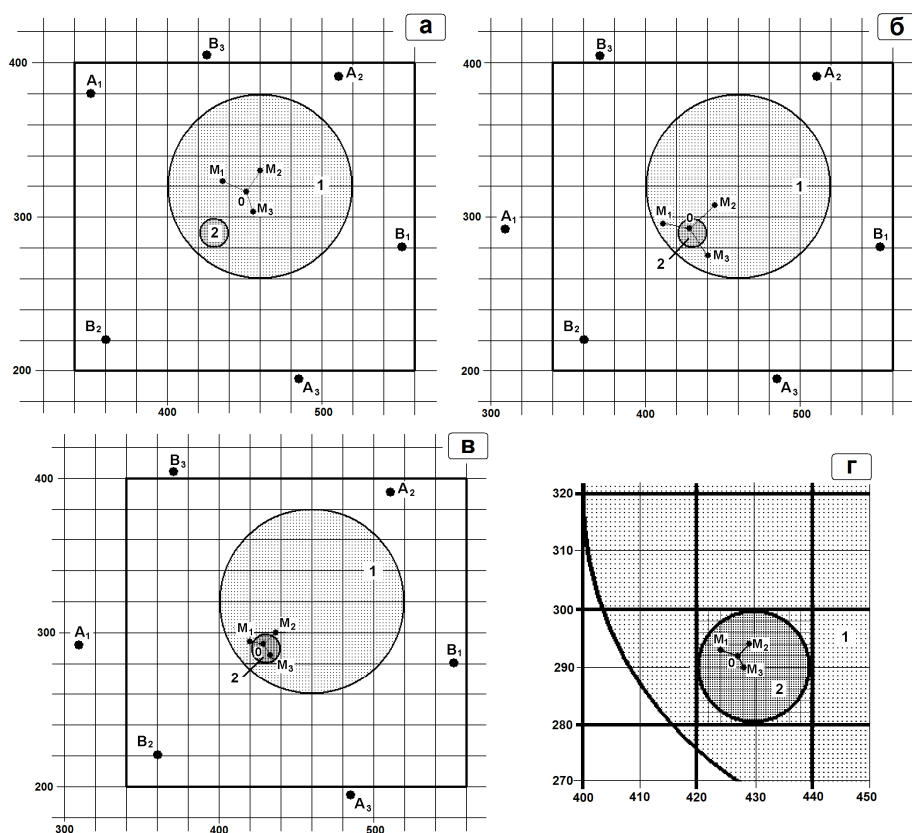


Рис.1. Планшет съемки при детальном исследовании аномальных областей 1 и 2 с месторасположением токовых электродов трех питающих линий (A_1B_1 , A_2B_2 и A_3B_3) на поверхности геоэлектрической модели А с локальным хорошо проводящим и поляризующимся сферическим телом 2, расположенным в области большей сферической неоднородности 1 с менее дифференцированными электрическими свойствами от вмещающей однородной среды.

а – при изучении региональной аномалии 1;

б, в (детализация 1), г (детализация 2) – при исследовании локальной аномалии 2 различной степенью детализации с использованием нерегулярной системы измерений из 4 приемных электродов (O , M_1 , M_2 и M_3) на каждом этапе детализации.

Представленная работа является логическим продолжением (Матевосян, 2017) и выполнена с использованием той же сложной поляризую-

щейся модели геоэлектрической среды. На рис.1 представлен планшет съемки на стадии детальных исследований аномальных областей 1 и 2 на поверхности геоэлектрической модели А (Матевосян, 2017), в табл.1 приведены размеры и направления ориентации нерегулярных систем питающих и приемных линий (*с небольшим произвольным смещением от правильной геометрии многоазимутальной площадной векторной установки* (Матевосян, 2003²)).

Таблица 1

Размеры (d, в метрах) и направления ориентации (φ , в градусах относительно оси x) питающих и приемных линий при изучении аномальных областей 1 и 2 на разных этапах детализации.

линии	аномалия 1 (рис.1а)		аномалия 2 (рис.1б)		аномалия 2 детализация 1 (рис.1в)		аномалия 2 детализация 2 (рис.1г)		аномалия 2 детализация 3	
	d	φ	d	φ	d	φ	d	φ	d	φ
питающие										
A_1B_1	223.6	153	240.2	178	240.2	178	240.2	178	240.2	178
A_2B_2	226.7	49	226.7	49	226.7	49	226.7	49	226.7	49
A_3B_3	218.4	286	239.4	299	239.4	299	239.4	299	239.4	299
приемные										
OM_1	18.0	146	17.3	170	7.6	157	3.2	162	0.10	180
OM_2	18.0	56	24.8	40	11.3	45	2.8	45	0.14	45
OM_3	11.2	297	21.4	307	8.6	306	2.2	297	0.14	315

Напомним, что исследуемая геоэлектрическая модель представлена локальным хорошо проводящим и поляризующимся сферическим телом 2 (*предполагаемый рудный объект*), расположенным в большей сферической области с относительно менее контрастными электрическими свойствами 1 (*в частности, область околорудной пиритизации*) от вмещающей однородной изотропной слабо поляризующейся среды (Матевосян, 2017).

Выбранная ранее (Матевосян, 2017) трехазимутальная нерегулярная система возбуждения электрического поля в геоэлектрической модели (рис.1а), состоящая из трех питающих линий (A_1B_1 , A_2B_2 и A_3B_3 – *наподобие установки срединного градиента*) с различными азимута ориентировки (*умышленно смещенных от центра исследуемых неоднородностей*), позволила оценить эффективность каждой из них при выполнении детальной площадной векторной съемки с целью исследования как относительно высокого регионального поляризационного фона, сформированного пиритизированной областью (*неоднородность 1*), так и локального рудного объекта (*неоднородность 2*). Следует обратить внимание, что несмотря на заметное произвольное расположение питающих электродов, изучаемая область геоэлектрической модели (*пункты наблюдений*) приблизительно расположена в центральной части соразмерных питающих линий (*следуя рекомендациям действующих электроразведочных методических инструкций, в частности* (Инструкция ..., 1984), для воз-

буждения относительно однородного нормального электрического поля в окрестности пункта измерений). Заметим также, что такая площадная система возбуждения, не только максимально приближена к реальным условиям проведения электроразведочных работ, но и позволяет создавать вращающееся электрическое поле в области требуемого исследуемого пункта наблюдений с использованием различных комбинаций питающих линий (в частности, $A_1B_1-A_2B_2$, $A_1B_1-A_3B_3$ и $A_2B_2-A_3B_3$) (Матевосян, 2003¹). Это обстоятельство особенно важно (поскольку является обязательным условием) для получения тензорных параметров **кажущегося сопротивления (КС)** и **кажущейся поляризуемости (КП)**, кардинально повышающих информативность исследований.

В процессе математического моделирования (при анализе большой совокупности пространственных амплитудно-временных зависимостей вторичного поля) выяснилось, что для многостороннего изучения неоднородности 2 целесообразна некоторая корректировка системы возбуждения: двух питающих линий (A_1B_1 и A_3B_3), которая была достигнута с перестановкой двух токовых электродов – $A_1(310м, 290м)$ и $B_3(370м, 405м)$ (рис.16, табл.1).

При моделировании использовались многокомпонентные способы векторных измерений:

- **“Пучком”** – относительно приемного электрода, ближайшего к соответствующему питающему электроду, установленного от центрального электрода O в сторону электрода A одновременного тремя измерительными каналами (трехкомпонентный способ измерений) при трех вариантах возбуждения поля: $A_1B_1 - M_1O$, M_1M_2 и M_1M_3 ; $A_2B_2 - M_2O$, M_2M_1 и M_2M_3 ; $A_3B_3 - M_3O$, M_3M_1 и M_3M_2 . Знак всех измеряемых разностей потенциалов в однородной изотропной среде – положительный; точка присвоения (опорный электрод) – M_1 , M_2 , M_3 при каждом направлении (азимуте) поля, соответственно.
- **“Звездочкой”** – относительно общего центрального приемного электрода O (опорный электрод – точка присвоения) одновременного тремя измерительными каналами (OM_1 , OM_2 , OM_3 – трехкомпонентный способ измерений) при трех направлениях возбуждения поля (A_1B_1 , A_2B_2 , A_3B_3). Знак измеряемых разностей потенциалов в однородной изотропной среде при $A_1B_1-OM_1$; $A_2B_2-OM_2$; $A_3B_3-OM_3$ – отрицательный, в остальных случаях – положительный.
- **“Треугольником”** – одновременного тремя измерительными каналами (M_1M_2 , M_1M_3 , M_2M_3 – замкнутая система измерений – условно двухкомпонентный способ измерений: ввиду справедливости последовательного суммирования разностей потенциалов между приемными электродами – один канал является контрольным) при трех направлениях возбуждения поля (A_1B_1 , A_2B_2 , A_3B_3). Предусмотрена возможность определения требуемых параметров элект-

рических полей при этом способе измерений путем пересчета данных “пучком” или “звездочкой”. Точкой присвоения результатов измерений условно может являться область в центре треугольника.

Информативность систем измерений “пучком” и “звездочкой” одинакова и выше, чем “треугольником”, однако в последнем случае есть возможность контролирования (дублирования) процесса измерений, что повышает достоверность измерений. При расчете тензорных параметров КС и КП по данным нерегулярной сети измерений (Матевосян, 2003¹) удобнее манипулировать системой “звездочка” – (M_1-O-M_2 , M_1-O-M_3 и M_2-O-M_3), которую можно получить как путем непосредственных измерений, так и пересчитав результаты измерений “пучком”. Каждая составляющая напряженности электрического поля в пункте наблюдений определялась как отношение разности потенциалов к расстоянию между приемными электродами (*иными словами, приращение потенциала электрического поля на расстоянии, равном разнесу приемной линии*) и приписывалась к местоположению центрального приемного электрода O в направлении ориентации соответствующей приемной линии. Этим и объясняется некоторое расхождение рассматриваемых векторов плотности тока $\mathbf{j}$ (*основного векторного параметра нормального поля, характеризующего особенности системы возбуждения на поверхности однородной изотропной среды*) в исследуемом пункте наблюдений с использованием одной и той же питающей линии (рис.5,6). Однако, такой подход обеспечивает измерение и определение реальных величин электрических полей с высокой точностью исследований и полностью согласовывается с методикой экспериментальных работ. Следует заметить, что несмотря на отсутствие строгого требования к фиксированному размеру и ориентировке (*геометрии*) приемных линий, целесообразно соблюдать их соразмерность и приблизительно разбивать по направлениям (*азимутам*) каждой питающей линии (рис.1). Это позволяет оптимизировать весь процесс исследований с учетом критерия достоверности измерений (Матевосян, 2003¹). В итоге, несмотря на определенную произвольность выбора геометрии установки измерений, такое расположение токовых и приемных линий (*электродов*) позволяет в определенной степени одинаково как возбудить электрическое поле, так и оптимально его измерить, что является необходимым и весьма важным условием для дальнейшей эффективной комплексной обработки и интерпретации данных.

В результате численных расчетов для двух пунктов наблюдений (рис.1), расположенных в центральной области региональной (*над сферическим объектом 1*) и локальной (*над сферическим телом 2*) аномалий геоэлектрической модели **A**, соответственно, получены различные амплитудно-временные характеристики ВП (рис.2-5). Заметим, что в обоих случаях пункт наблюдений (*опорный центральный приемный электрод O*) не совмещен с эпицентрами сферических неоднородностей **1** и **2** (*удален на расстояние 11.2м и 3.6м, соответственно; табл.1*).

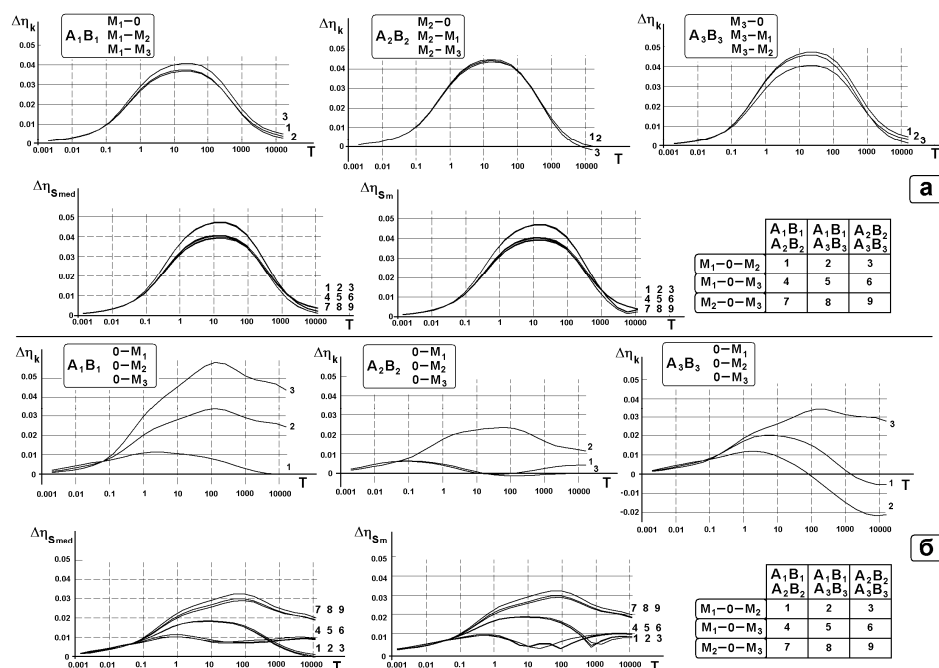


Рис.2. Кривые первых производных параметров кажущейся поляризуемости $\Delta\eta_k(T)$, $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$ в процессе пропускания одиночного импульса постоянного тока и с использованием различных систем возбуждения и регистрации над региональным объектом **1** (а) и локальным объектом **2** (б) (в центральных частях аномальных областей **1** и **2**, соответственно).

На рис.2 и 3 представлены кривые первых производных (*приращений*) переходной характеристики ВП над электрическими неоднородностями. Здесь:

$\Delta\eta_k(T)$ – приращение (*первая производная*) **кажущейся поляризуемости (КП)** по логарифму времени (Электроразведка, 1989), вычисленное путем численного дифференцирования кажущейся поляризуемости $\eta_k(T)$ по результатам измерений разности потенциалов каждой приемной линии при пропускании тока поочередно тремя питающими линиями (*простые установки площадных измерений*);

$\Delta\eta_{smed}(T)$ – приращение усредненной величины полной кажущейся поляризуемости по логарифму времени, вычисленное путем численного дифференцирования кажущейся поляризуемости $\eta_{smed}(T)$ (*тензорный параметр КП* (Матевосян, 2003¹)) результатов векторных измерений напряженности вторичного поля при пропускании тока с использованием разных трех приемных электродов (*двух приемных линий*) и попарно взятых двух питающих линий (*площадные двухазимутальные многоэлектродные установки измерений*);

$\Delta\eta_{sm}(T)$ – приращение усредненной величины полной кажущейся поляризуемости по логарифму времени (*дифференциальный тензорный параметр КП*), вычисленное по результатам изменений (*приращения во времени*) векторных измерений напряженности вторичного поля с использованием разных трех приемных электродов и попарно взятых двух питающих линий.

На рис. 2 графики $\Delta\eta_k(T)$ получены при системе измерений “пучком” и “звездочкой” с применением трех простых систем возбуждения (A_1B_1 , A_2B_2 , A_3B_3). Ниже приведены графики $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$, полученные тремя двуазимутальными системами возбуждения ($A_1B_1-A_2B_2$, $A_1B_1-A_3B_3$ и $A_2B_2-A_3B_3$), позволяющими создавать вращающееся электрическое поле в требуемом пункте наблюдений (Матевосян, 2003¹), также системой измерений “звездочка”. Общая закономерность этих временных зависимостей над региональной неоднородностью 1 (рис.2а) проявляется в виде максимальных значений $\Delta\eta_k(T)$, $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$ во временном интервале $T=20-40$ с. Над локальной неоднородностью 2 (рис.2б) аналогичные кривые существенным образом отличаются как формой, так максимальными значениями и постоянной времени T_{max} при разных системах возбуждения и измерений. Это (*и в первую очередь, широкий временной интервал проявления T_{max}*) наглядно свидетельствует о присутствии хорошо поляризующейся неоднородности в области пункта наблюдений соразмерной с разностями приемных линий. Такая неоднозначная и на первый взгляд противоречивая картина проявления амплитудно-временных зависимостей (*в частности, присутствие временных интервалов с отрицательными значениями дифференциальной кажущейся поляризуемости*) диктует необходимость продолжения детальных работ (*с целью расшифровки аномального поведения полученных кривых*), с поэтапным уменьшением разносов приемных линий при фиксированном опорном приемном электроде (рис.3). Согласно этим кривым, уже с первой стадии детализации наблюдается устойчивая динамика приведенных временных зависимостей (*постоянная времени T_{max} изменяется в достаточно конкретном временном интервале: 2000-10000с*). На первых двух этапах детализации четко прослеживается зависимость амплитуды дифференциальной кажущейся поляризуемости от выбранной системы измерений (*одной приемной линии при вычислении $\Delta\eta_k(T)$ и двух – при определении тензорных параметров $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$*). Третью стадию детализации, выполненную при достаточно малых величинах разносов приемных линий (табл.1), практически можно считать предельной (*теоретической*), при которой “все семейство” кривых $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$ сливается в единую временную зависимость.

В результате математического моделирования выявлены основные закономерности проявления различных взаимосвязанных амплитудно-вре-

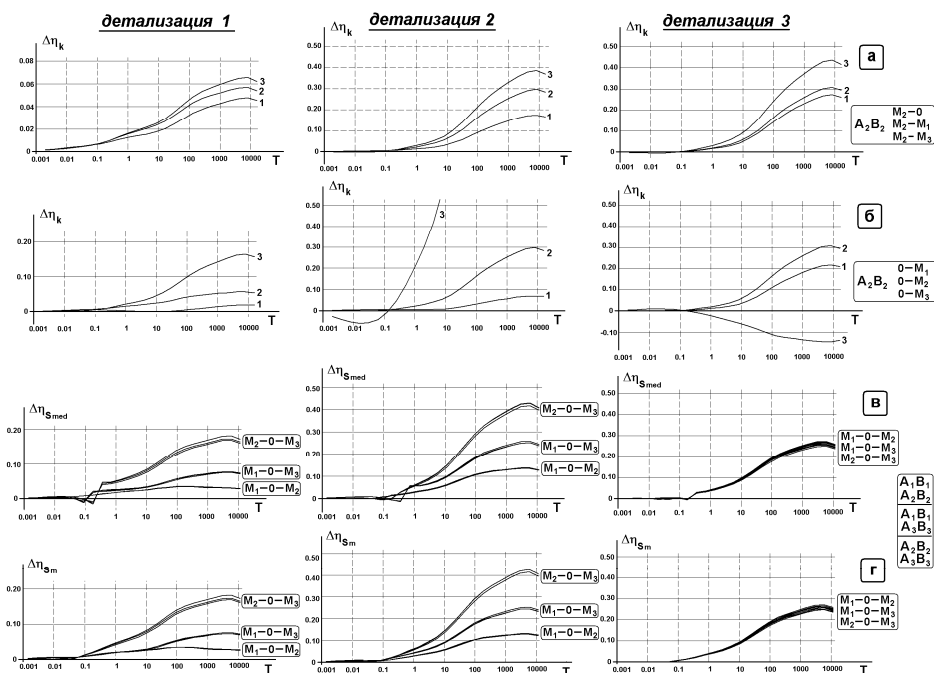


Рис.3. Графики $\Delta\eta_k(T)$, $\Delta\eta_{smed}(T)$ и $\Delta\eta_{sm}(T)$ в аномальной области 2 на разных этапах детализации.

менных характеристик поля ВП (в широком временном диапазоне) в аномальных областях на поверхности неоднородной поляризующейся геоэлектрической модели на разных этапах детализации измерений. При этом, особую важность в процессе обработки и интерпретации данных приобретает представление (визуализация) основных векторных и тензорных параметров исследуемых электрических полей. В частности, построение кривых дифференциальной (первой производной) кажущейся поляризуемости, диаграмм векторов плотности тока, напряженностей первичного и вторичного электрических полей, временных диаграмм компонентов тензора кажущейся поляризуемости, круговых временных диаграммы и разверток диаграмм различных параметров КС и КП. Некоторые из них приведены ниже.

На рис.4 представлены диаграммы векторов плотности тока $\mathbf{j}$, напряженностей первичного $\mathbf{E}_0$ и вторичного $\mathbf{E}_{вп}(T)$ электрических полей над электрическими неоднородностями 1 и 2 при поочередном возбуждении электрического поля тремя питающими линиями (A_1B_1 , A_2B_2 и A_3B_3) и измерении с использованием системы “звездочка” (трех пар приемных линий: M_1-0-M_2 , M_1-0-M_3 и M_2-0-M_3). Здесь также приведены максимально информативные временные диаграммы компонентов двумерного тензора второго ранга кажущейся поляризуемости $\eta_s(T)$ (η_{xx} , η_{xy} , η_{yx} , η_{yy}) при многоазимутальном возбуждении поля, построенные ранее предложенным

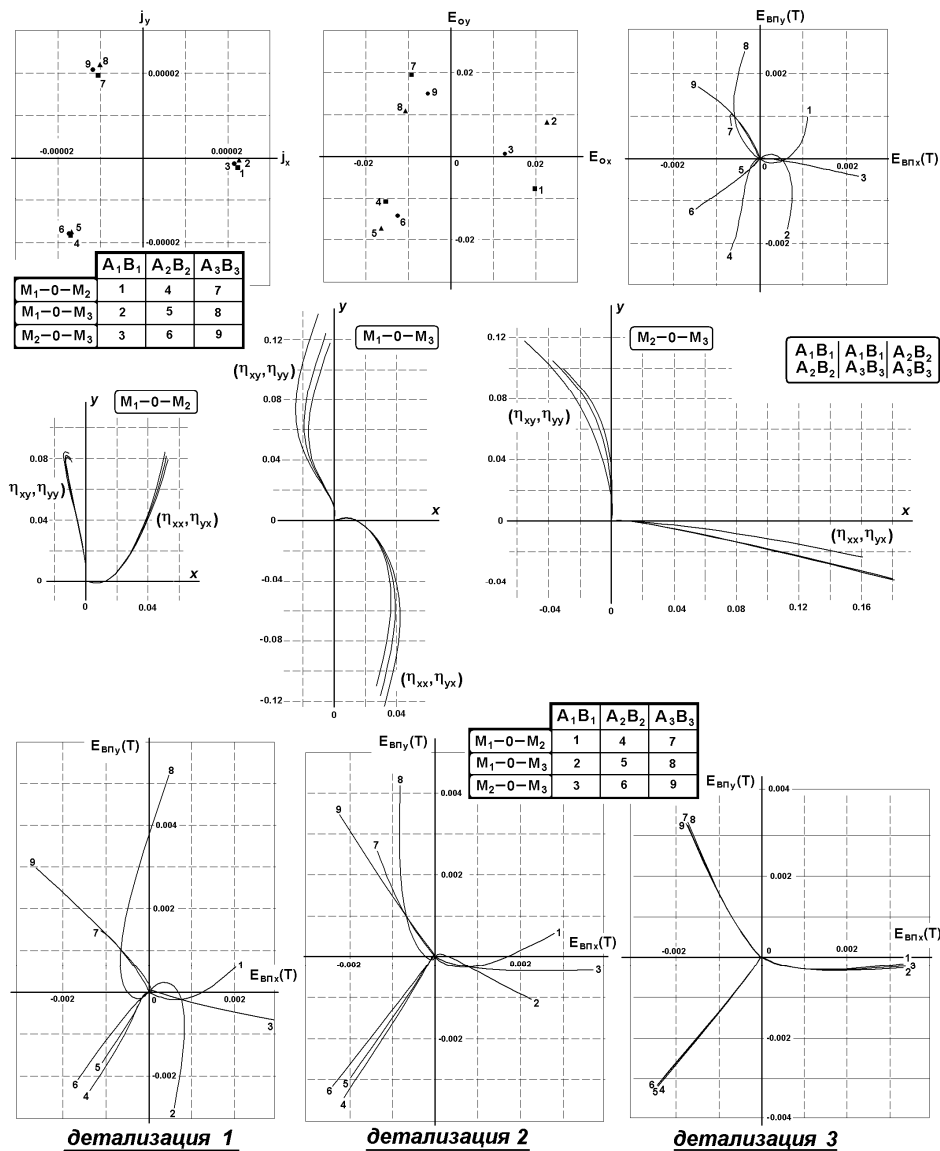


Рис.4. Диаграммы векторов плотности тока $\mathbf{j}$, напряженностей первичного $\mathbf{E}_0$ и вторичного $\mathbf{E}_{вп}(T)$ полей (верхние графики), временные диаграммы компонентов тензора $\eta_s(T)$ (промежуточные графики) в аномальной области 2 при многоазимутальном возбуждении электрического поля (A_1B_1, A_2B_2 и A_3B_3) с использованием трех нерегулярных систем приемных линий (M_1-0-M_2, M_1-0-M_3 и M_2-0-M_3) и диаграммы напряженности вторичного поля $\mathbf{E}_{вп}(T)$ (нижние графики) на каждом последующем этапе детализации.

способом (Матевосян, 2003¹). Неожиданно интересную картину можно наблюдать на временных диаграммах $\mathbf{E}_{вп}(T)$ (иллюстрация траектории конца вектора напряженности вторичного поля), однозначно указывающих на сложную структуру исследуемой модели и характеризующих присутствие региональной и локальной (на разных этапах детализации)

(рис.4) неоднородностей, выраженных достаточно сложной (на первый взгляд непонятным, даже абсурдным поведением) “закрученной” траекторией конца векторов вторичного поля в процессе поляризации среды (возбуждения геоэлектрической модели). Это обстоятельство более странно отражается на составляющих вектора $E_{вп}(T)$ (в частности x - и y -, что легко проследить на приведенных диаграммах) и проявляется не только уменьшением их величины со временем, но и изменением знака. Только путем векторных измерений в исследуемом пункте можно объяснить и истолковать полученные данные, в противном случае их следует просто забраковать (что на практике и происходит). Представленные диаграммы наглядный классический пример, еще раз подтверждающий необходимость и эффективность векторной съемки.

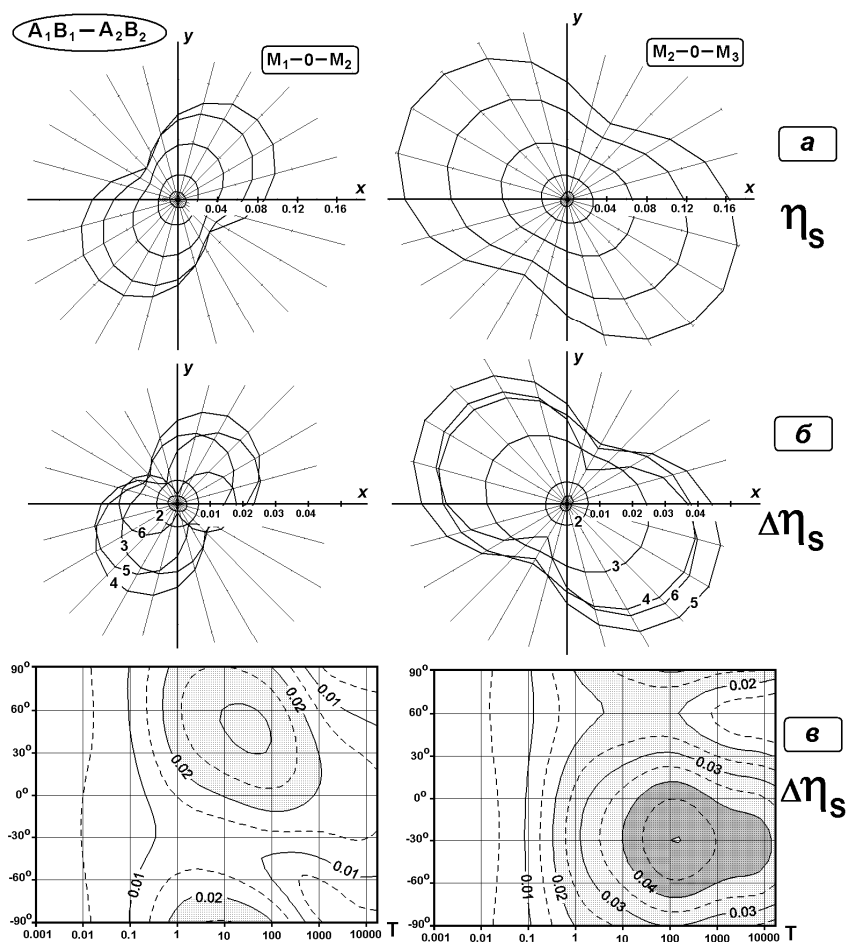


Рис.5. Круговые временные диаграммы (а, б) и развертки диаграмм (в) параметров кажущейся поляризуемости $\eta_s(T)$ (а) и $\Delta\eta_s(T)$ (б, в) в аномальной области 2 геоэлектрической модели А при возбуждении электрического поля двумя питающими линиями (A_1B_1 и A_2B_2) с использованием двух систем приемных линий (M_10-M_20 и M_20-M_30).

Согласно методике построения круговых диаграмм и разверток диаграмм (Матевосян, 2003¹) на рис.5 изображены временные зависимости полной кажущейся поляризуемости $\eta_s(T)$ и $\Delta\eta_s(T)$ от направления первичного поля с использованием питающих линий A_1B_1 и A_2B_2 и системы измерений “звездочкой”. Отмеченные зависимости позволяют проследить изменение рассматриваемых параметров не только во времени (*в частности, как приведенные на рис.2 и 3 графики $\Delta\eta_{sm}(T)$ – усредненных значений приращения кажущейся поляризуемости*), но и от направления прилагаемого электрического поля, что проявляется в виде азимутальной анизотропности определяемых параметров и содержит полезную информацию о пространственном распределении электрических неоднородностей геоэлектрической среды. Следует напомнить, что при исследовании реальных геоэлектрических сред (*сложных, содержащих разнотипные электропроводящие объекты*) такие временные диаграммы не всегда однозначно иллюстрируют определяемые тензоры КС и КП, и для этого дополнительно рекомендуется построение “отрезков” соответствующих тензоров (Матевосян, 2003¹) для требуемых моментов времени цикла измерений.

Достаточно эффективным средством для оперативной проверки, контроля и корректировки результатов измерений в процессе интерпретации данных на разных этапах детальных работ (*при математическом моделировании сложных геоэлектрических сред на разных стадиях детализации*) может являться построение карт изолиний потенциалов нормального, первичного и вторичного полей (рис.6). В частности, внимательное рассмотрение динамики изменения представленных параметров на этих картах дает ответ на “странное поведение” временных зависимостей кажущейся поляризуемости (рис.2 и 3) и векторов напряженности поля ВП (рис.4) при некоторых системах возбуждения и измерения поля. Сопоставляя результаты, полученные на разных этапах детализации (рис.4) практически отличающихся только размерами приемных линий (табл.1, рис.6), в грубом приближении можно судить о геометрических размерах и пространственном расположении аномалиеобразующего объекта. Большая разница между основными интерпретируемыми параметрами наблюдаемых электрических полей (*при использовании результатов измерений разными парами приемных линий на данном этапе детализации*) свидетельствует о присутствии в области пункта наблюдений локальной электрической неоднородности, соизмеримой с величиной разносов приемных линий. По мере уменьшения приемных линий (*на последующих этапах детализации*) указанная разница уменьшается, т.е. неоднородность 2 создает плавное локальное поле и тем самым уже проявляется как региональный объект. Следует подчеркнуть, что несмотря на повышенную информативность результатов измерений при малых разносах приемных линий, практическая реализация таких исследований сопряжена со значительными техническими (*для обеспечения требуемой интенсивности возбуждаемых электрических полей*) и методологичес-

кими (в частности, при соблюдении требований к геометрии расположения и условиям заземления приемных электродов) трудностями.

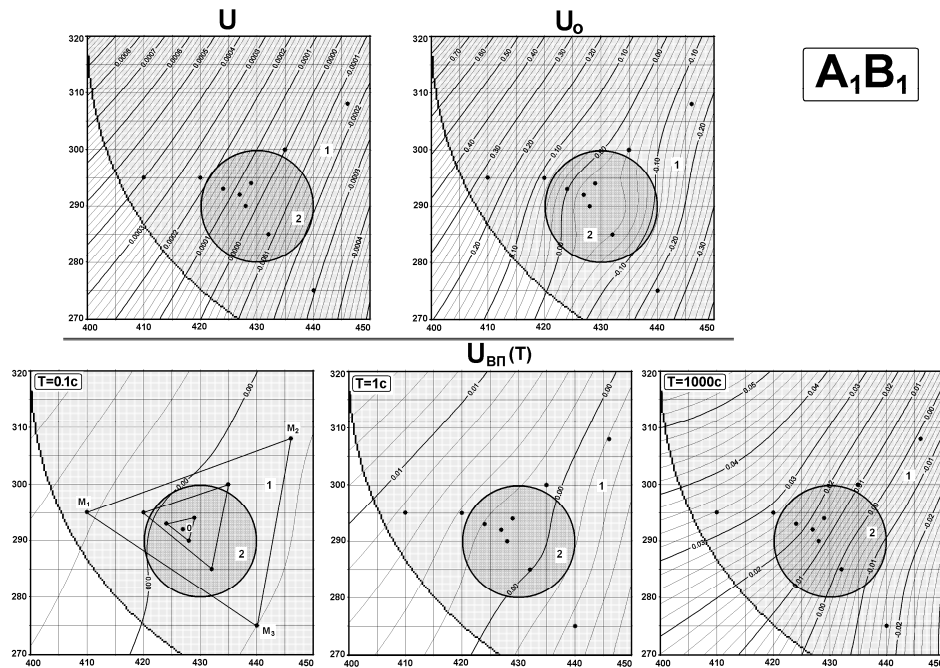


Рис.6. Карты изолиний потенциала возбуждаемого (нормального) U , первичного U_0 и вторичного $U_{ВП}(T)$ полей при возбуждении рассматриваемой геоэлектрической модели A питающей линией A_1B_1 в три момента времени; **черные точки** – местоположения приемных электродов при исследовании аномальной области 2; **треугольники** – используемые на каждом этапе детализации нерегулярные системы векторных измерений из 4 приемных электродов O, M_1, M_2 и M_3 .

Благодаря дифференциации неоднородной геоэлектрической модели не только по электрическим свойствам (удельному электрическому сопротивлению и поляризуемости), но и временному параметру ПХ ВП, удалось однозначно решить поставленную задачу (яркий демонстрационный пример, раскрывающий эффективность предлагаемого способа детальных исследований методом ВП). Кроме этого, полученные результаты математического моделирования позволяют еще раз констатировать, что при исследовании реальных геологических сред, содержащих электропроводящие включения, нельзя ограничиваться только измерениями поля ВП (поляризационного процесса) на ранних и, частично, средних временах ($T \leq 10c$). Следует также напомнить, что в процессе интерпретации электроразведочных данных (для каждого пункта наблюдений при исследовании неоднородной геоэлектрической среды) определяемые параметры и получаемые зависимости являются кажущимися (наряду с кажущимся сопротивлением и кажущейся поляризуемостью) и зависят не только от особенностей распределения электрических свойств среды, но и от конк-

ретной примененной установки измерений. Ценность представленной методики заключается и в устойчивости конечных решений, благодаря векторным измерениям с привлечением инвариантных тензорных параметров КС и КП. Как показал наш опыт математического моделирования (*на проведенном большом фактическом материале*), представленный комплекс графической иллюстрации основных интерпретируемых пространственно-временных зависимостей зачастую играет решающую роль для объективного достоверного объяснения протекающих в геологической среде сложных электрохимических процессов. Предлагаемая методика реализуема даже при ограниченных технических возможностях электроразведочной аппаратуры (*в частности, с применением ранее разработанной и изготовленной нами в ИГИС НАН Армении электроразведочной 4-канальной аналого-цифровой запоминающей измерительной аппаратуры **Vector-AM***) и минимальных материальных затратах (*не дорогим вспомогательным полевым оборудованием*), но не в ущерб качеству исследований.

Предлагаемый способ детальных исследований методом ВП целенаправлен на оптимизацию системы многокомпонентных векторных измерений в требуемой области реальной геоэлектрической среды (*в присутствии разного рода приповерхностных искажающих факторов*) с применением многоазимутальной нерегулярной системы возбуждения электрического поля и основан на минимизации производственных затрат (*с максимальным упрощением методики исследований – выполнения полевых работ, обработки и интерпретации данных*) для получения необходимой и достаточно надежной информации (*экспериментального материала*) при решении поставленной задачи. Применение данного способа не исключает возможность оперативной расшифровки природы аномалиеобразующего геологического объекта по априорным (*геолого-геофизическим, геоморфологическим, биологическим и др.*) данным, без обычно выполняемого предварительного геоэлектрокартирования (*поисковой стадии работ методами постоянного тока*). Дальнейшие экспериментальные (*лабораторные, натурные, опытно-методические*) исследования пространственного распределения рассмотренного комплекса амплитудно-временных параметров ВП на поверхности сложных хорошо поляризующихся геоэлектрических сред, содержащих разнотипные электропроводящие (*рудные*) объекты, позволят совершенствовать представленную методику электроразведочных изысканий на стадии детальных работ. Предусмотренная гибкая методика исследований (*возможность использования нестандартных установок измерений для обеспечения благоприятных условий наблюдений возбуждаемых электрических полей с поэтапной детализацией работ в требуемых пунктах измерений, исходя из особенностей конкретно поставленной задачи*) существенно способствует практическому применению предлагаемого способа в различных модификациях, не ограничивая творческие инициативы высококвалифицированных специалистов.

Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН Армении в рамках научного проекта № 15Т-1Е418.

Литература

- Бобачев А. А., Горбунов А. А., Модин И. Н., Шевнин В. А.** Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики. 2006, №2, с.14-17.
- Инструкция по электроразведке.** Л.: Недра, 1984, 352с.
- Матевосян А. К.** Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство СССР № 1249607, 1986, Б.И. №29.
- Матевосян А. К.** Разработка теоретических основ методики векторной съемки при электроразведочных исследованиях. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора физ.-мат. наук. Ереван, ИГН НАН РА, 2003¹.
- Матевосян А. К.** Трехазимутальная модификация МАК-зондирования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2003², LVI, №2, с.56-59.
- Матевосян А. К.** Отражение исходной заряженности геоэлектрической среды на результатах электропрофилирования. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2016, 69, №3, с.15-23.
- Матевосян А. К.** Основные направления оптимизации площадных детальных исследований методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2017, 70, №1, с.10-24.
- Методические рекомендации по применению точечных зондирований для построения геоэлектрического разреза.** Ленинград: НПО "РудГеофизика", 1989, 64с.
- Электроразведка.** Справочник геофизика. М., Недра, 1989, в двух книгах – 438с, 378с.
- Caterina D., Hermans T., Nguyen F.** Case studies of incorporation of prior information in electrical resistivity tomography: comparison of different approaches. Near Surface Geophysics, 2014, v. 12, №4, p.451-465.
- Mauriello Q., Monna D., Patella D.** 3D geoelectric tomography and archaeological applications. Geophysical prospecting, 1998, v. 46, 5, p.543-570.

Рецензент А. Тамразян

ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻՑ ՏԵՂԱԿԱՆ ԱՆՈՍԱԼԻԱՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՄԱՆ ՕՊԵՐԱՏԻՎ ԵՂԱՆԱԿ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ամփոփում

Հոդվածում ներկայացված են լայն ժամանակային տիրույթում երկրորդական բևեռացող պրոցեսների տարաբնույթ ամպլիտուդա-ժամանակային կախվածությունների համալիր վերլուծության արդյունքները, որոնք դիտարկվում են բարդ բևեռացող երկրաէլեկտրական մոդելի մակերեսի անոմալ տեղամասերում:

Առաջարկվում է հարուցված բևեռացման մեթոդով մանրակրկիտ աշխատանքներ կատարելիս նոր էլեկտրահետախուզական եղանակ, որը հիմնված է բազմաբաղադրիչ վեկտորային չափումների համա-

կարգի օպտիմալացման վրա՝ կիրառելով էլեկտրական դաշտի բազմաազիմուտալ զրգոման համակարգ:

OPERATIONAL DECODING METHOD OF LOCAL ANOMALIES FROM ORE OBJECTS BY INDUCED POLARIZATION METHOD

A.K. Matevosyan

Abstract

In this article the results of the complex analysis of the various types of amplitude-time dependences of secondary polarization processes in wide time range, observed in anomalous regions on the surface polarizing geoelectric model are presented.

The method of investigation by induced polarization method at the stage of detailed work, based on the optimization of a multi-component system of vector measurements at the required observation point with using a multi-azimuth irregular electric field excitation system is proposed.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ АКТИВНОЙ ТЕКТониКИ ВОСТОЧНОЙ ВЕТВИ СЮНИКСКОЙ СТРУКТУРЫ PULL-APART.

© 2017 г. С.В. Баласанян

*Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
e-mail: sergeybalasanyan6@gmail.com
Поступила в редакцию 04.09.2017г.*

В 2016 году, в рамках проекта Laboratoires Internationaux Associés (LIA), были проведены детальные исследования с целью картирования активных разломов восточной ветви Сюникской структуры pull-apart. Полевые обследования были проведены на 3 участках, расположенных на скарпах разломов восточной ветви структуры pull-apart к северу от озера “Севлич”. Здесь два главных разлома формируют между собой крупную депрессию шириной от 0,8 до 1,3 км, вытянутую в направлении север-юг. Между главными разломами имеются 3-4 ветви второстепенных разломов, также имеющих компоненту правостороннего сдвига и сброса. Горизонтальные правосдвиговые смещения по второстепенным разломам достигают 50 м. Были составлены топографические профили рельефа с разрешением 1.5-2 м вдоль нескольких второстепенных скарпов активных разломов. На профилях выделяются хорошо выраженные вертикальные аномалии топографии на скарпах разломов, а также фиксируется наличие небольших приразломных депрессий. Кроме того, скалпы второстепенных разломов пересекают многочисленные древние курганы и стены, осмотр которых не выявил каких-либо деформаций, которые можно было бы связать с подвижками при сильных землетрясениях.

Как показали исследования ИГН НАН РА в 2015 г. (в рамках Франко/Армянского проекта совместной научной лаборатории Laboratoires Internationaux Associés (LIA), NHASA Project - Natural Hazards and Adaptation Strategies in Armenia, from 10 000 BC onward), западная ветвь Сюникской структуры pull-apart проявляла тектоническую и сейсмическую активность в совсем недавнем историческом прошлом. В трех пунктах на ней были зафиксированы горизонтальные смещения кургана, датированного XII-XI веками до РХ, и стены загон для скота такого же возраста с амплитудой 7.5-8 м. Результаты комплексных изысканий позволили сделать вывод о том, что смещения образовались во время землетрясения в 368 году н.э. с магнитудой $M=7.5$ (Karakhanyan et al., 2016). Следует отметить, что, в регионе Сюникской структуры pull-apart уже неоднократно проводились исследования (Karakhanyan et al., 2002; Трифонов и Караханян, 2008; Avagyan, 2013; Davtyan, 2007; Karakhanian et al., 2004; Ritz et al., 2013).

Основные задачи полевых работ в 2016 году сводились к следующему:

а) выяснить, проявились ли поверхностные разрывы от сильного землетрясения 368 года н.э. или других сейсмических событий на Восточной ветви, как это было на Западной;

б) определить наличие следов других сильных землетрясений на Восточной ветви. Для этого нами были проведены следующие исследования:

1. Детальное картирование активных разломов Восточной ветви структуры pull-apart к северу от озера “Севлич”.

2. Визуальное обследование расположенных на скарпах археологических объектов и определение наличия следов их деформации при возникновении поверхностных разрывов в процессе реактивации активных разломов восточной ветви.

3. Проведение раскопок археологических сооружений в зоне активных разломов восточной ветви Сюникской структуры pull-apart, там, где это могло быть связано с наличием сильных сейсмических событий в прошлом.

Для выполнения 1-го пункта исследований с помощью анализа данных аэрофотосъемки были выбраны 3 участка исследований, расположенные на скарпах разломов восточной ветви к северу от озера “Севлич” (рис.1).

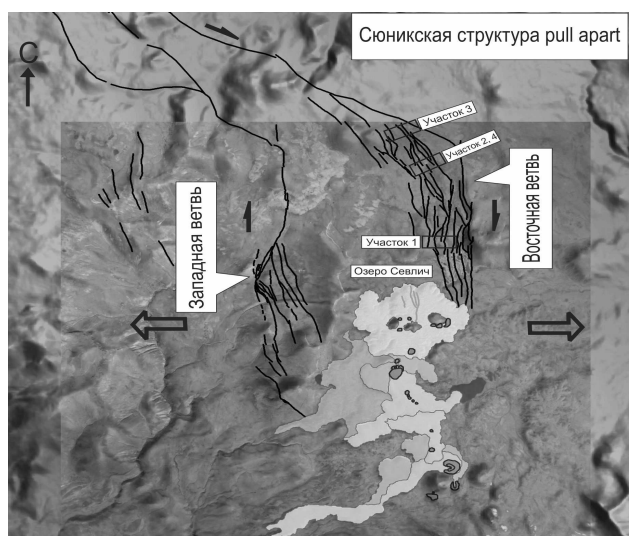


Рис.1. Сюникская структура pull-apart. На линиях разломов прямоугольниками выделены участки полевых работ в 2016г.

Участок 1.

Участок расположен к северу от озера “Севлич”. Здесь два главных разлома, ограничивающих Восточную ветвь структуры pull-apart, формируют между собой крупную депрессию, вытянутую в направлении северо-юг (рис.2). Ширина депрессии колеблется от 0.8 до 1.3км. Оба главных разлома имеют компоненты правого сдвига и сброса, причем вертикальная компонента превышает горизонтальную и составляет 40-45м. Между главными разломами имеются 3-4 ветви второстепенных разломов, также имеющих компоненту правостороннего сдвига и сброса.

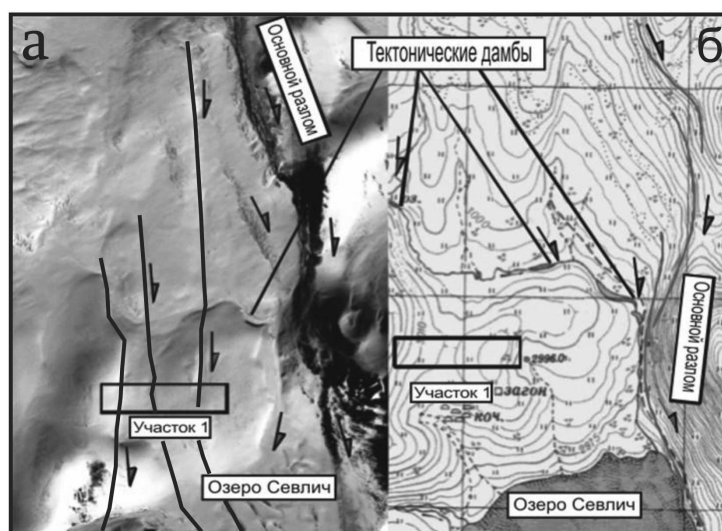


Рис.2. а – космоснимок участка 1; б – топографическая карта масштаба 1:25000 местности близлежащей к участку 1.

Сбросовые вертикальные подвижки по второстепенным разломам образовали небольшие тектонические дамбы с небольшими запруженными водными бассейнами перед ними. Горизонтальные правосдвиговые смещения по второстепенным разломам достигают 50м (рис.3).

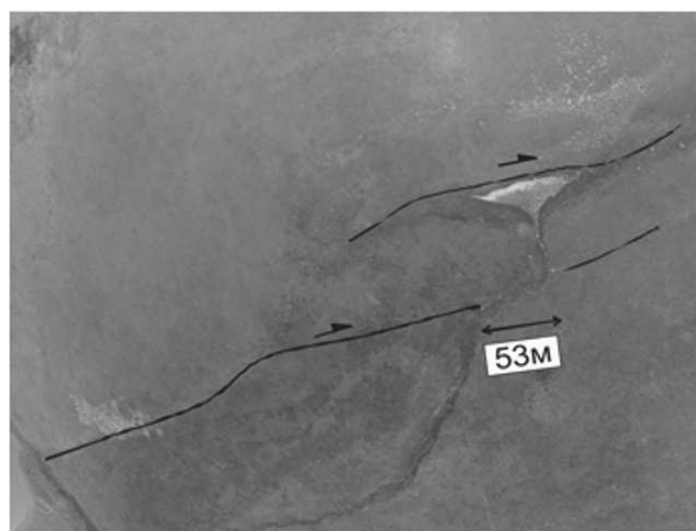


Рис.3. Горизонтальные правосдвиговые смещения по второстепенным разломам на участке 1. Снимок с дрона.

Скары второстепенных разломов пересекают многочисленные древние курганы и стены. Осмотр стен и курганов не выявил каких-либо деформаций, которые можно было бы связать с подвижками при сильных

землетресениях. Поперек второстепенных скарпов активных разломов был проведен детальный топографический профиль с разрешением 1.5-2м (рис.4).

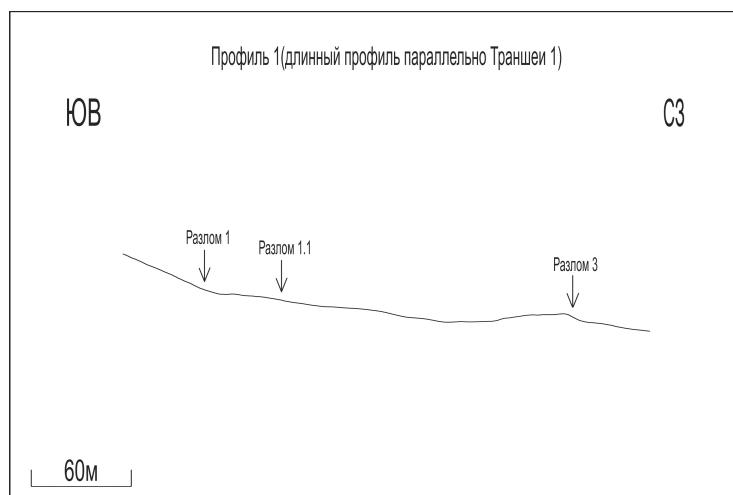


Рис.4. Топографический профиль рельефа на участке 1 (вдоль скарпов второстепенных разломов).

Профиль продемонстрировал хорошо выраженные вертикальные аномалии топографии на скарпах разломов, а также наличие многочисленных небольших депрессий, вытянутых длинной осью вдоль направлений разломов. 2-й и 3-й участки расположены к северу от участка 1 на расстоянии 3 и 4км, соответственно. На этих участках главные разломы восточного фланга Сюникской структуры pull-apart изменяют простирание в направлении север-запад, однако сохраняют ту же внутреннюю структуру (рис.5). Фланговые разломы с правосдвиговой и сбросовой компонентой смещения ограничивают депрессию длиной 2км и шириной 0.92 -0.95км. Амплитуды вертикального смещения по главным разломам меньше, чем на участке 1, и составляют 10-12м. Геометрия зоны северо-восточной ветви главного разлома демонстрирует отчетливый левосторонний тренд отдельных скарпов поверхностных разрывов. Внутри депрессии имеются разломы с меньшей амплитудой вертикальных и горизонтальных смещений. Вдоль разломов вытянуты небольшие приразломные депрессии.

Участок 2.

На территории участка 2 зона северо-восточной ветви главного разлома состоит из двух сегментов 1 и 2, расположенных на расстоянии 140м друг от друга. Вертикальная амплитуда смещений по сегменту 1 составляет 4-5м, а по сегменту 2 - 9-12м. Между этими сегментами и вдоль них расположены многочисленные археологические сооружения (курганы, стены), осмотр которых не выявил смещений и сейсмодиформаций от сильных землетрясений.

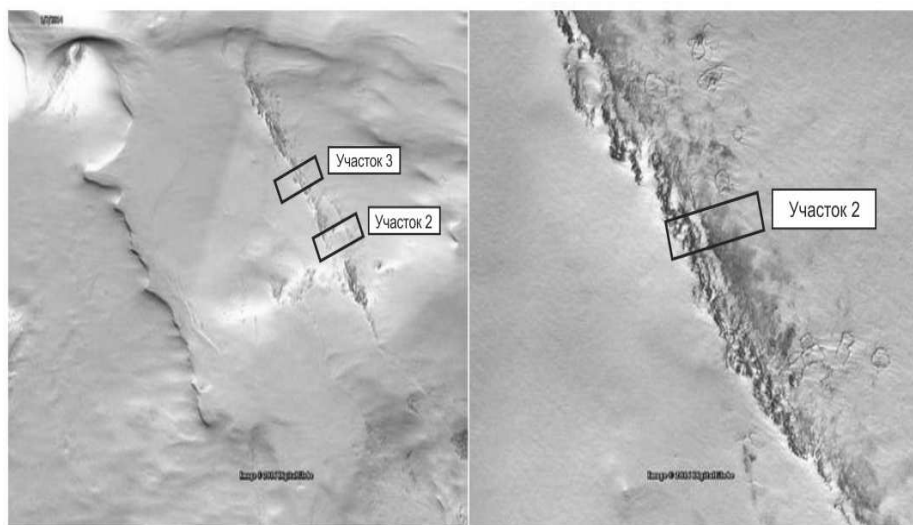


Рис.5. Космоснимки участков 2 и 3 в зоне полевых работ на восточной ветви Сюникской структуры pull-apart.

Поперек сегментов 1 и 2 был проведен подробный топографический профиль с резoluцией 1.5 – 2м. На профиле хорошо фиксируются значительные топографические аномалии в местах скарпов разломов сегментов 1 и 2, а также приразломных депрессий.

Участок 3.

Расположен в 1км к северо-западу от участка 2, на сегменте 3 северо-восточной ветви главного разлома. Поперек сегмента 3 и 2 был проведен топографический профиль высокой резoluции.

На участке 3 - вдоль скарпа разлома 2 и на юго-восточном продолжении скарпа разлома 3 - имеется большое количество археологических сооружений (могильных курганов и остатков стен). Ниже приводится описание раскопок одного из курганов, насыпь которого была расположена прямо на продолжении скарпа разлома. Диаметр кургана (по оси запад – восток) – 8,4м. Гомогенная насыпь кургана целиком состоит из фрагментов андезито-базальтовых плит, совершенно лишена почвенного покрова или заполнения. Насыпь покрывали бессистемно уложенные естественные плиты, образующие перекрытие камеры. Последняя представляла собой грунтовую камеру размерами 1,35м x 1,20м, ориентированную по оси СЗ – ЮВ (рис.6а).

Камера была заполнена обломками плит, среди которых на разных отметках встречены многочисленные фрагменты керамики и мелкие фрагменты костей скелета. Наряду с керамикой, инвентарь погребения составляют бронзовый черенковый наконечник стрелы (длина - 6,45см, вес - 7,9г), сердоликовые и пастовые бусы (рис.6б). Датирующими элементами

комплекса являются прежде всего керамика и наконечник стрелы. По морфологии, декору и технике изготовления сосуд полностью аналогичен образцам керамики, в частности, кургана Гехакара (A.Karakhanyan et al., 2016). На основании аналогий, данный курган предварительно может быть отнесен к временному периоду раннего железа и датирован XII – XI вв. до н.э.



Рис.6. а–вскрытая грунтовая камера кургана; б–археологические артефакты, найденные в камере кургана(фрагменты керамического сосуда, бронзовый черенковый наконечник стрелы, сердоликовые бусы).

Следует отметить, что скарп основного разлома восточной ветви Сюникской структуры pull-apart южнее озера “Севлич” перекрывается Каркарским вулканическим лавовым потоком 2-ой генерации. Именно отсюда (рис.7) были отобраны образцы для проведения **Ar-Ar** анализа в лаборатории Орегонского университета. В итоге были получены следующие результаты по датировке: базальтовый трахиандезит (3-3-10) $\leftrightarrow$ 8.3ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$)

Таким образом, во время полевых работ 2016г. обследование многочисленных древних археологических сооружений (могильные курганы и стены загона для скота из лавовых блоков), расположенных прямо на скарпах активных разломов восточной ветви Сюникской структуры pull-apart (в зоне участков 1-3), не выявили явных признаков археосейсмической активности района исследований в течение последних 3100-3200лет. Более того, результаты **Ar-Ar** анализа отодвигают временную планку периода отсутствия сильных землетрясений в районе наших исследований еще на 8.3ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$).



Рис.7. Участок, где лавовый поток перекрывает скарп разлома. Выделено место взятия образца для анализа **Ar-Ar**.

В заключение отметим контрастное различие сейсмической и тектонической активности на 2-х ветвях Сюникской структуры pull-apart:

а) на западной ветви структуры pull-apart были зафиксированы горизонтальные смещения кургана и стены загона для скота амплитудой 7.5-8м, образовавшиеся во время землетрясения 368 года после РХ с магнитудой $M=7.5$ (Karakhanyan et al., 2016);

б) на восточной ветви структуры pull-apart нет признаков проявления сильной сейсмичности, по крайней мере в течение $8.3\text{ka} (\pm 2\sigma = \pm 1.5)$.

Благодарности

Автор выражает благодарность: своему научному руководителю А.С. Караханяну за помощь в планировании исследования, а также за ценные советы и рекомендации по оформлению статьи; Х.Б.Меликсетяну за предоставленный для $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования образец Каркарского лавового потока 2-ой генерации; Р.С. Бадалян за помощь в раскопках и дальнейшей интерпретации полученных археологических данных; отдельную благодарность Г.А. Алавердяну за проведение аэрофотосъемки местности. Также автор выражает благодарность Т.Е.Григоряну, С.С.Варданяну и М.П.Мартirosяну за помощь в проведении топографических профилей рельефа. Отдельную благодарность автор выражает А.В.Авакяну за рецензию статьи и полезные советы.

Լիտերատուրա

- Трифонов В. Г., и Караханян А.С., 2008. Динамика Земли и развитие общества. Труды Геологического института РАН (рецензенты – Д. В. Рунквист, А. М. Городницкий), вып. 585. ОГИ, Москва, 435с.
- Avagyan A. Subsurface manifestation of active faults in enviroment / Doctoral thesis, IGS of NAS RA, 2013, 292p.
- Davtyan V. Active faults of Armenia: slip rate estimation by GPS, paleoseismological and morphostructural data. PhD Thesis, Montpellier II University, France, 2007, 210p.
- Karakhanyan A., Badalyan R., Harutyunian A., Avagyan A., Philip H., Davtyan V., Alaverdyan G., Makaryan K., Martirosyan M. Archaeoseismological studies at the Pambak-Sevan-Syunik fault system, Armenia, in Sorkhabi, R., ed., Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian's Forty Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper 525-15, 2016, p.21.
- Karakhanyan A., Djrbashyan R., Trifonov V., Philip H., Arakelyan S., Avagyan A. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. Journal of Volcanology and Geothermal Research 133 (2002).
- Karakhanyan A., Jrbashyan R., Trifonov V., Philip H., Arakelyan S., Avagyan A., Baghdassaryan A., Davtyan V. Active volcanoes and volcanic hazard in the Armenian highland and adjacent areas / NAS of RA, Eart sciences, 2004, LVII, N1: p.3-24. (in Russian).
- Ritz J., Mkrtchyan M., Avagyan A., Nazari H., Karakhanyan A., Blard P., Mahan S., Peyret M., Doerflinger E., Vernant P. Impact of active faulting and large earthquakes on the landscape of Syunik and Shirak regions, Colloque LIA HEMHA: "Environments and Societies in the Southern Caucasus during the Holocene", Lyon, p.28-29 Nov. 2013.

Рецензент А. Авакян

ՍՅՈՒՆԻՔԻ “PULL-APART” ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ԱՐԵՎԵԼՅԱՆ ՃՅՈՒՂԻ ԱԿՏԻՎ ՏԵԿՏՈՆԻԿԱՅԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ս.Վ. Բալասանյան

Ամփոփում

2016թ. ընթացքում կատարված դաշտային աշխատանքների ժամանակ Սյունիքի “փուլ-ապարտ” կառուցվածքի արևելյան ճյուղի ակտիվ խզվածքների սկարպերի (1-3 տեղամասերում) վրա տեղակայված բազմաթիվ պատմամշակութային կոթողների (կուրգաններ և լավային բլուրներից կազմված անասնատեղի պատեր) ուսումնասիրությունը և հետազոտությունը ի հայտ չբերեցին հետազոտվող տեղամասերի հնէասելյամիկ ակտիվության բացահայտ նշաններ վերջին 3100-3200 տարիների ընթացքում: Դեռ ավելին, *Ar-Ar* վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ մեր հետազոտությունների տեղամասում բացակայում են ուժեղ երկրաշարժեր արդեն մոտ 8.3ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$):

Ամփոփելով նշենք, որ Սյունիքի “pull-apart” կառուցվածքի արևմտյան և արևելյան ճյուղերի սելամիկ և տեկտոնիկ ակտիվության միջև կա հակադրական տարբերություն.

ա) Սյունիքի “փուլ-ապարտ” կառուցվածքի արևմտյան ճյուղի վրա արձանագրվել են կուրգանի և անասնատեղի պատերի հորիզոնական

տեղաշարժեր 7.5-8մ: Այս տեղաշարժերը ձևավորվել են մ.թ. 368թ. տեղի ունեցած երկրաշարժի (ուժգնությունը $M=7.5$) հետևանքով;

բ) Սյունիքի “փուլ-ապարտ” կառուցվածքի արևելյան ճյուղի վրա ուժեղ սեյսմիկություն չի դրսևորվում 8.3ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$) ժամանակահատվածի ընթացքում:

THE RESULTS OF STUDY OF THE TECTONIC FEATURES OF THE EASTERN BRANCH OF THE SYUNIK PULL-APART STRUCTURE.

S.V. Balasanyan

Abstract

During the field studies of 2016, the survey and examination of numerous ancient archaeological structures (burial mounds and cattle-enclosure walls made of lava blocks), located directly on the scarps of active faults in the eastern branch of the Syunik pull-apart structure (at Sites 1-3) did not reveal any obvious signs of archeoseismic activity within the study area during the last 3100-3200 years. Moreover, the results of **Ar-Ar** analysis suggest that strong earthquakes have not occurred in the study area since 8.3 ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$). In conclusion, the contrasting difference of the seismic and tectonic activities between the eastern and western branches of the Syunik pull-apart structure is noted.

- a. On the western branch of the Syunik structure, horizontal displacements of a mound and cattle enclosure walls by 7.5-8m were recorded (produced by a 7.5_{mb}- magnitude earthquake in 368 A.D.);
- b. On the eastern branch of the Syunik structure, no signs of strong seismicity were manifested during 8.3 ka ($\pm 2\sigma = \pm 1.5$).

ABOUT THE PERIODIC NATURE OF EARTHQUAKES (CASE STUDY ON NORD-EAST MEDITERRANION)

© 2017 г. A. E. Kazarian, M. K. Mkrtchyan

*Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Armenia
375019, 24a, ave. M. Baghramyan, Yerevan, Armenia
E-mail: earthquake@geology.am
Received by the editorial office on ??.01.2017*

In this article, we present the results of the seismic analysis, including the territory of Armenia, Turkey, Greece and Italy. These results show that each region has its own specific cycles of seismic activity. These cycles have periods of 12 h to 24 h, which shows their connection with tidal processes. The connection between the earthquake focal mechanisms and periodicity of seismic activity has revealed. In territories with earthquakes mainly with deep hypocenter and normal focal mechanism characterized only with 24-hours periods.

1. Introduction

The question is whether seismic activity has a periodic nature discussed by many authors (Schuster, 1897; Tamrazyan, 1967, 1968, 1973; Tsuruoka et al., 1995; Saar and Manga, 2003; Métivier et al., 2009; Ide et al., 2016). Other believes the longstanding paradigm, that earthquakes are chaotic in nature and have no cyclical properties.

In some cases, lunar periodicity of seismic activity is noticeable, in others, a yearly one. However, many questions remain un-researched and unclear, namely: how many periods of active seismicity exist and how they link with focal mechanisms of earthquakes and geodynamic specifications of a specific region? In some regions, an observed connection of strong earthquakes to the full moon leads researchers to believe that the moon, in fact, is playing a major role in triggering earthquakes (eg. Ide et al., 2016). The research behind the mechanisms of this triggering however has not been conclusive. It is also unclear whether the periodic components of seismic activity change with time and space. The study in this matter will help to understand the nature of processes responsible for earthquake generation or triggering. This report focused on daily distribution of earthquakes.

2. Method and data

The periodicity of earthquakes in different regions can be studied by statistically analyzing local instrumental seismic catalogs. Using histograms, we reveal a periodic characteristic of seismic activity for different regions. The results are compared with the known geodynamical specification of the region.

The method is based on the assumption that if seismicity is a stochastic process, then the distribution of the number of earthquakes over daytime should

be uniform. Meaning that the cumulative number of earthquake over 24-hours time interval should remain stable for the whole region.

For the territory of Armenia, earthquakes within a one-hour time zone interval, from 1962 up to 2007 (17833 events), regardless of magnitude, were chosen for this analysis (fig.1, NorAtom, 2011). The time of each earthquake was converted to local time. Daytime was divided into minutes (1440 min), and the number of earthquakes per minute was counted. (fig.2).

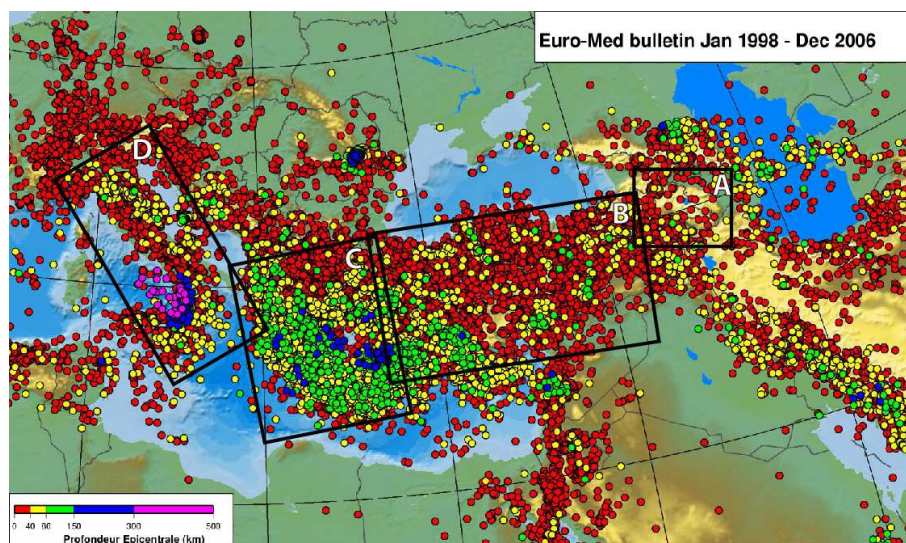


Fig. 1. Map of earthquakes.

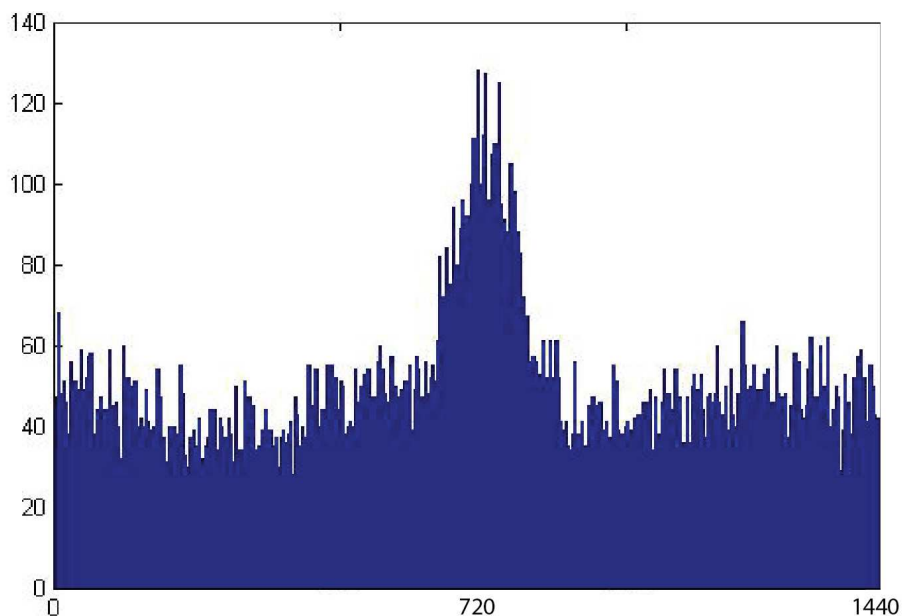


Fig. 2. Earthquakes daily distribution histogram of Armenia from 1962 till 2007.

The results (fig.2) show that the number of earthquakes around noon more than triples: (120 earthquakes versus 35). We also observed more frequent earthquakes around midnight (fig.2 - a, b) (60 versus 35). It is clearly apparent that seismic activity near noon and midnight, compared to the most passive period of the day, is significantly higher. This is a very strong indication that seismic activity of this region has a 12-hour and 24-hour periodicity. The fact that the most active time of day for seismic events is concentrated around midday and midnight leads us to the conclusion that there is a definite relation between earthquakes and earth's rotation.

The same kind of study was conducted on earthquakes in the territory of Turkey (2005 – 2016, 200204 events were recorded spanning over two time zones, <http://www.deprem.gov.tr/en/ddacatalogue>), Greece (1964 – 2015, 233356 events recorded spanning over one-time zone, <http://www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs>) and Italy (2005 – 2016, 173379 events spanning over one-time zone, <http://cnt.rm.ingv.it/en>).

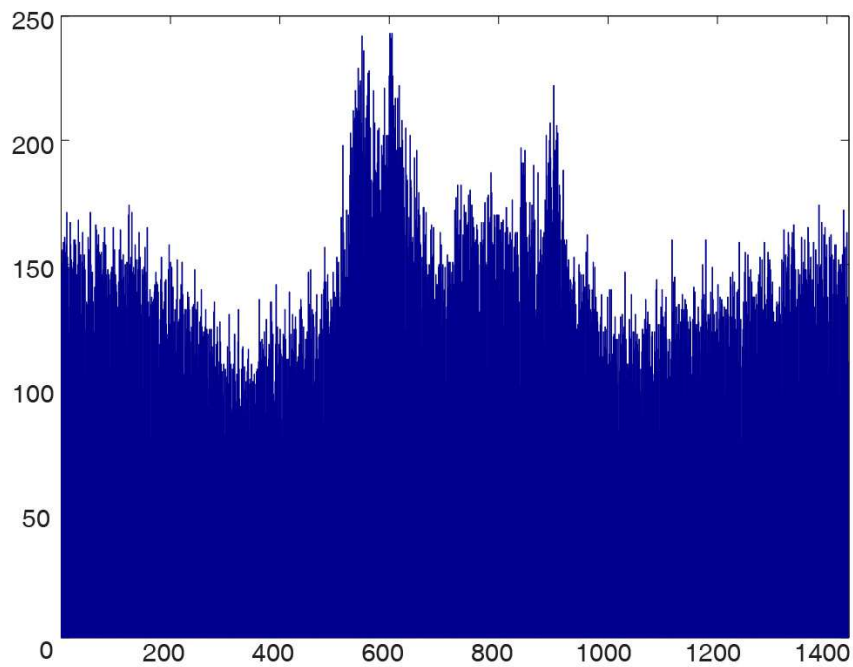


Fig. 3. Histogram of the daily distribution of earthquakes in Turkey from 2005 till 2016.

We can see from presented results that the periodic nature of earthquakes remains true for all mentioned regions. However, the periods are different for each region. This result shows that the periodicity of seismic activity depends on territory. For the territory of Turkey, we observe two peaks of daytime seismic activity. Those peaks are not equal in amplitude but are symmetrical in their distribution around midday, with a two-hour interval: first - the most active time occurring at 10:00 am, 230 versus 100 events, and the second peak

consisting of 200 events per minute versus 100, occurring at 2:00pm. In Turkey, between the midnight seismic activity and the most passive time of the day is 160 earthquakes and 100 earthquakes, respectively.

For Turkey, the skewing of the first peak to the left can partially be due to the territory's spreading over two time zones. However, the observed data shows that seismic activity on the territory of Turkey also has a periodic nature. The presence of more than two peaks during the daytime interval can be observed in fig. 4.

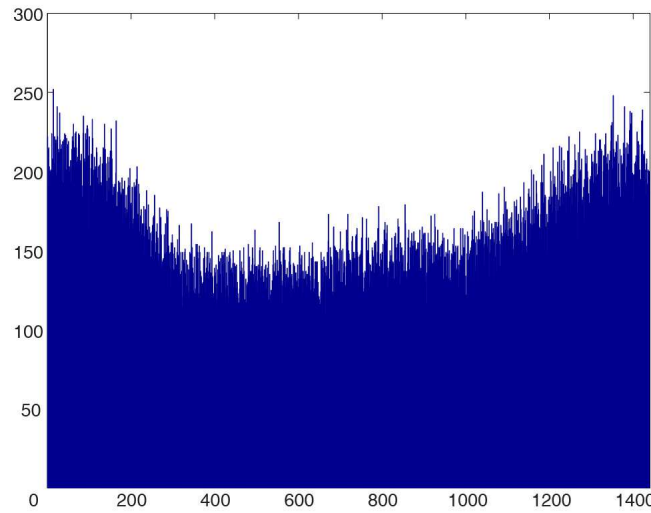


Fig. 4. Histogram of the daily distribution of earthquakes in Greece from 1961 till 2015.

It is interesting that for both catalogs of the territory of Armenia and the territory of Turkey, the main peak of seismic activity is bimodal (Mush effect).

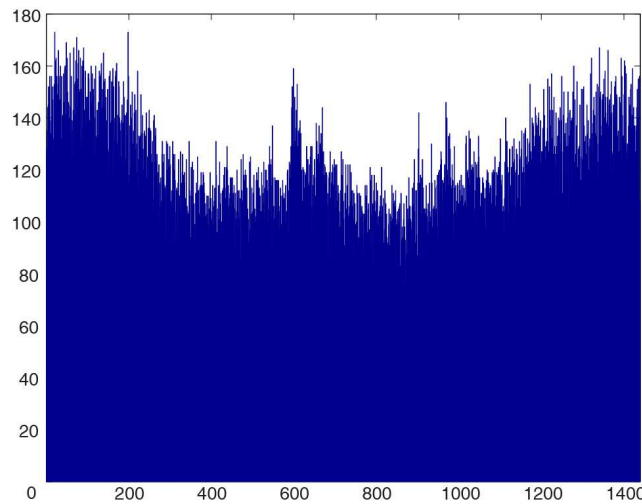


Fig. 5. Histogram of the daily distribution of earthquakes in Italy from 2005 till 2016.

The histogram of daily seismic activity for the territory of Greece shows almost no daytime activity for this region. At midday, the seismic activity here is very passive. It is rather the midnight seismic activity that more than doubles (250 versus 120).

The seismicity on the territory of Italy shows both midday and midnight seismic activity, though the daytime seismic activity has significantly less amplitude and is also slightly skewed to the left. We can also observe the bipolar Mush effect of the midday peak. The midnight activity here is much stronger though, with 170 earthquakes versus 100, at the lowest point.

We have to state that seismic activity on the territory spanning from Armenia to Italy shows strong periodicity for daily seismic activity. These periods depend on territory. It is interesting that all regions have midnight seismic activity over a 24 hours period. This is apparently the most consistent characteristic of the whole region. Daytime seismic activity shows different amplitudes and the distribution is skewed for the different regions.

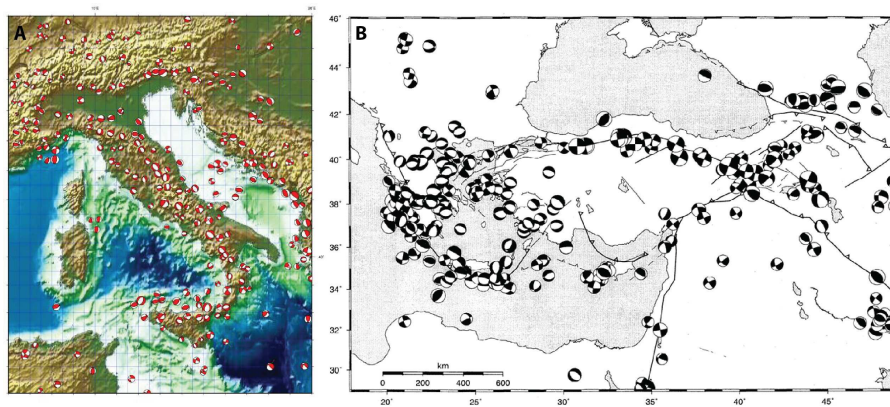


Fig. 6. A - Focal mechanisms (lower hemisphere projection) for shallow (depth of < 50 km) major earthquake. The equivalent focal mechanism plots are scaled with magnitude and located in the barycenter of the epicenters distribution weighted with magnitude (Gasperini report - <http://gaspdy.df.unibo.it/paolo/gndt/pq2000/SyntheticReport.htm>). B - Focal mechanisms (lower hemisphere projection) for shallow (depth of < 100 km) major earthquake ($M > 5.0$) in the eastern Mediterranean region (McClusky et al., 2000).

The study of focal mechanisms of earthquakes for our studied territory described in (McClusky et al., 2000 and in the report of Gasperini). This study shows that a significant majority of strong earthquakes on the territory of Greece is dominated by the normal type of "beachball plot" points, as opposed to Turkey and Armenia, which are dominated by Strike-slip "beachball plot" points (fig.5). The map of earthquakes also reveals that the earthquakes in Greece have more profound hypocenters (fig.6).

3. Discussion and conclusion

We can see that the daily distributions of earthquake activities in different

regions show strong evidence of 12 and 24-hour cycles. This periodicity is also observable when studying tides and therefore connected to the changes of the positions of the Sun and Moon throughout the day.

We can deduce from this research that:

1. There is a strong connection between the tidal forces and the predominant focal mechanism of the local earthquakes.
2. The depth of most earthquakes is connected to the tidal forces.
3. The seismic activity of Greece is deeper underground, which correlates with the 24-hour nature of its earthquake periodicity.

In other words, the forces responsible for earthquake generation are periodic by nature and related to those responsible for generating tides.

Our conclusion is that tidal forces most likely play a critical role in the earthquake generation process. They are seemingly in control of the geodynamic specifications of each separate region, including the focal mechanism of earthquakes and the overall depth of the dominant geodynamical processes of each region.

Reference

- <http://cnt.rm.ingv.it/en>
<http://www.deprem.gov.tr/en/ddacatalogue>
<http://www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs>
- Ide S., Yabe S. and Tanaka Y.** Earthquake potential revealed by tidal influence on earthquake size-frequency statistics *Nature Geoscience* 9 (11), 2016, p.834-837.
- McClusky, S., S. Balassania, A. Barka, C. Demir, S. Ergintav, I. Georgiev, O. Gurkan, M. Hamburger, K. Hurst, H. Kahle, L. Kastens, G. Kekelidze, R. W. King, V. Kotzev, O. Lenk, S. Mahmoud, A. Mishin, M. Nadariya, A. Ouzounis, D. Paradissis, Y. Peter, M. Prilepin, R. Reilinger, I. Sanli, H. Seeger, A. Taeleb, M. N. Toksoz, and G. Veis,** GPS constraints on plate motions and deformation in the Eastern Mediterranean: Implications for plate dynamics, *J. Geophys. Res.*, 105, 2000, p.5695–5719.
- Metivier L., de Viron O., Conrad C.P., Renault S., Diament M. and Patau G.** Evidence of earthquake triggering by the solid earth tides *Earth and Planetary Science Letters* 278 (3-4), 2009, p.370-375.
- NorAtom Consortium Report, 2011. Seismic Hazard Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP - Seismological Database. Final Report. Ministry of Energy and Natural Resources, Republic of Armenia, Yerevan, Armenia, p.490.
- Saar, M.O., and Manga, M.** Seismicity induced by seasonal groundwater recharge at Mt. Hood, Oregon. *Earth and Planetary Science Letters* 214, 2003, p.605-618.
- Schuster, A.** On lunar and solar periodicities of earthquakes. *Proc. R. Soc. Lond.* 61, 1897, p.455–465.
- Tamrazyan, G.** Daily pattern of global seismic activity of the earth. *Proceedings of the NAS of Armenia: Earth Sciences*, 26 (1), 1973, p.66-73.
- Tamrazyan, G.** Principal regularities in the distribution of major earthquakes relative to solar and lunar tides and other cosmic forces. *Icarus*, 9, 1968, p.574 – 592.
- Tamrazyan, G.** Tide-forming forces and earthquakes. *Icarus*, 7, 1967, p.59-65.
- Tsuruoka, H., Ohtake, M., Sato, H.** Statistical test of the tidal triggering of earthquakes: contribution of the ocean tide loading effect. *Geophys. J. Int.* 122, 1995, p.183–194.

Reviewer A. Karakhanian

**ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ
ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ
(Միջերկրական ծովի հյուսիս-արևելյան հատվածի օրինակով)**

Ա. Է. Ղազարյան, Մ. Կ. Մկրտչյան

Ամփոփում

Հոդվածում ներկայացված են Հայաստանի, Թուրքիայի, Հունաստանի և Իտալիայի սեյսմիկ տվյալների անալիզի արդյունքները, որոնք ցույց են տալիս, որ ամեն տարածք ունի իր առանձնահատուկ սեյսմիկ ակտիվացման ցիկլը: Այդ ցիկլերն ունեն 12 ժամ և 24 ժամ պարբերականություն, ինչը ցույց է տալիս նրանց կապը մակընթացության պրոցեսների հետ: Բացահայտվել է երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների և սեյսմիկ ակտիվացման պարբերականության կապը: Այն տարածքները, որոնք բնութագրվում են հիպոկենտրոնների համեմատաբար խորը տեղադրմամբ և ունեն նորմալ ֆոկալ մեխանիզմ, բնութագրվում են միայն 24 ժամյա սեյսմիկ ակտիվության պարբերականությամբ: Կապ է հաստատվում ռեգիոնալ երկրադինամիկայի առանձնահատկությունների և մակընթացության ուժերի միջև:

**О ПЕРИОДИЧНОЙ ПРИРОДЕ ЗЕМЛЯТРАСЕНИЙ
(на примере северо-восточного Средиземноморья)**

А. Э. Казарян, М. К. Мкртчян

Резюме

В статье представлены результаты анализа сейсмичности, включающие территорию Армении, Турции, Греции и Италии показывающие, что каждый регион имеет свои специфические циклы сейсмической активизации. Эти циклы имеют периоды 12ч и 24ч, что показывает их связь с приливными процессами. Обнаружена связь между фокальными механизмами землетрясений и периодичностью сейсмической активности. Районы с землетрясениями имеющими преимущественно глубокое залегание гипоцентров с нормальным фокальным механизмом характеризуются 24 часовым периодом сейсмической активизации. Выявляется связь между геодинамической спецификой и характером приливных сил.

НОРАТУССКАЯ ПЕРЕМЫЧКА: ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ИХ РЕАНАЛИЗ. (АРМЕНИЯ)

©2017г. Х.В. Макарян

*Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
e-mail: turik3@gmail.com
Поступила в редакцию 04.09.2017г.*

Феномен возникновения Норатусской перемычки является одним из открытых вопросов активной тектоники бассейна озера Севан. В данной статье приведён реанализ имеющихся геофизических данных и гипотез возникновения Норатусской перемычки. Для подтверждения или опровержения различных гипотез были проведены полевые работы, анализ магнитометрической съёмки.

Озеро Севан является самым большим озером Кавказа, его площадь составляет 1241км. Озеро расположено на высоте 1900 м, площадь бассейна составляет 4891км². Западная часть озера носит название Малый Севан и имеет максимальную глубину 83м. Юго-восточная часть, или Большой Севан, в два раза больше по площади, но имеет глубину до 35-37м. Озеро, по самой распространенной версии, имеет вулканотектоническое происхождение (Karakhanyan et al., 2016).

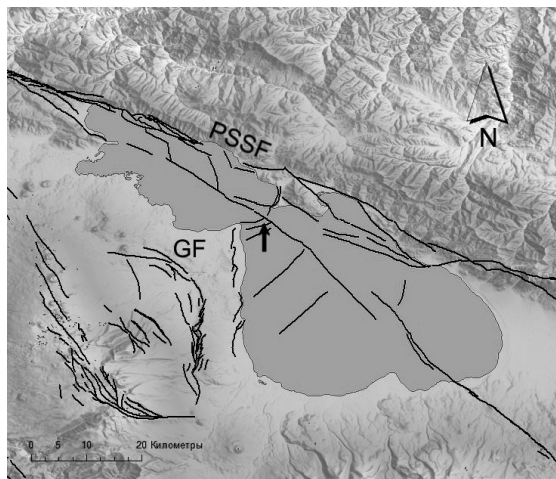


Рис. 1. Бассейн озера Севан. Стрелкой отмечено местоположение Норатусской перемычки.

В бассейне озера Севан находится активный Гаварагетский разлом и два сегмента Памбак-Севан-Сюникского разлома (Милановский и др. 1952, 1968; Karakhanyan et al., 1997, 2004) (рис1). С этими разломами были связаны многочисленные исторические и палеосейсмологические землетрясения (Philip et al., 2001). В месте разделения Малого Севана и Боль-

шого Севана находится Норатусский вал (Норадузская перемычка) (Паффенгольц, 1948), который также может являться результатом активности разлома (рис.1).

Норатусская (Надеждинская, согласно Е. Е. Милановскому) перемычка, является выраженной в рельефе подводной грядой между мысами Артаниш и Норатус. Ее северо-западное крыло значительно круче и выше юго-восточного. Тектоническая природа перемычки не вызывает сомнений, но одни исследователи трактуют ее как растущую поперечную антиклиналь (Варданыц, 1948), другие - как омоложенный сброс (Паффенгольц, 1948). Феномен возникновения Норатусской перемычки является одним из открытых вопросов активной тектоники бассейна озера Севан. Согласно Е. Е. Милановскому, она представляет собой асимметричную поперечную антиклиналь в структуре неоген-четвертичного чехла, обусловленную односторонним горстом в донеогеновом субстрате. Интенсивный рост Норатусского поперечного поднятия происходил в плейстоцене, в период осушения площади Большого Севана, в связи с чем растущее поднятие было пропилено на глубину 20м antecedentной долиной реки, стекавшей в Малый Севан (Милановский, 1968). Норатусская перемычка пересечена каньоном с приблизительной глубиной 8-10м. К.Н. Паффенгольц, Е. Е. Милановский, А. Т. Асланян считали каньон следствием эрозии реки, втекающей в Малый Севан из Большого Севана (рис.1).



Рис. 2. Азат – Севанский разлом и эпицентры слабых землетрясений инструментального периода (Э. Харазян, 2005).

Э. Х. Харазян (2005), С. А. Пирузян (1969) считали причиной образования Норадузской перемычки Арарат – Севанский или Азат–Норатус-Красносельский разлом (рис.2). Они утверждали, что данный разлом прослеживается в север-северо-восточном направлении по ущелью реки Азат на Норатусскую перемычку. По мнению А. А. Габриеляна, Азатский разлом в северо-восточном направлении простирается до озера Севан в районе села Еранос, а Шоржа-Красносельский разлом к юго-востоку соч-

леняется с Джрвежским разломом. К югу он протягивается до горы Арарат (Габриелян, 1981). Также разлом аналогичного простирания был выделен сотрудниками ИГИС (Оганесян и др., 2006) (рис.3).

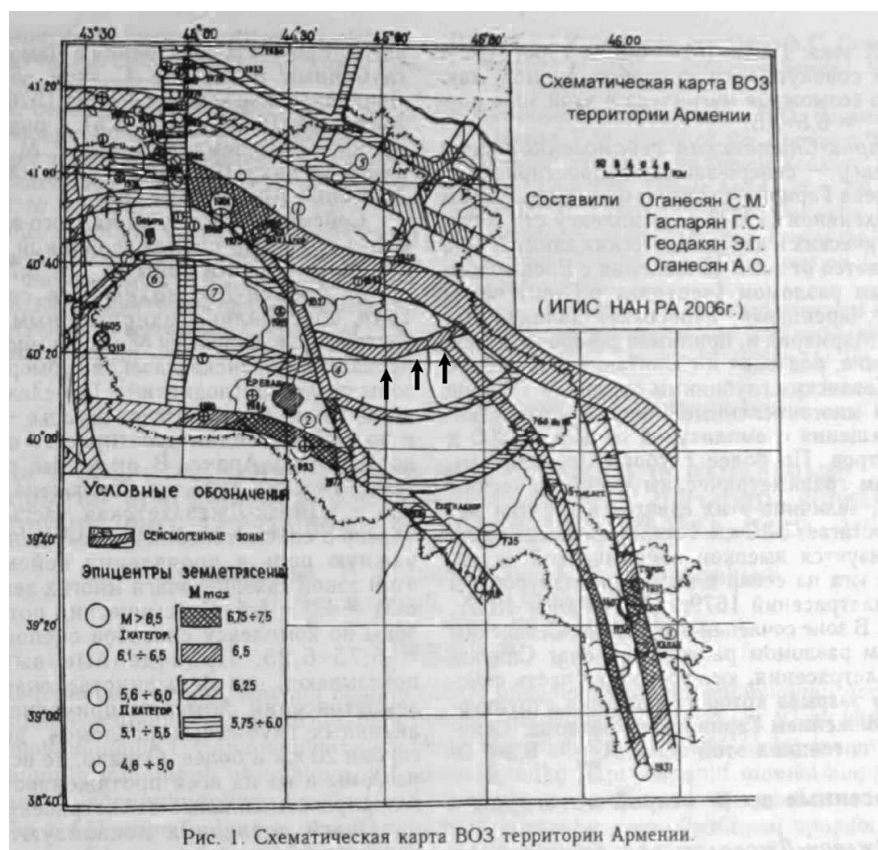


Рис. 3. Схематическая карта ВОЗ территории Армении (Оганесян и др., 2006). Стрелками отмечен разлом со схожим простиранием, что и Азат – Севанский.

С. А. Пирูзян (1969) на основании соединения эпицентров Араратского землетрясения ($M=7.4$, 1840), Двинских землетрясений ($M=6.5$, 863, и $M=6.7$, 893) (Karakhanian et al., 2016), Гарнийского землетрясения ($M=7.0$, 1679) и землетрясений 1905 года возле города Гавар выделил Арарат – Севанский разлом. Вследствие недавних исследований было уточнено расположение эпицентров этих землетрясений. Араратское землетрясение 1840 года имело эпицентр на Гайлату-Северотевризском разломе 3-С3 простирания (Ambraseys et al., 1982). Двинские землетрясения IX века до н. э. связаны с Ереванским разломом (Пирузян, 1969, Karakhanian et al., 2015). Гарнийское землетрясение 1679 года произошло на Гарнийском разломе С-С3 простирания (Karakhanian et al., 2015). Выделение Арарат-Севанского разлома путем соединения эпицентров сильных землетрясений также мало соответствует действительности. Од-

нако, несмотря на это, в работах некоторых сейсмологов до сих пор встречается Арарат – Севанский или Азат – Севанский разлом с обсуждениями о связи эпицентров слабых землетрясений с ним. Однако, точность выделения эпицентров инструментальных землетрясений составляет 7-10км (Seismic hazard assessment, 2011), что делает сомнительным выделение разлома на их основе.

Наиболее точная фиксация местоположения вероятной тектонической структуры Норатуской перемычки показана на геологической карте К. Н. Паффенгольца М=1: 200,000 (рис.4). В 2002 году группа в составе А. С. Караханяна, А. Р. Багдасаряна (ИГН), Ч. Коннора и Л. Коннор (Университет Южной Флориды) исследовала район к СВ от села Норатус для выделения возможных признаков Норатусского разлома. В 2002г на участке, приведенном на рис.5, была проведена магнитометрическая съемка по профилям с использованием магнитометра G-858 MagMapper Geometrics. Профили съемки проведены вкрест всем возможным трассам разломов и составляют сетку с расстоянием между профилями в 100м и со сгущением в районе возможных аномалий до 50м.



Рис. 4. Геологическая карта Кавказа (Паффенголец, 1949)

Шаг измерений составил 2м между точками. По возможности, профили располагались так, чтобы наилучшим образом подтвердить или опровергнуть наличие Азат – Севанского разлома. В том числе был сделан длинный С-СЗ профиль (рис. 5Б). Результаты съемки в 2002 году не были обработаны и проанализованы. В 2015 году результаты съемки 2002 года были обработаны и введены в ГИС базу данных для анализа.

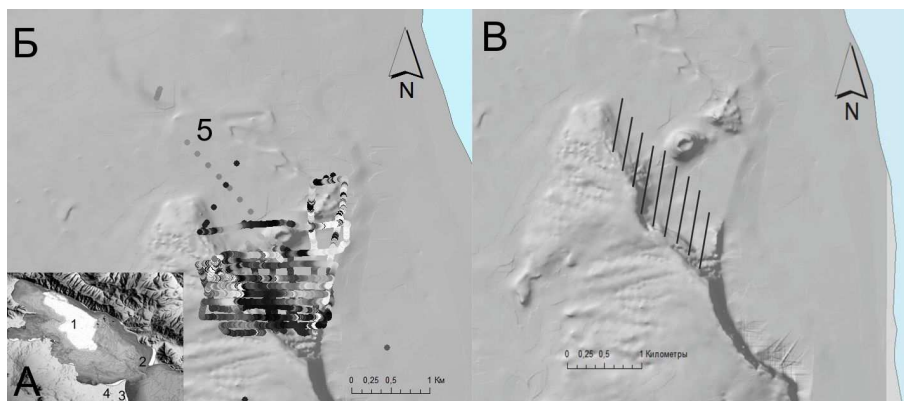


Рис. 5. Профили магнитометрической съемки 2002 года: А) Месторасположение профилей магнитометрии. 1 – *Pull-apart basin*, 2 - Норатусская перемычка, 3 - месторасположение профилей магнитометрии, 4 – село Норатус. Б) Более детальная карта профилей (черным цветом показаны anomalously низкие значения магнитного поля). 5 – Длинный профиль, пересекающий предполагаемую террасу СВ разлома. В) Прорисовка аномалии (штриховка).

Полученные результаты показывают отчетливые аномалии низкого значения магнитного поля (~ 44000 нТ), которые выявляют разлом С-СЗ простирания вдоль восточного борта Сарикаинской гряды. Данный магнитометр (G-858 MagMapperGeometrics) имеет систему DGPS (Дифференциальной Глобальной Системы Навигации), которая корректирует полученные измерения магнитного поля относительно высоты рельефа. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что аномалии вызваны не резкими изменениями высоты вдоль Сарикаинской гряды, а фиксируют разлом. Азимут простирания выявленного разлома СЗ $320-330^\circ$. Никаких свидетельств других разломов профилями не было обнаружено. К юго-востоку, на расстоянии 1500м от участка магнитометрических исследований, расположены описанные Е.Е.Милановским Сарикаинские разломы (1952). В 2015 году мы исследовали эти разломы и выявили систему сбросов, близких по азимуту простирания к разломам, зафиксированным во время магнитометрической съемки.

Е.Е.Милановским в 1952 году была составлена геологическая карта Севанской впадины $M=1:200,000$, где отчетливо видны разломы, выявленные магнитометрической съемкой 2002 года, однако нет никаких следов разлома продолжения Норатусской перемычки в региональный Азат-Севанский или Арарат-Севанский разлом (рис.6).

Современная версия причины образования Норатусской перемычки была опубликована в 2015 году (Karakhanyan et al., 2015). По этим данным Норатусская перемычка могла образоваться вследствие растяжения в процессе образовании структуры *pull-apart basin* (рис.7). А каньон в центре Норатусской перемычки точно совпадает с трассой PSSF 3.



Рис.6. Геологическая карта Е.Е.Милановского 1952 года.

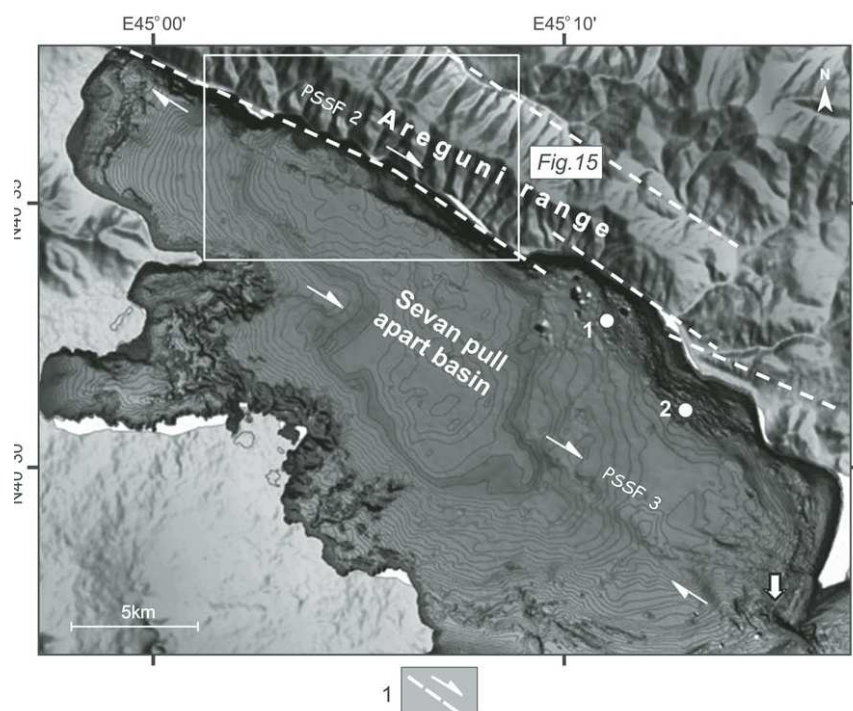


Рис.7. DEM Севанской впадины и сегменты разлома PSSF (Karakhanyan et al., 2015)
1 – PSSF разлом. Каньон на Норатусской перемычке отмечен стрелкой.

Магнитометрические исследования 2002 года и их анализ 2015 года подтверждают данные Е.Милановского о существовании разлома СЗ простирания вдоль восточной границы Сарикаинской гряды, который не показан на современных картах. Наличие Азат-Норатусского разлома СВ простирания магнитометрическими и геологическими исследованиями 2002 и 2015 годов на территории Норатусского мыса не подтверждается. Выделение Арарат-Севанского или Азат-Севанского разлома по эпицентрам землетрясений сомнительно. Прямых геологических данных о наличии Арарат-Севанского или Азат-Севанского разломов нет, имеются лишь малообоснованные предположения.

Благодарность:

Данная работа была проделана в рамках проектов МНТЦ “Природные опасности и стратегии адаптации в Армении, начиная с 10 000 г до н.э. и LIA (Laboratoires Internationaux Associés) “Крупные высокогорные озера как ключевые компоненты локальной экологии: изучение природных и антропогенных воздействий”. Автор благодарит Ч.Коннора и полевую группу Университета Южной Флориды за материалы магнитометрической съёмки 2002 года, Е.Ж.Абгарян за её помощь в процессе подготовки рукописи, а также С.Р.Аракеляна за помощь в составлении GIS базы данных для её дальнейшего анализа. Особая благодарность адресована А.С.Караханяну, который внес большой вклад в понимание геологических и геофизических контекстов магнитометрии и Сарикаинской гряды. Выражается благодарность А.В.Авакяну за рецензию статьи.

Литература

- Варданянц Л. А.** О происхождении озера Севан. Изд. АН АрмССР, Ереван 1948, с.39-60.
- Габриелян А.А.** Сейсмотектоника Армянской ССР изд. Ереванского Университета, Ереван, 1981, 282с.
- Караханян А.С., Аракелян А., Авагян А., Садоян Т.** Сейсмотектоника Армении, новые данные и повторный анализ. 2016, с.32.
- Милановский Е. Е.** Новейшие данные о строении неогеновых и четверичных отложений бассейна озера Севан, Москва. 1952.
- Милановский Е. Е.** Новейшая тектоника Кавказа. Изд. Недра Москва 1968, с.483
- Оганесян С.М., Оганесян А.О., Геодакян Э.Г., Григорян В.Г., Гаспарян Г.С.** Детальное сейсмическое районирование территории Армении. Изд-во “Гитутюн”, г.Гюмри, 2006 с.244-249.
- Паффенгольц К.Н.** Геология Армении. Гос. изд. Геол. литер. Министерства Геологии СССР, Москва, 1948, 895с.
- Пирузян С.А.,** Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Изд. Айастан, Ереван, 1969, 90с.
- Ambraseys N. and Melville C.** A History of Persian Earthquakes: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1982, 219p.
- Karakhanian A., Arakelyan A., Avagyan A., Sadoyan T.,** Aspects of the seismotectonics of Armenia: New data and reanalysis, in Sorkhabi, R., ed., Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian's Forty Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper 525-14, 2016, p.21.
- Karakhanyan A., Badalyan R., Harutyunian A., Avagyan A., Philip H., Davtyan V., Alaverdyan G., Makaryan K., Martirosyan M.** Archaeoseismological studies at the

- Pambak-Sevan-Syunik fault system, Armenia, in Sorkhabi, R., ed., Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian's Forty Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper 525-15, 2016, p.21.
- Karakhanian A., Trifonov V., Azizbekian O. and Hondkarian D.**, 1997, Relationship of late Quaternary tectonics and volcanism in the Khonarassar active fault zone, the Armenian Upland: Terra Nova, v. 9
- Karakhanian A. and Abgaryan Y.**, 2004, Evidence of historical seismicity and volcanism in the Armenian Highland: Annals of Geophysics, v. 47, no. 2/3, p.793–810.
- Philip H., Avagyan A., Karakhanyan A., Ritz J.-F., and Rebai S.**, 2001, Slip rates and recurrence intervals of strong earthquakes along the Pambak- Sevan-Sunik fault (Armenia): Tectonophysics, v. 343, no. 3–4, p.205–232, doi:10.1016/S0040-1951(01)00258-X. Seismic Hazard Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP, “NorAtom” Consortium, Final Report, Yerevan, February, 2011.

Рецензент А. Авакян

ՆՈՐԱՏՈՒՄԻ ՊԱՏՆԵՇ. ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՎԱՐԿԱԾՆԵՐԸ և ԴՐԱՆՑ ՎԵՐԱՆԱՅՈՒՄԸ

Խ. Վ. Մակարյան

Ամփոփում

2002թ. մագնիսաչափական հանույթները և նրանց հետագա՝ 2016թ. վերլուծությունը հաստատում են Ե. Միլանովսկու տվյալները՝ հյուսիս-արևմուտք տարածում ունեցող ակտիվ խզվածքի գոյության մասին, որը նշված չէ ժամանակակից քարտեզների վրա: Նորատուսի հյուսիս-արևելք տարածում ունեցող խզվածքի առկայությունը 2002թ. մագնիսաչափական և 2015թ. Երկրաբանական ուսումնասիրություններով չի հաստատվել: Արարատ–Սևանի կամ Ազատ–Սևանի խզվածքի տարանջատումը երկրաշարժերի էպիկենտրոններով կասկածելի է: Երկրաբանական տվյալներ, որոնք ուղղակի ապացուցում են Արարատ–Սևանի կամ Ազատ–Սևանի խզվածքների առկայությունը Նորատուս գյուղի հարևանությամբ, չկան՝ կան միայնակ ուղղակի տվյալներ:

Նորատուսի պատնեշի առաջացման վարկածներից մեկն այն է, որ նա կարող էր առաջանալ ինչպես երկրորդական տեկտոնական կառուցվածք՝ Սևանի “փուլ-ապարտ” ավազանի ձևավորման հետևանքով:

THE NORATOUS GROSSPLECE: FORMATION HYPOTHESES AND RE-ANALYSIS

Kh. V. Makaryan

Abstract

The magnetometric surveys of 2002 and their analysis of 2015 confirm E. Milanovsky's data on the existence of a NW-trending fault along the eastern boundary of the Sarikaya Ridge, which is not shown on modern maps. The

magnetometric and geological studies conducted in 2002 and 2015 in the area of the Noratous partition did not confirm the presence of any north-east-trending fault. The identification of the Ararat-Sevan or the Azat-Sevan faults by the earthquake epicenters is considered out-of-date. Except of some sparse data, there is no direct geological evidence on the availability of the Ararat-Sevan or the Azat-Sevan faults near the village of Noratous.

The Noratous partition could have been formed as a secondary tectonic structure during the development of the Sevan *pull-apart* basin. The canyon in the center of the Noratous Crosspiece coincides exactly with the PSSF3 trace and most likely formed as a result of vertical displacements along the fault.

**ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱՓԵՂԵՎԻ
ԼԱՐՎԱԾԱՂԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՎԻՃԱԿԸ ԵՎ ՍԵՅՄՄԱՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ
ՏԵՂԱՇԱՐԺԵՐԸ**

© 2017 թ. Բ.Վ. Սահակյան, Ա.Ռ. Մուրադյան, Հ.Լ. Հովհաննիսյան

*ՀՀ ԳԱՍ ակադ. Ա.Գ. Նազարովի անվ. Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային
սեյսմաբանության ինստիտուտ, Հայաստան, ք. Գյումրի, 3115, Վ. Սարգսյան 5
e.mail: sahakyan_babken@mail.ru
Հանձնված է խմբագրություն 03.12.2016թ.*

Սեյսմաբանական և երկրաբանա-երկրաֆիզիկական տվյալների համադրական վերլուծության արդյունքում բացահայտվել է բլոկային բարդ կառուցվածք ունեցող Հյուսիսային Հայաստանի երկրակեղևի ռեգիոնալ և լոկալ լարվածային դաշտերը: Տարանջատված բլոկներում հայտնի օջախի մեխանիզմ ունեցող երկրաշարժերի տվյալներով իրականացված հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների արագությունների թենզորային բաղադրիչների քանակական գնահատումների հիման վրա որոշվել են սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերի ինտենսիվությունները և կինեմատիկ բնութագրիչները:

Ներածություն

Հայտնի է, որ սեյսմաակտիվ Տավրոկովկասյան տարածաշրջանն ունի տարբեր կարգի և հիերարխիկ մասշտաբների երկրաբանա-տեկտոնական բարդ կառուցվածք: Ի շնորհիվ Արաբական և Եվրասիական լիթոսֆերային մակրոսալերի փոխազդեցության, այդ կառուցվածքում տեղի են ունենում անընդհատ լարվածադեֆորմացիոն պրոցեսներ, որոնց արտացոլումն են հանդիսանում դիսկրետ տեսքով մեծ քանակությամբ սեյսմիկ իրադարձությունները (Безродный, 1986), (Оганесян, Геодакян и др., 2014): Սեյսմիկ իրադարձությունների պատմության հարուստ տարեգրության վկայությունները և մեծ քանակությամբ ժամանակակից գործիքային տվյալների վերլուծությունը փաստում են, որ այդ լարվածադեֆորմացիոն պրոցեսները, հիմնականում, ընթանում են երկրակեղևում (Новый каталог сильных землетрясений, 1977), (Pirousian, 1996), (Саакян, Оганесян, 2013): Այդպիսի երկրաբանա-տեկտոնական կառուցվածքների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բացահայտման խնդիրները, հիմնականում, իրականացվում են սեյսմաբանական մեթոդներով՝ հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների քանակական գնահատումներով, մասնավորապես, կիրառելով թենզորային վերլուծության մոտեցումները: Այդ հետազոտությունները իրենցից ներկայացնում են կարևոր գիտական խնդիր, որը հնարավորություն է տալիս բացահայտել ընդհանուր ռեգիոնալ լարվածադեֆորմացիոն դաշտը և նրանում տարանջատել ուժեղ երկրա-

շարժերի նախապատրաստման պրոցեսները ձևավորող լոկալ լարվածային դաշտի անոմալ փոփոխությունները: Դրա հետ մեկտեղ այն ունի առաջնային կիրառական նշանակություն, որը հնարավորություն է տալիս երկրաբանա-տեկտոնական բլոկային կազմությամբ, երկրակեղևի խորքային կառուցվածքի, որ շերտերում են տեղի ունենում ինտենսիվ երկրադինամիկ պրոցեսները և նրանցով պայմանավորված սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերը:

Աշխատանքում փորձ է արվում գնահատել Տավրոկովկասյան տարածաշրջանի սեյսմակտիվ և վտանգավոր գոտի հանդիսացող Շիրակ-Սոմխեթի երկրաձևաբանական հանգույցում ընթացող դեֆորմացիոն պրոցեսները և նրանցով պայմանավորված սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերը:

Հայտնի է, որ հետազոտվող տարածքի երկրաշարժերի էպիկենտրոններն ունեն խիստ անհամաչափ բաշխվածություն (Саакян, Оганесян, 2013), (Геодакян, Саакян, 2014): Տեկտոնական քարտեզներում երկրաշարժերի նախապատրաստման տիրույթները ընդգրկում են ինչպես մեկ, այնպես էլ երկու և ավելի կառուցվածքային միավորներ: Որպես այդպիսին հանդես են գալիս տարբեր կարգի և հիերարխիկ մասշտաբների երկրաբանա-տեկտոնական տարրերը (ակտիվ խորքային բեկվածքներ, ներկեղևային խզումնային խախտումներ) (Джибладзе, 1982): Հետազոտվող տարածքի տարբեր կարգի ակտիվ խորքային բեկվածքներով տարանջատված բլոկային բարդ կառուցվածքում (Գոպաձե, Դժիբլաձե և ըր., 1991), (Караханян, 1994) երկրաշարժերի էպիկենտրոնների ցրված բաշխվածությունը միարժեքորեն չի կարելի կապել այս կամ այն հայտնի երկրաբանա-տեկտոնական կազմային տարրի հետ: Հետևաբար, նման դեպքերում, սեյսմիկ պրոցեսները նկարագրվում են մեկ ամբողջականություն կազմող ծավալային դեֆորմացիաների տեսքով (Ризниченко, 1985), (Юнга, 1990):

Մեթոդական մոտեցումներ և արդյունքների վերլուծություն

Ինչպես գիտենք, ծավալային դեֆորմացիաների առաջացման առաջնային աղբյուրներ են հանդիսանում տեկտոնական շարժումները: Մակրոսկոպիկ տեսանկյունից տեկտոնական շարժումները պայմանականորեն կարելի է բաղդատել երկու խմբի. անընդհատ-պլաստիկ հոսունություն և անընդհատ-խզումնային հոսունություն: Առաջին բաղադրիչը գնահատվում է երկրաբանա-երկրաֆիզիկական, երկրաձևաբանական և գեոդեզիական մեթոդներով, իսկ երկրորդ բաղադրիչի որոշումը իրականացվում է սեյսմաբանական մեթոդներով առանձին երկրաշարժերի օջախներում սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերի տեսքով: Սեյսմատեկտոնական ծավալային դեֆորմացիաների ուսումնասիրման նպատակով կիրառել ենք Ռիզնիչենկոյի կողմից մշակված լեռնային զանգվածների «սեյսմիկ հոսունություն» հասկացությունը (Ризниченко, 1985): Այս մեթոդաբանության հիմքում դրված են սեյսմիկ մոմենտի թենզորային վերլուծության կիրառմամբ

հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների ուղղաձիգ բաղադրիչների քանակական արժեքների գնահատման տեսական գաղափարները՝ բերված (1) արտահայտությամբ

$$\dot{\varepsilon}_{ik} = \frac{1}{2VT\mu} \sum_{j=1}^N (M_{0ik})_j, \quad (1)$$

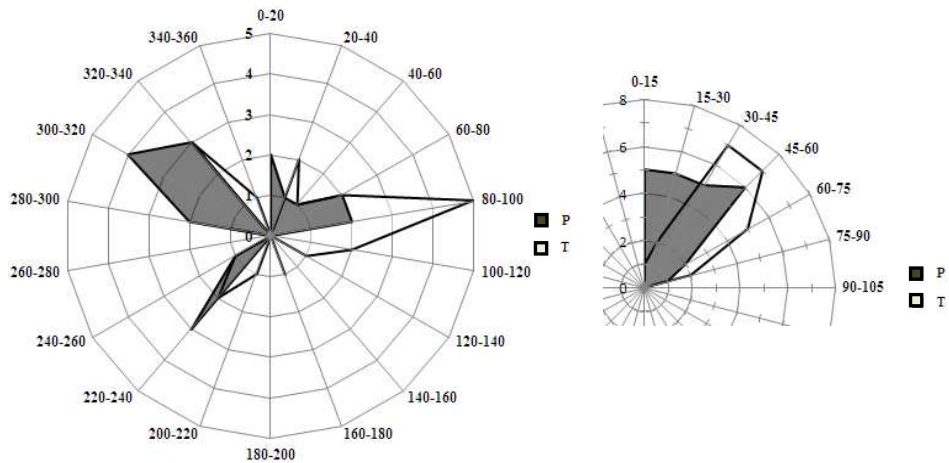
որտեղ $V=S \cdot H$ միջավայրի ծավալն է՝ արտահայտված հետազոտվող տարածքի S մակերեսի և սեյսմածին շերտի H հզորության արտադրյալով, T -ն դիտարկումների ժամանակահատվածն է, $(M_{0ik})_j$ -ն՝ դիտարկված տարածա-ժամանակային պատուհանի մեջ մտնող յուրաքանչյուր երկրաշարժի սեյսմիկ մոմենտի մեծությունն է, $\mu = 3 \cdot 10^{11}$ դին/սմ² սահքի մոդուլն է:

Վերը բերված արտահայտությունը հնարավորություն է տալիս (Саакян, 2014) աշխատանքում տարանջատված բլոկներում, իրականացնել սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների և նրանցով պայմանավորված սեյսմատեկտոնական տեղաշարժերի կինեմատիկ և դինամիկ բնութագրիչների որոշում: Այդ նպատակով, որպես ելակետային տվյալներ մեր կողմից հետազոտվող տարածքի համար հավաքագրվել և դասակարգվել է հիմնական և օջախային պարամետրերի որոշման բարձր ճշտություն ունեցող $M=3 \div 7$ մագնիտուդային միջակայքում գտնվող 156 երկրաշարժ (Эбралидзе, 1994):

Այդ օջախների տարածական բաշխվածությունը ցույց է տվել (Геодакян, Саакян, 2014), որ ՖՄ ներկայացուցչականության և միատարրության տեսանկյունից սեյսմավիճակագրական վերլուծություն հնարավոր է կատարել միայն չորս բլոկներում (նկ.2), որոնցում տեղի ունեցած երկրաշարժերի քանակները բերված են աղյուսակ 1-ում: Առանձին բլոկների համար իրականացվել են սեյսմատեկտոնական լարումների սեղմման և ձգման գլխավոր առանցքների, ինչպես ազիմուտային (Az) կողմնորոշման, այնպես էլ երկրակեղևում այդ առանցքների անկման անկյունների (e) դիրքավորման գերակշռելի ուղղությունների որոշման որակական և քանակական գնահատումներ: Գերակշռելի ուղղությունների որակական պատկերման նպատակով կառուցել ենք «Քամիների վարդ» դիագրաման (նկ.1):

Ստացված գերակշռելի ուղղությունների հավաստիության և անկյունների աստիճանային միջակայքերի քանակական արժեքականության նպատակով կիրառել ենք մաթ-վիճակագրական տեսությունից հայտնի Պիրսոնի χ^2 բաշխման ցուցանիշը (Смирнов, Дунин-Барковский, 1959):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{\left(V_i - \frac{n}{m}\right)^2}{\frac{n}{m}}, \quad (2)$$



Նկ.1. II բլոկում լարման սեղմման և ձգման գլխավոր առանցքների գերակշռելի (Pզկ, Tզկ) ուղղությունների «Քամիների վարդ» դիագրաման
Az-ազիմուտային ուղվածությունը և առանցքների e-անկման անկյունների դիրքավորվածությունը

որտեղ n -ը տվյալ բլոկում երկրաշարժերի ընդհանուր քանակն է, $m = 24$ ազիմուտային սեկտորների քանակն է, քանզի օջախի մեխանիզմի ձգման և սեղմման լարումների անկյունային արժեքների որոշման ճշտությունը կազմում է 15° , V_i -ն այն երկրաշարժերի քանակն է, որոնց լարման սեղմման և ձգման գլխավոր առանցքները ընկնում են տվյալ ազիմուտային սեկտորի մեջ: Այս բաշխվածության վերլուծության արդյունքը ցույց է տալիս, որ հետազոտվող տարածքում դիտվում է սեյսմատեկտոնական լարման սեղմման և ձգման գլխավոր առանցքների ընդհանուր տենդենց՝ համապատասխանաբար մերձմիջօրեական և մերձգուգահեռական ուղղություններով (նկ.2): Սրա հետ մեկտեղ, տարանջատված բլոկներում սեյսմատեկտոնական լարումների սեղմման և ձգման գլխավոր առանցքների գերակշռելի ուղղությունները ունեն բնութագրականից մի շարք շեղումներ, որոնց անկյունային արժեքները բերված են աղ.1-ում և համապատասխան սլաքներով որակապես պատկերված նկ.2-ում:

I և IV բլոկներում սեղմման լարումներն ունեն միևնույն ուղղությունը՝ հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք, II բլոկում սեղմման լարումները կտրուկ փոխում են ազիմուտային ուղղությունը՝ հյուսիս-արևմուտքից դեպի հարավ-արևելք, իսկ III բլոկում սեղմման լարումներն ունեն մերձմիջօրեական ուղղություն: II, III, IV բլոկներում ձգման լարումներն ունեն մերձգուգահեռական ուղղություն, իսկ դրանցից տարբերվող I բլոկում՝ լարման ձգման առանցքն ունի հյուսիս-արևմուտքից դեպի հարավ-արևելք ուղղվածություն:

զոնական տարածման, նկատվում է հորիզոնի նկատմամբ լարման ձգման հարթության 60° անկյամբ կտրուկ անկում: Տվյալ բլոկում ըստ երկրաչափերի մեխանիզմների տվյալների գերակշռում են վարնետք տեղաշարժերը:

Վերը շարադրված մեթոդաբանության և լարումների գլխավոր առանցքների գերակշռելի ուղղությունների որոշման վիճակագրական բաշխումների համատեղ կիրառմամբ, գնահատվել են այդ բլոկներում հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների արագությունների թենզորային բաղադրիչների քանակական արժեքները (աղ.1):

Աղյուսակ 1

№ - բլոկի համարը n-երկրաչափերի քանակ	P _փ -սեղմման առանցքի ազիմուտային և անկման անկյունների աստիճանային չափերը		T _փ -ձգման առանցքի ազիմուտային և անկման անկյունների աստիճանային չափերը		Է-հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների (տարի ⁻¹)							
	Az ⁰		e ⁰		Միավոր մեծություն- ները և կարգերը	Թենզորային բաղադրիչները						
						Է ₁₁	Է ₂₂	Է ₃₃	Է ₁₂ = Է ₂₁	Է ₂₃ = Է ₃₂	Է ₁₃ = Է ₃₁	
I 25	40 ⁰ ÷60 ⁰	10 ⁰ ÷20 ⁰	130 ⁰ ÷145 ⁰	5 ⁰ ÷15 ⁰	9,84E-9	-0,13	0,13	0	-0,25	-0,89	0,42	
II 50	300 ⁰ ÷325 ⁰	25 ⁰ ÷40 ⁰	80 ⁰ ÷100 ⁰	45 ⁰ ÷60 ⁰	1,02E-7	0,09	0,25	-0,34	-0,33	1,32	0,07	
III 39	180 ⁰ ÷200 ⁰	10 ⁰ ÷15 ⁰	260 ⁰ ÷285 ⁰	10 ⁰ ÷20 ⁰	4,59E-8	0,07	-0,07	0	0,09	0,72	0,41	
IV 42	35 ⁰ ÷50 ⁰	40 ⁰ ÷75 ⁰	85 ⁰ ÷105 ⁰	15 ⁰ ÷30 ⁰	6,72E-8	0,12	-0,65	0,53	-0,44	-1,04	0,48	

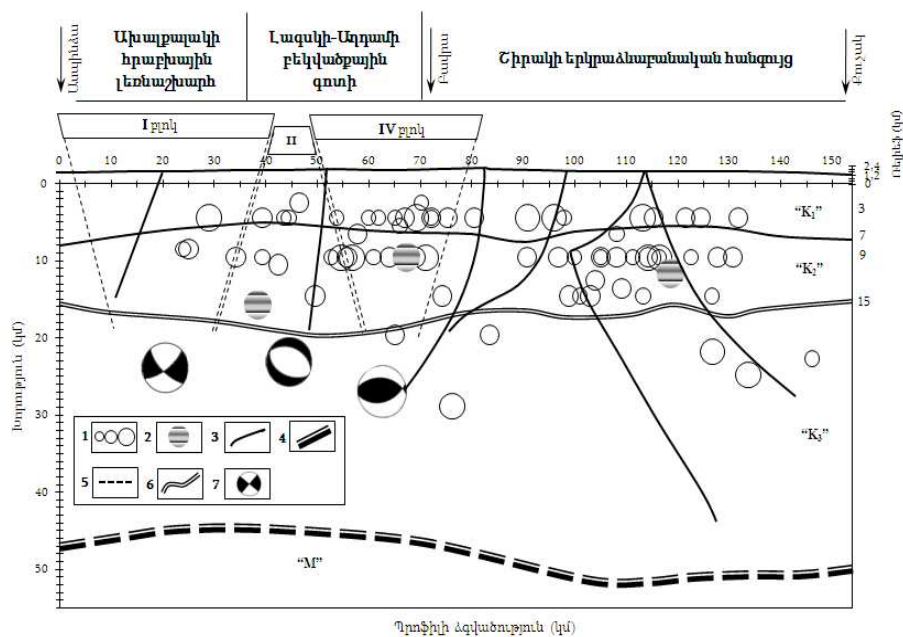
Բլոկներում P_փ և T_փ լարումների գլխավոր առանցքների Az-ազիմուտային, e-անկման անկյունների աստիճանային չափերն ու Է-հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների թենզորային բաղադրիչների քանակական արժեքները

Գնահատված դեֆորմացիաների քանակական արժեքների վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ չնայած հետազոտվող տարածքի անհամեմատ փոքր աշխարհագրական չափերի, տարանջատված բլոկներում դիտվում են մեկ կամ երկու կարգով իրարից տարբերվող հարաբերական դեֆորմացիաների արժեքներ (Геодакян, Карапетян и др., 2014): Հետազոտվող տարածքի համար ստացված հարաբերական դեֆորմացիաների արագությունների և Հայաստանի տարածքի ու հարակից շրջանների երկրակեղևի հարաբերական դեֆորմացիոն դաշտերի համադրական վերլուծության արդյունքում գալիս ենք այն եզրահանգման, որ Հյուսիսային Հայաստանի տարածքը տարանջատվում է հարաբերական սեյսմատեկտոնական դեֆորմացիաների բացարձակ մեծ արժեքներով, որոնք փաստում են տվյալ տարածքի խիստ մասնատվածությունը և բարձր սեյսմիկ ակտիվությունը:

Առանձնահատուկ հետաքրքրություն են ներկայացնում այդ դեֆորմացիոն պրոցեսների բաշխվածության և երկրակեղևի խորքային կառուցվածքի միջև կապերի բացահայտումը: Այդ նպատակի իրագործման համար ելակետային տվյալներ են ծառայել ամբողջ սեյսմավիճակագրական նյութը և նախապես ընտրված Ասպինձա-Արմաշ

պրոֆիլի Ասպինձա-Բավրա-Քուչակ տեղամասով երկրաբանական կտրվածքը (Научно-технический отчет, 1990): Ըստ պրոֆիլի աշխարհագրական դիրքավորվածության, այն ունի Կովկասյան ձգվածություն և տարածվում է հս.արմ.-ից դեպի հվ.արլ. ուղղությամբ՝ հատելով հետազոտվող տարածքի այնպիսի երկրաբանա-տեկտոնական կառուցվածքներ, ինչպիսիք են Ախալքալաքի հրաբխային լեռնաշխարհը, Լազսկի-Ադդամի բեկվածքային գոտին և Շիրակի երկրաձևաբանական հանգույցը:

Հետազոտվող տարածքի խորքային սեյսմիկ զոնավորմամբ (ԽՍՀ) երկրակեղևի տարբեր հզորություններով շերտերի պայմանական բաժանումը իրականացվել է տարատեսակ (բեկված, անդրադարձած, դիֆրակցված) սեյսմիկ ալիքների և հանդիպակաց հոդոգրաֆների վերլուծությունների հիման վրա: Համաձայն արագությունների դաշտի բաշխվածության տարանջատվել են երեք շերտեր. վերին 5,5÷6,5կմ/վ, միջանկյալ 6,4÷7,1կմ/վ և ստորին 6,8÷7,4կմ/վ արագություններով, որոնք իրավացիորեն համապատասխանում են երկրաբանական միջավայրի նստվածք-գրանիտ-բազալտ եռաստիճան շերտավոր կառուցվածքին (Научно-технический отчет, 1990):



Նկ.3. Ասպինձա-Բավրա-Քուչակ պրոֆիլով երկրաբանական կտրվածքում երկրաշարժերի հիպոկենտրոնային բաշխվածությունը և բլոկներում օջախների միջին մեխանիզմները

7≤K<12 ենթգետիկ դասով երկրաշարժերի հիպոկենտրոններ, 2. $M_s \geq 5,3$ մագնիտուդա ուժգնությամբ երկրաշարժերի օջախներ, 3.ակտիվ խորքային բեկվածքներ, 4.Մոխրովիչիյի սահման(M), 5.բլոկների սահմաններ, 6. սեյսմիկ (K_1 , K_2 , K_3) սահմաններն ըստ ԽՍՀ տվյալների, 7.միջին մեխանիզմները բլոկներում:

Երկրակեղևի խորքային կառուցվածքի և լարվածադեֆորմացիոն դաշտի միջև գոյություն ունեցող կապերի բացահայտման նպատակով ընտրվել են պրոֆիլից 30÷40կմ համապատասխանաբար աջ և ձախ ուղղություններով տեղաբաշխված հիպոկենտրոնային բարձր ճշտություն $\Delta h = \pm 2$ կմ ունեցող այն սեյսմիկ իրադարձությունները, որոնք օջախի իրական խորության արժեքներով պրոյեկտվել են պրոֆիլի երկայնքով (Безродный, 1986) (նկ.3):

Պատկերված կտրվածքի վրա ակնհայտ տարանջատվել են 3÷7կմ և 9÷15կմ հզորությունով երկու սեյսմածին շերտեր (Саакян, Оганесян, 2013), որոնք հանդիսանում են ռեգիոնալ և լոկալ լարվածային դաշտերի աղբյուրներ, հաստատելով այն պնդումը, որ ի տարբերություն ողջ Կովկասի տարածաշրջանի և նրա առանձին սեյսմաակտիվ շրջանների, հետազոտվող տարածքն առանձնանում է երկրակեղևի՝ միայն իրեն բնորոշ երկու սեյսմածին շերտերի առկայությամբ (Мурцидзе, 1976):

Հետազոտվող տարածքի ռեգիոնալ լարվածադեֆորմացիոն վիճակը հիմնականում պայմանավորված է $H = 9 \div 15$ կմ հզորությամբ սեյսմածին գոտու առկայությամբ, որն ընկած է միջանկյալ շերտում, որտեղ և կենտրոնացված են հետազոտվող տարածքի ուժեղագույն երկրաշարժերի օջախները (Դմանիս 1978; Փարվանա 1986; Սպիտակ 1988):

Լոկալ լարվածային դաշտը, որը տեղաբաշխված է $H = 3 \div 7$ կմ հզորությամբ շերտում, իրենից ներկայացնում է թույլ և միջին ուժգնությամբ երկրաշարժերի տեսքով արտացոլված անոմալ լարումների կուտակման և առաքման դինամիկ դաշտեր: Այդ լարվածային դաշտում դեֆորմացիոն պրոցեսների վերաբաշխումը և սեյսմիկ իրադարձությունների տարատեսակ անոմալ դրսևորումների (երկրաշարժերի պարսեր, խմբավորվող սեյսմիկ իրադարձություններ, նախացնումներ, հետցնցումներ) լիցքաթափումը ամենայն հավանականությամբ պայմանավորված է երկրաբանական միջավայրի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններով:

Եզրակացություն

Իրականացված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ Շիրակ-Սումխեթի երկրաձևաբանական հանգույցի սեյսմիկությունը իրենից ներկայացնում է սեյսմիկ իրադարձությունների ամբողջական հանրագումար կազմող փոխկապակցված միասնական սեյսմադեներտիկ բարդ համակարգ: Այդ համակարգը զգայուն կերպով արձագանքում է ընդհանուր ռեգիոնալ լարվածային դաշտում տեկտոնական երկրաշարժերի նախապատրաստման պրոցեսներով պայմանավորված՝ լոկալ լարվածադեֆորմացիոն դաշտի անոմալ փոփոխություններին: ԽՍՀ տվյալների և երկրաշարժերի օջախների խորության բաշխվածության համադրական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այս համակարգում

առկա են երկու սեյսմածին շերտեր: Ուժեղ երկրաշարժերի օջախների բաշխվածությունը և նրանցով պայմանավորված ռեգիոնալ լարվածա-դեֆորմացիոն պրոցեսները հիմնականում ընթանում են $H=9\div 15$ կմ հզորությամբ սեյսմածին շերտում, որն ըստ խորության տեղաբաշխված է գրանիտ-բազալտ անցումային շերտում և տարանջատված է ԽՍԶ-մբ, որպես սեյսմիկ ալիքների $6,4\div 7,1$ կմ/վ արագությունների միջանկյալ շերտ: Մեծ քանակությամբ թույլ և միջին ուժգնությամբ երկրաշարժերի օջախների տեղաբաշխվածությունը վերին $H=3\div 7$ կմ հզորությամբ սեյսմածին շերտում, արտացոլում են նստվածք-գրանիտ անցումային շերտում ընթացող լոկալ լարվածային դաշտի ակտիվ փոփոխությունները: Օջախներում գործող գլխավոր լարումների թենզորային վերլուծության քանակական գնահատումները, ցույց են տալիս, որ տարանջատված բլոկներում դիտարկվում են տարաբնույթ սեյսմատեկտոնական տեղաշարժեր: Ստացված արդյունքները հնարավորություն են տալիս կառուցել Հյուսիսային Հայաստանի հիմնական օջախային գոտիների ադեկվատ երկրադինամիկ մոդելները, առավել մանրամասն բացահայտել նրանցում ընթացող սեյսմաերկրադինամիկ պրոցեսների էվոլյուցիան, որոնք սեյսմաբանական հետազոտությունների զարգացման արդի փուլում էական ներդրում կունենան, ինչպես կոնկրետ տարածաշրջանի սեյսմագենեզի, այնպես էլ ուժեղ երկրաշարժերի սեյսմաբանական երկարաժամկետ և միջնաժամկետ նախանշանների բացահայտման խնդիրներում:

Գրականություն

- Геодакян Э.Г., Саакян Б.В.** Сейсмогеодинамические процессы на территории Северной Армении //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы девятой международной сейсмологической школы Республика Армения, 8-12 сентября 2014 г. Обнинск-2014 с.122-126.
- Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К., Саакян Б.В., Мурадян А.Р.** Оценка напряженно-деформационного состояния земной коры Армении по сейсмологическим данным. //Труды VIII Международной конференции Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред, сентябрь 22-26, 2014г, Горис-Степанакерт. Ереван 2014, с.158-161.
- Гоцадзе О.Д., Джибладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Геодакян Э.Г. и др.** Параванское землетрясение 13 мая 1986г// М.: Наука 1991г с.122.
- Джибладзе Э.А.** Сейсмическое течение горных масс на Кавказе. Изв. АН СССР, 1982, №10, с.111-117
- Караханян А.С.** Активная тектоника и сейсмичность. В кн.://Геология Севана. Ереван: Изд. НАН РА, 1994, с.122-128.
- Мурусидзе Г.Я.** Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным: изд. “Мецниереба”, Тбилиси, 1976, с.169.
- Научно-технический отчет** по теме: “Геолого-геофизические условия очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. МГ СССР, НПО” “Нефтегеофизика”, М., 1990, Армгеофонд, 109с.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР.** Москва. 1977г.
- Оганесян С. М., Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К., Саакян Б.В., Мурадян А.Р., Оганесян А.С.** Трехсторонний квазистатический изгиб прямоугольного параллелепипеда,

как модель подготовки очага тектонического землетрясения // Труды VIII Международной конференции. Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред, сентябрь 22-26, 2014г, Горис-Степанакерт, Ереван, 2014, с.330-334.

Ризниченко Ю.В. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. – М.: "Наука", 1985. 405с.

Саакян Б.В., Оганесян А.Л. Пространственно-временной анализ сейсмичности Северо-западной части Армении //XIV-ая Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сб. науч. материалов: ГИ УрО РАН –Пермь, 2013, с.225-230.

Саакян Б.В., Сейсмотектонические подвижки в северной части Малого Кавказа. //XV-ая Уральская молодежная научная школа по геофизике. Сб. науч. материалов: ГИ УрО РАН, Екатеринбург, 2014, с.204-206.

Безродный Е.М. Глубинное строение и напряженное состояние земной коры При-ташкентского района по сейсмологическим данным. В кн://Сейсмогеодинамика области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите. Академия Наук Узбекской ССР институт сейсмологии: изд. "ФАН", Ташкент, 1986, с.9-30.

Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. Гос.изд. физико-математической литературы. – М.,1959, 436с.

Эбралидзе З.Т. Сейсмотектонические деформации и некоторые временные особенности сейсмичности территории Кавказа. - Тбилиси: "Мецниереба", 1994. 74с.

Юнга С.Л. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. – М.: "Наука", 1990, с.193.

Pirousian S. et al. The Catalog of strong earthquakes in the territory of Armenia and adjacent regions. Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus. Edited by/ Domenico Giardini and Sergei Balasanian. NATO ASI Series, Kluwer Acad. Pub. – Dordrecht, Boston, London, July 11-15, 1996y. p.313-333.

Հրախուժող Մ. Ավագյան

СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОДВИЖКИ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОЙ АРМЕНИИ

Б.В.Саакян, А.Р.Мурадян, А.Л.Оганесян

Резюме

В результате сопоставительного анализа сейсмологических и гелого-геофизических данных, выявлены региональные и локальные напряженные поля земной коры Северной Армении, имеющие сложную блоковую структуру. В выделенных блоках на основе количественной оценки тензорных компонентов скоростей относительных сейсмотектонических деформаций, осуществленных по данным землетрясений, имеющих известные фокальные механизмы (ФМ), были определены интенсивности и кинематические характеристики сейсмотектонических подвижек.

Seismotectonic displacements and the tension-deformation state of Earth's crust in Northern Armenia

B.V.Sahakyan, A.R.Muradyan, H.L.Hovhannisyan

Abstract

The results of comparative analysis of the data seismological and geological-geophysical the regional and local strained fields of the Earth's crust in Northern Armenia were revealed having a complex block structure. In the distinguished blocks, the use of quantitative assessment of tensor components of velocity of relative seismic deformations realized by parameters of focal mechanism (FM) of earthquakes, were determined Intensity and kinematic characteristics of seismotectonic displacements.

ՀԻՇԱՐԺԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

ԱՆԴՐԵԱՍ ԵՐԵՄԻ ԱՐԾՐՈՒՆԻ
(1847-2017)



2017թ. լրանում է հայ մտավորականության արժանավոր ներկայացուցիչ, Եվրոպայում և Ռուսաստանում լայնորեն ճանաչված, Սանկտ-Պետերբուրգի գիտությունների Կայսերական ակադեմիայի թղթակից անդամ, Բեռլինի և Ստրասբուրգի համալսարանների և Աախենի պոլիտեխնիկական դպրոցի պրոֆեսոր, 19-րդ դարի ակադեմիկոս, երկրաքիմիկոս, հանքաբան, բյուրեղագետ և մտածող Անդրեաս Երեմի Արծրունու 170 ամյակը:

Անդրեաս Երեմի Արծրունին ծնվել է 1847թ. նոյեմբերի 15 (27)-ին Մոսկվայում, ենթասպա (հետագայում գեներալ-

մայոր) Երեմիա Արծրունու և իշխանուհի Նազարովայի ընտանիքում: Արծրունիների տոհմը հայտնի է դեռևս հինգերորդ դարից: Տասներորդ դարում նրա հեռավոր նախնին հիմնել է Վասպուրական անկախ պետությունը: Սակայն հետագայում թուրքական իշխանությունների կամայականություններն ու կրոնական հետապնդումները Ա. Արծրունու պապին ստիպեցին լքել հայրենիքը և օթևան փնտրել Թիֆլիսում:

Ա.Արծրունին հիանալի տնային կրթություն է ստացել: 1863թ. Թիֆլիսի գիմնազիան ավարտելուց հետո նա երկու անգամ (1863թ. և 1864թ.) փորձել է ընդունվել Սանկտ-Պետերբուրգի համալսարան, սակայն, քանի որ դեռևս չէր լրացել նրա 18 տարին, դա չի հաջողվել: Սանկտ-Պետերբուրգի համալսարանի ֆիզիկա-մաթեմատիկական ֆակուլտետի ուսանող նա դարձավ 1865թ.: 1867թ. Ա.Արծրունին մեկնեց Գերմանիա և ընդունվեց Հայդելբերգի համալսարան, որտեղ եռանդուն զբաղվում էր քիմիայով Ռ. Բունզենի լաբորատորիայում:

1871թ., ուսումն ավարտելուց հետո, Ա.Արծրունին վերադարձավ Թիֆլիս և, նույն տարում, Կովկասյան բնապատմական թանգարանում ստեղծեց երկրաբանա-հանքաբանական բաժին: Գիտական հանրությանը նա հայտնի դարձավ Կովկասի երկրաբանության ուսումնասիրությունների շնորհիվ: Ներսիսյան դպրոցի խորհուրդը 1874թ. նրան ընտրեց տնօրենի պաշտոնում, սակայն հայ հոգևորականությունը, լսելով Սանկտ-Պետերբուրգից հնչող հրահանգները, Ա.Արծրունուն զրկեց դասավանդման հնարավորությունից և չհաստատեց

այդ ընտրությունը: 1875թ. վերջին Ա.Արծրունին, հրավեր ստանալով գերմանական հայտնի հանքաբան և բյուրեղագետ Պ.Գրոտից, մեկնեց Ստրասբուրգ, որտեղ զբաղեցրեց Ստրասբուրգի Համալսարանի հանքաբանության ամբիոնի դոցենտի պաշտոնը: 1877թ. նա տեղափոխվեց Բեռլին, պաշտպանեց «Ueber die Ergebnisse der Forschung auf dem Gebiete der chemischen Krystallographie» («Քիմիական բյուրեղագիտության ոլորտում ուսումնասիրությունների արդյունքների մասին») գիտական թեզը և Բեռլինի Համալսարանում ստանձնեց պրիվատ-դոցենտի պաշտոնը, 1880թ. ստանձնեց նաև Համալսարանի Հանքաբանական թանգարանի կոնսերվատորի պաշտոնը: 1883-1884թթ. Ա.Արծրունին Բրեսլաուի Համալսարանի հանքաբանության ամբիոնի արտահաստիքային պրոֆեսոր էր: 1884թ.-ից մինչև իր կյանքի վերջը (1898թ.) Ա.Արծրունին եղել է Աախենի Թագավորական պոլիտեխնիկական դպրոցի հանքաբանության և բյուրեղագիտության ամբիոնի վարիչը և այդ ուսումնական հաստատությանը կից գործող Հանքաբանական թանգարանի տնօրենը:

Ա. Արծրունու գիտական գործունեության հիմնական առանցքներն էին հանքաբանությունը և բյուրեղագիտությունը: 1893թ. նա հրապարակեց «Physikalische chemie der Krystall» (Բյուրեղների ֆիզիկական քիմիան) հիմնարար աշխատությունը: Այդ մենագրության առավել ծավալուն մասը հանդիսանում է իզոմորֆիզմին նվիրված գլուխը, որտեղ նա մանրամասնորեն ուսումնասիրել է իզոմորֆիզմին վերաբերող գաղափարների պատմությունը և բազմաթիվ օրինակների հիման վրա դիտարկել էլեմենտների ատոմական կշիռները հաշվարկելիս իզոմորֆիզմի կանոնների կիրառման հնարավորությունը: Ա.Արծրունին ընդհանրացրեց այն ժամանակ գոյություն ունեցող իզոմորֆ խառնուրդների մասին տեղեկությունները ինչպես հանքերում և ոչ օրգանական արհեստական միացություններում, այնպես էլ շատ օրգանական միացություններում: Այս աշխատության մեջ են ներառվել նրա ինքնատիպ հետազոտությունները, այդ թվում՝ հանքերի քիմիական անալիզները: Դ.Բ.Մենդելեևի տարրերի պարբերական համակարգի վերլուծության հիման վրա Ա.Արծրունին որոշեց երկրակեղևում քիմիական էլեմենտների 10 կարևորագույն իզոմորֆ շարքեր, որոնք գիտության մեջ են մտել «Արծրունու իզոմորֆ շարքեր» անվանմամբ: Ի տարբերություն նախկինում մոլեկուլների իզոմորֆիզմի մասին գոյություն ունեցող պատկերացումների, այս աշխատության մեջ խոսքը իզոմորֆ շարքերում ատոմների մասին էր, ինչը կարևորագույն քայլ էր իզոմորֆիզմի մասին պատկերացումներում: Հատկապես ակնառու դա արտացոլված էր բարիտի, ցելեստինի և անգլեզիտի օրինակներում:

Ա. Արծրունին հանքաբանական ուսումնասիրությունների մեթոդները կիրառում էր այլ, թվում է թե հանքաբանությունից հեռու, խնդիրների լուծման համար: Այսպես, հնագետները կարծում էին, որ քարե դարում հսկայական դեր խաղացող նեֆրիտը Եվրոպա էր

ներկրվում Միջին Ասիայից: Հիմնվելով մանրադիտակային հետազոտությունների տվյալների վրա, Ա. Արծրունին ապացուցեց, որ շատ գտածո առարկաների համար նեֆրիտն արդյունահանվել էր եվրոպական հանքերից («Neue Beobachtungenem Nephrit und Jadeit»):

Մի այլ հնագիտահանքաբանական հետազոտություն էլ վերաբերում էր Ալեքսանդրիայի (Եգիպտոս) մոտակայքում գտնված զմրուխտի գլաքարին: Հնագետները համոզված էին, որ այն Ուրալից այստեղ կարող էր հայտնվել փոխանակային առևտրի արդյունքում: Համեմատելով Ալեքսանդրիայի, Ջերբել-Սաբարի և Ուրալի զմրուխտները, Ա. Արծրունին գտավ, որ ալեքսանդրյան քարը բերվել է Հյուսիսային Աֆրիկայից (Verleicehende Unersuchung der Smaragdevon Alexandrien, vom Gebel-Sabarau, vom Ural, 1892): Ավելի ուշ խոշորագույն երկրաբան Իլիուս, ակադեմիկոս Ֆերսմանը հիացմունքով կգրի «Միայն հանքաբանության բացառիկ խորացված ուսումնասիրություններն են ընդունակ գուշակել անցյալի պատմական ուղիներն այնպես, ինչպես հայ գիտնական Ա.Արծրունին գուշակեց Նուբի անապատի զմրուխտի գաղտնիքը» (Ферсман, 1946, с.18-19):

Ա.Արծրունու հետազոտություններում զգալի տեղ էր զբաղեցնում արհեստական միներալների ստացումը: Նա փորձեր է իրականացրել արհեստական կասիտերիտի, էնալիտի, սենարմոնիտի, վալենտինիտի, կուպրիտի, ստրուվիտի և գեյլյուսիտի ստացման ուղղությամբ:

Չնայած իր ծանրաբեռնվածությանը Գերմանիայում, «...նրա մշտական ցանկությունը, կարելի է ասել բաղձալի երազանքն էր, մշտապես հասատատվել ինչ-որ տեղ հայրենիքում և իր գիտական գործունեությամբ հնարավորինս օգտակար լինել նրա բարօրությանը...» (Еремеев, 1899, с.32):

1894-1895թթ. Ա.Արծրունին գլխավորեց դեպի Հայկական բարձրավանդակ և Արարատի նախալեռներ համալիր արշավախումբը, բարձրացավ Արարատ լեռը: Արշավախմբի հիմնական նպատակն էր Արարատյան հարթավայրի օգտակար հանածոների հետախուզումը և Արարատի մանրակրկիտ ուսումնասիրությունը: Բացի երկրաբանահանքաբանական նկարագրությունից, արշավախմբի խնդիրներից էին նաև հնագիտական և ազգագրական ուսումնասիրությունները: Ա.Արծրունին եղել է Կովկասի և Անդրկովկասի ոսկեբեր հանքավայրերի ուսումնասիրողներից մեկը: Նկարագրել է նաև Հայաստանում Աղվերանի հանքավայրի մարմարները, Պուշկինի (Բզովդալի) լեռնանցքի պղինձ-կոլչեդանային հանքերը և հանքային աղբյուրները:

Ա. Արծրունին մշտապես կապ էր պահպանում Ռուսաստանի երկրաբանների և երկրաբանական կազմակերպությունների հետ, զեկուցումներով հանդես գալիս Մանկտ-Պետերբուրգի Կայսերական հանքաբանական ընկերության նիստերին, հետևում ռուսական բյուրեղագետների բոլոր հրապարակումներին: «Անհնար է չհիշել, - գրում էր Վ.Բ.Վերնադսկին 1898 թվականին, նրա վաստակը ռուս հետազոտողների հանդեպ: Ռուսերեն տպագրված շատ գիտական աշխատու-

թյուններ միջազգային հանրությանը հայտնի են դարձել շնորհիվ նրա ջանքերի և ցուցումների» (Вернадский, 1977, с.116):

Մանկտ-Պետերբուրգի Կայսերական հանքաբանական ընկերության հանձնարարությամբ իր կյանքի վերջին տարիներին Ա.Արծրունին ուսումնասիրել է Ուրալի միներալոգիան: Իր առաջին ուղևորությունն այս տարածաշրջան նա կատարեց 1869թ.: 1886թ. Բեռլինի Թագավորական գիտությունների ակադեմիան Սամարկա գետի ոսկու ցրոնների և Նեյանի ոսկու հանքերի ուսումնասիրման նպատակով նրան գործուղեց Հարավային Ուրալ: Այստեղ նա նկարագրեց Սիսերտի շրջանի քրոմիտային երակների միներալները և հայտնաբերեց քրոմ պարունակող տուրմալինի եզակի տարատեսակներ: Ուրալում նա աշխատում էր այնպիսի հայտնի ռուս երկրաբանների հետ, ինչպիսիք են Ֆ.Ն.Չեռնիշևը և Ա.Պ.Կարպինսկին: Ուրալի մասին նրա առավել կարևոր աշխատանքներից էին քրոմիտային հանքավայրերի ուսումնասիրությունները: Ըստ էության իր ժամանակակիցների շրջանում Ա.Արծրունին համարվում էր ողջ Ուրալի միներալոգիայի միակ զիտակը:

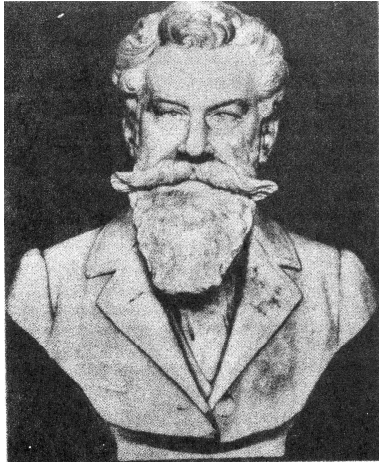
1873թ. Ա.Արծրունին ընտրվեց Մանկտ-Պետերբուրգի Կայսերական հանքաբանական ընկերության իսկական անդամ, իսկ 1895թ. ակադեմիկոսներ Ա.Պ.Կարպինսկու, Պ.Վ.Երեմենի, Օ.Ա.Բակլունդի և Ֆ.Բ.Շմիդտի աջակցությամբ ընտրվեց Մանկտ-Պետերբուրգի գիտությունների Կայսերական ակադեմիայի թղթակից-անդամ:

Վ.Ի.Վերնադսկին Ա.Արծրունուն համարում էր միներալոգիայի և բյուրեղագիտության ասպարեզում «առավել ճշգրիտ և զգույշ հետազոտողներից մեկը»: Իզոմորֆիզմին նվիրված նրա աշխատությունը «հանդիսանում է տպագրված նյութին տիրապետելու բացառիկ մոնումենտալ հուշարձան: Այս ոլորտում ցանկացած աշխատողի համար նա դեռ երկար ժամանակ կպահպանի իր նշանակությունը որպես անհրաժեշտ տեղեկատու՝ շնորհիվ բացառիկ ամբողջական հավաքված նյութի մանրակրկիտ քննադատության» (Вернадский, 1977, с.117):

Ա. Արծրունին հեղինակ է երկրաքիմիային, միներալոգիային, բյուրեղաքիմիային, պետրոգրաֆիային, հնագիտությանը, փիլիսոփայությանը, տնտեսագիտությանը, ճարտարապետությանը, գրականությանը նվիրված ավելի քան 200 աշխատությունների: 1897թ. Ա.Արծրունին եղել է Աախենի Թագավորական պոլիտեխնիկական դպրոցի կողմից Միջազգային երկրաբանական 7-րդ կոնգրեսի պատգամավոր:

1896թ. Ա.Արծրունին գլխավորեց տեղի ոսկու երակային հանքերը ուսումնասիրելու նպատակով դեպի Բրիտանական Գվինեա կազմակերպված մեծ արշավախումբը: Այդ ուղևորությունը նրա համար դարձավ ճակատագրական: Խոնավ արևադարձային կլիման քայքայեց նրա առողջությունը և իր կյանքի վերջին օրերը նա անցկացրեց Քյոլնի մոտակայքում գտնվող Ռեյնի Գոգենգոննեֆի առողջարանում:

Ա.Արծրունին վախճանվեց թոքախտից, 1898թ. սեպտեմբերի 22-ին:



Նրա գործընկերներն ու աշակերտները Ա.Արծրունու աճյունը տեղափոխեցին Աախեն, սակայն հարազատների խընդրանքով այն ի վերջո տեղափոխեցին Թիֆլիս: Նրան հուղարկավորեցին Խոջիվանքի գերեզմանատանը, եղբոր, հայտնի հասարակական գործիչ Գրիգոր Արծրունու շիրիմի կողքին: Սանկտ-Պետերբուրգի Կայսերական հանքաբանական ընկերության 1898թ. սեպտեմբերի 28-ի նիստում ակադեմիկոս Պ.Վ. Երեմենին իր ելույթը նվիրեց այս տխուր իրադարձությանը, իսկ «Հանքաբանական ընկերության գրառումների» ամբողջ

36-րդ մասը, ժողովի որոշմամբ, նվիրվեց Ա.Արծրունու հիշատակին: Աախենի Բարձրագույն տեխնիկական դպրոցի շենքում կանգնեցված է Ա.Արծրունու կիսանդրին: 1972թ. գիտության պատմությանը նվիրված Անդրկովկասյան VI կոնֆերանսի ժամանակ անցկացվեց Ա.Արծրունու 125-ամյակին նվիրված հատուկ նիստ: Նրա պատվին անվանակոչված է «Արծրունիտ» միներալը:

Գ.Պ. Խումիզուրի

АНДРЕАС ЕРЕМЕЕВИЧ АРЦРУНИ (1847 – 2017)



В 2017г. исполняется 170-лет со дня рождения одного из достойных представителей армянской интеллигенции, выдающегося геохимика, минералога, кристаллографа и мыслителя XIX века, широко известного в Европе и России, члена-корреспондента Императорской Санкт-Петербургской академии наук, профессора Берлинского и Страсбургского университетов и Аахенской политехнической школы, **Андреаса Еремеевича Арцруни.**

Андреас Еремеевич Арцруни родился 15(27) ноября 1847г. в Москве в семье поручика (впоследствии – генерал-майора) Еремея Арцруни и княгини Назаровой. Род Арцруни известен с V в. В X в. его отдаленный предок образовал независимое государство Васпуракан. Однако позднее произвол турецких властей и религиозные преследования вынудили деда А. Арцруни покинуть родину и искать убежище в Тифлисе.

А. Арцруни получил прекрасное домашнее образование. По окончании тифлисской гимназии в 1863г. он дважды (в 1863 и 1864гг.) пытался поступить в Санкт-Петербургский университет. Однако не был принят в высшее учебное заведение, так как не достиг 18-летнего возраста. Студентом физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета он стал в 1865г. В 1867г. он уехал в Германию и поступил в Университет Гейдельберга, где усиленно занимался химией в лаборатории Р. Бунзена.

А. Арцруни получил прекрасное домашнее образование. По окончании тифлисской гимназии в 1863г. он дважды (в 1863 и 1864гг.) пытался поступить в Санкт-Петербургский университет. Однако не был принят в высшее учебное заведение, так как не достиг 18-летнего возраста. Студентом физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета он стал в 1865г. В 1867г. он уехал в Германию и поступил в Университет Гейдельберга, где усиленно занимался химией в лаборатории Р. Бунзена.

По окончании обучения в 1871г. он вернулся в Тифлис и в том же году в Кавказском естественноисторическом музее создал геолого-минералогический отдел. Благодаря исследованиям геологии Кавказа он стал известным в научных кругах. Совет Нерсисянской семинарии в декабре 1874г. избрал его на пост ректора. Однако армянское духовенство, явно оглядываясь на Санкт-Петербург, лишило А. Арцруни возможности преподавания, не утвердив его ректором семинарии.

В конце 1875г. А. Арцруни получил приглашение от известного немецкого минералога и кристаллографа П. Грота и выехал в Страсбург, где занял место доцента кафедры минералогии в Университете Страсбурга. В 1877г. он переехал в Берлин, защитил диссертацию «Ueber die Ergebniss der Forschung auf dem Gebiete der chemischen Krystallographie» («О результатах исследования в области химической кристаллографии») и получил должность приват-доцента в Университете Берлина. В 1880г. он занял

должность консерватора в Минералогическом музее Университета. В 1883-1884гг. А. Арцруни был экстраординарным профессором кафедры минералогии Университета Бреслау. С 1884г. и до конца жизни – профессор кафедры минералогии и кристаллографии в Королевской политехнической школе в Аахене и директор Минералогического музея при этом учебном заведении.



Мраморный бюст А. Арцруни в здании Высшей технической школы в Аахене

Главное внимание в научной работе А. Арцруни уделял минералогии и кристаллографии. В 1893г. он опубликовал фундаментальный труд «Physikalische chemieder Krystalle» («Физическая химия кристаллов», 1893). Наиболее обширным разделом этой монографии является глава, посвященная изоморфизму, в которой он подробно проследил историю идей об изоморфизме и рассмотрел многочислен-

ные примеры, иллюстрирующие возможность применения законов изоморфизма при вычислении атомных весов элементов. А. Арцруни обобщил все имевшиеся в то время сведения по изоморфным смесям как в минералах и неорганических искусственных соединениях, так и для многих органических соединений. В этот труд вошли его оригинальные исследования, в том числе химические анализы минералов. На основе анализа периодической системы элементов Д.И. Менделеева, А. Арцруни установил 10 важнейших изоморфных рядов химических элементов в земной коре, вошедших в науку под названием «изоморфные ряды Арцруни». В отличие от прежних представлений об изоморфизме молекул в изоморфных рядах у него речь шла об изоморфизме атомов, что было существенным шагом в развитии представлений об изоморфизме. Особенно наглядно это было продемонстрировано на примере барита, целестина и англезита. В его честь назван минерал «арцрунит»: $PbSO_4 \cdot xPbO + (CuCl_2 \cdot xH_2O) + Cu(OH)_2$.

А. Арцруни использовал методы минералогических исследований для решения других, казалось бы, далеких от минералогии, проблем. Археологи полагали, что игравший громадную роль в каменном веке нефрит поставлялся в Европу из месторождений Средней Азии. На основе микроскопических исследований А. Арцруни доказал, что для многих изделий нефрит добывался из европейских месторождений («Neue Beobachtungenam Nephri und Jadeit», 1883).

Другое интересное археолого-минералогическое исследование касалось изумрудной гальки, найденной вблизи Александрии. Археологи были уверены в том, что она здесь могла появиться с Урала в результате мено-

вой торговли. А. Арцруни сравнил изумруды Александрии, Джебель Сабара и Урала и установил, что александрийская галька – из Северной Африки («Vergleichende Untersuchung der Smaragde von Alexandrien, vom Gebel Sabarau vom Ural», 1892). Позже один из крупнейших геохимиков, академик А.Е. Ферсман с восхищением напишет: «Только углубленные исследования совершеннейшими методами минералогической науки смогут разгадать исторические пути прошлого так, как ученый Армении Арцруни разгадал историю изумруда Нубийской пустыни» (Ферсман, 1946, с.18-19).

Значительное место в его исследованиях занимало искусственное получение минералов. Он провел опыты по получению искусственного касситерита, эналита, сенармонтита, валентинита, куприта, струвита и гейлюссита.

Несмотря на достойную работу в Германии «постоянным его желанием, можно сказать всегдашнею и заветною мечтою, было поселиться когда-нибудь навсегда в своем отечестве и приносить ему своими учеными трудами посильную помощь» (Еремеев, 1899, с.32).

А.Арцруни был одним из исследователей золотоносных месторождений Кавказа и Закавказья. Он описал мраморы Агверанского месторождения, медно-колчеданные руды и минеральные источники Пушкинского (Бзовдальского) хребта в Армении.

В 1894-1895гг. А. Арцруни возглавил комплексную экспедицию на Армянское нагорье и в предгорья Арарата, совершил восхождение на Арарат. Главная цель экспедиции – разведка полезных ископаемых Араратской долины и детальное обследование Арарата. Кроме геолого-минералогического описания в задачи экспедиции входили также археологические и этнографические исследования.

Арцруни постоянно поддерживал связь с геологами и геологическими обществами России, выступал с докладами на заседаниях Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества, следил за всеми публикациями русских кристаллографов. «Нельзя, не упомянуть, - писал В.И. Вернадский в 1898г., – о его заслугах по отношению к русским исследователям: многие работы, напечатанные на русском языке, сделались известны в научной литературе только благодаря его стараниям и указаниям» (цит. по: Вернадский, 1997, с.116).

В последние годы жизни А. Арцруни изучал минералогию Урала. Первую поездку в этот регион он совершил в 1869г. по поручению Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества. В 1886г. Королевская академия наук в Берлине послала его на Южный Урал для исследования золотых россыпей в районе р. Самарки. В связи с этим он осмотрел район Сысерти и Невьянские золотые рудники. На Урале он работал с такими известными геологами, как Ф.Н. Чернышев и А.П. Карпинский. Наиболее важными из его опубликованных работ по Уралу стали исследования хромитовых месторождений. Он описал минералы хромитовых жил Сысертского района и открыл уникальные хромсодер-

жащие разновидности турмалина. Среди современников А. Арцруни считался единственным знатоком минералогии всего Урала.

В 1873г. А. Арцруни был избран действительным членом Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества, с 1895г. – почетный член. При поддержке О.А. Баклунда, Ф.Б. Шмидта, А.П. Карпинского и П.В. Еремеева в том же году он был избран членом-корреспондентом Императорской Санкт-Петербургской академии наук.

В.И. Вернадский считал А. Арцруни «одним из наиболее точных и осторожных исследователей в области минералогии и кристаллографии». Его труд по изоморфизму «является монументальным памятником совершенно исключительного владения печатным материалом; он сохранит надолго значение необходимой справочной книги для всякого работника в этой области благодаря тщательной критике чрезвычайно полно собранного материала» (Вернадский, 1997, с.117)

В 1897г. А. Арцруни был делегатом 7-й сессии Международного геологического конгресса, проходившей в Санкт-Петербурге, от Королевской политехнической школы в Аахене и составил для делегатов Конгресса путеводитель «Die Mineralgruben bei Kussa und Mias». Он – автор более 200 научных публикаций по проблемам геохимии, минералогии, кристаллохимии, петрографии, философии, археологии, экономики, архитектуры и литературы.

В 1896г. А. Арцруни руководил большой экспедицией в Британскую Гвиану с целью изучения жильных месторождений золота. Эта поездка оказалась для него роковой: влажный тропический климат подорвал его здоровье. Последние дни жизни он провел в санатории Гогенгоннефа на Рейне около Кёльна. Андреас Арцруни скончался от туберкулеза в санатории 22 сентября 1898г. Коллеги и ученики А. Арцруни перевезли его тело в Аахен, но по просьбе родных и близких оно было доставлено в Тифлис. Его похоронили на Ходжеванском кладбище рядом с могилой его брата, видного общественного деятеля Кавказа Григора Арцруни. На заседании Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества от 28 сентября 1898г. академик П.В. Еремеев посвятил свое выступление этому печальному событию, и вся 36-я часть «Записок Минералогического общества» по решению Собрания от 20 октября 1898г. была посвящена его памяти.

В 1972г., во время IV Закавказской конференции по истории науки в Ереване было проведено специальное межсекционное заседание: «125-летие со дня рождения А.Е. Арцруни».

Литература: Вернадский В.И. Статьи об ученых и их творчестве. М., Наука, 1997, с.115-117; Геворкян Р.Г., Тигранян С.Т. Выдающийся геохимик А.Е. Арцруни // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1966. № 1-2, с.177-181; Еремеев П.В. Андрей Еремеевич Арцруни. Некролог. // Зап. Имп. Санкт-Петерб. минералогич. об-ва, 1899, ч. 36, вып. 2, с.30-32; Малхасян Э.Г., Маноян В.М. Андреас Арцруни // Тр. IV Закавказской конференции по истории наук. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1974, с.121-143; Ферсман А.Е. Из истории культуры камня в России. М.-Л., Изд. АН СССР, 1946, 75 с.

Г.П. Хомизури

ՀԻՇԱՐԺԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

ԳԵՈՐԳԻ ԻՍԱՅՈՒ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ
(Ծննդյան 110- ամյակին)



Լրացավ գրունտների մեխանիկայի և ինժեներային երկրաբանության բնագավառի ճանաչված, ականավոր գիտնական, ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս **Գեորգի Իսայու Տեր-Ստեփանյանի** ծննդյան 110- ամյակը:

Գ.Տեր-Ստեփանյանը ծնվել է 1907թ. ապրիլի 3(16)-ին Թիֆլիսում, անասնաբույժի ընտանիքում: 1924թ. ավարտել է Թիֆլիսի քիմիական տեխնիկումը և ընդունվել Թիֆլիսի ճարտարագիտական ինստիտուտի շինարարական ֆակուլտետի ճանապարհա-կամրջաշինական ֆակուլտետը, որն էլ ավարտել է 1931թ.: Իր գիտական գործունեությունը նա սկսել է դեռևս ուսանողական տարիներին,

իսկ ԲՈՒՀ-ն ավարտելուց հետո, 1932-1941թթ. աշխատել է Լենինգրադի (այժմ՝ Սանկտ-Պետերբուրգ) տարբեր գիտահետազոտական ինստիտուտներում, գրունտների մեխանիկայի ասպարեզում իրականացնելով մի շարք հետազոտություններ: Միաժամանակ դասավանդել է հաղորդակցության ուղիների և կոմունալ շինարարության ճարտարագիտական ինստիտուտներում: Լենինգրադի կամուրջների վերակառուցման հետ պայմանավորված՝ զբաղվել է կամուրջների հենասյունային հիմքերի խնդրով, ինչպես նաև հետազոտել է Լենինգրադի, Նովգորոդի, Չիտայի, Մուրմանսկի, Կիրովսկի և ՍՍՀՄ այլ քաղաքների շինարարական հրապարակների գրունտների հատկությունները:

1936-1939թթ. Գ.Տեր-Ստեփանյանը, որպես կարևոր օբյեկտների շինարարության փորձագետ, գործուղվել է Իրան: Միաժամանակ Թեհրան, Թավրիզ, Մեշհեդի և Սպահան քաղաքներում շինարարություն իրականացնելու նպատակով ուսումնասիրել է շինարարական գրունտների հատկությունները: Վերադառնալով ՍՍՀՄ, նա 1939թ. պաշտպանել է թեկնածուական ատենախոսությունը և ստացել տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճան՝ շարունակելով գրունտների շինարարական հատկությունների ուսումնասիրությունները Լենինգրադում և Մուրմանսկում: Մասնակցել է Կույբիշևի հիդրոէլեկտրակայանի ջրամբարի նախագծման աշխատանք-

ների ընթացքում իրականացվող Վոլգայի սողանքների հետազոտություններին: Մեծ Հայրենականի տարիներին Գ.Տեր-Ստեփանյանը ղեկավարում էր Անդրկովկասյան երկաթուղու սողանքային տարածքներում գնացքների անվտանգ երթևեկության կազմակերպման աշխատանքները:

1945թ. Գ.Տեր-Ստեփանյանը հրավիրվում է ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ, որտեղ գլխավորում է հիդրոերկրաբանության և ինժեներային երկրաբանության բաժինը: Հետագայում նրա ջանքերով կազմակերպվեց գրունտների մեխանիկայի լաբորատորիան և նրան կից համապատասխան գիտական սարքավորումների պատրաստման փորձարարական միավորը:

1945-1978թթ. Գ.Տեր-Ստեփանյանը աշխատել է ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում: 1956թ. ստացել է տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճան, 1977թ. «երկրամեխանիկա» մասնագիտությամբ ընտրվել է ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից անդամ, իսկ 1996թ. դարձել ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս:

Անգնահատելի է Գ.Տեր-Ստեփանյանի ներդրումը գրունտների մեխանիկայի, ինժեներային երկրաբանության և երկրամեխանիկայի բնագավառներում: Դեռևս անցյալ դարի երեսնականներին նրա կողմից հայտնաբերվել է տեղաշարժի ընթացքում գրունտների թռիչքաձև վերադասավորման երևույթը: Նրա կողմից առաջին անգամ նկարագրվել է ծովային կավերի կառուցվածքի մետակայունության երևույթը և մշակվել են նրանց ուսումնասիրման եղանակները: Գ.Տեր-Ստեփանյանը հեղինակն է լանջերի խորքային սողունակության հասկացության, ինչը թույլ է տվել վերլուծել սողանքների առաջացման մեխանիզմները, կանխատեսել լանջերի փլուզումը և իրականացնել հակասողանքային միջոցառումներ արդեն խորքային սողունակության նախապատրաստման փուլում: Նա նաև մշակել է սողանքների հետ պայքարի եղանակ, որը հիմնված է լանջերի դինամիկայի մոնիտորինգային միջոցառումների կազմակերպման և գրանցման վրա: Նա հայտնաբերել է նաև խոշոր ժայռակտորներ և ապառաժներ տեղափոխելու ընդունակ հիդրոդինամիկ հեղեղների հոսքային բնույթը, ինչը հանգեցնում է աղետալի հետևանքների: Նրա կողմից առաջարկվել և մշակվել են սողանքային ճեղքերի մանրամասն մորֆոգենետիկ դասակարգում և շենքերի ու կառույցների սողանքային դեֆորմացիաների որոշման եղանակներ: Այս հետազոտությունների արտացոլումն է «Լանջերի երկարատև կայունության մասին» մենագրությունը՝ հրատարակված ռուսերեն (1961թ.) և անգլերեն (1963թ.):

Գ.Տեր-Ստեփանյանը, հիմնվելով շինհրապարակներում գոյություն ունեցող տարբեր տեսակների գրունտների ուսումնասիրման արդյունքների վրա, հայտնաբերել է հիմքաշինության համար կարևոր նստվածքների կուտակման տեսակ: Վերջիններս գոյանում են նախալեռնային գոտիներում տարածված ավազակավային շերտախմբերում ժամանակավոր ջրային հոսքերի գործունեության հետևանքով և բնու-

թագրվում են ճկման բացակայությամբ: Ինժեներային գեոդեզիայի ասպարեզում Գ.Տեր-Ստեփանյանը մշակել է նոմոգրամների կիրառման վրա հիմնված դիտարկման դիֆերենցիալ գրաֆիկ եղանակ, որը հրատարակվել է «Սողանքների դինամիկայի ուսումնասիրման գեոդեզիական եղանակներ» մենագրության տեսքով (Մոսկվա, 1972, 1976, 1978):

Գ.Տեր-Ստեփանյանը մասնակցել է երկրամեխանիկայի հարցերին նվիրված մի շարք միջազգային կոնգրեսների և գիտաժողովների աշխատանքներին: Բազմիցս դասախոսություններով հանդես է եկել արտասահմանյան երկրներում (Ճապոնիա, Շվեդիա, Բելգիա, Ֆրանսիա, Լեհաստան և ուր.): Երկար տարիներ գլխավորել է ՀՍՍՀ ԳԱ հիդրոերկրաբանության և ինժեներային երկրաբանության Գիտական խորհրդի սողանքային հանձնաժողովը, ինչպես նաև անդամակցել է միջազգային մի շարք ընկերությունների և միությունների: 1967թ. նա հիմնել և ավելի քան քսան տարի գլխավորել է «Երկրամեխանիկայի խնդիրներ» եռալեզու (հայերեն, ռուսերեն, անգլերեն) ՀՍՍՀ ԳԱ գիտական աշխատանքների ժողովածուն: Նրան են պատկանում մի շարք հեղինակային վկայագրեր, ինչպես նաև վիթրագիայի և ֆիլտրման օգնությամբ կախված մասնիկների նստեցման մեթոդի հայտնագործման համար ԱՄՆ-ում (1999թ.) և Կանադայում (2001թ.) ստացած արտոնագրերը:

Գ.Տեր-Ստեփանյանը հեղինակ է ավելի քան 300 գիտական հրապարակումների, այդ թվում՝ 10 մենագրության, որոնցից շատերը հրատարակվել են արտերկրում: 1989թ. լույս տեսավ նրա «Բանական մարդիկ» գիտա-ֆանտաստիկ վեպը, որն արժանացավ ընթերցողների ջերմ ընդունելությանը:

Անհրաժեշտ է շեշտել Գ.Տեր-Ստեփանյանի ակտիվ քաղաքացիական դիրքորոշումը շրջակա միջավայրի աղտոտման և հանրապետության բնապահպանական հավասարակշռության խախտման խնդիրների և մասնավորապես՝ Սևանա լճի մակարդակի անխնա իջեցման և Հայկական Ատոմակայանի ռադիոակտիվ թափոնների անվտանգ պահեստավորման հարցերի վերաբերյալ:

Կյանքի վերջին տարիներին Գ. Տեր-Ստեփանյանը մշտական բնակություն հաստատեց Կանադայում, ուր վախճանվեց 04.12.2006թ. (հուղարկավորված է Երևանում):

Գիտական լայն մտահորիզոնով, բազմակողմանի հետաքրքրությունների տեր, հայրենիքին և ընտանիքին նվիրված անձնավորություն. այսպիսին են հիշում Գ.Տեր-Ստեփանյանին գործընկերները, աշակերտները և բոլոր նրանք, ովքեր առիթ են ունեցել շփվել նրա հետ:

*ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ
«Գիտություններ Երկրի մասին» ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագրի խմբագրական
խորհուրդ*

ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐ

**ՅՈՒՐԻ ՎԱՉԱԳԱՆԻ ՍԱՅԱՂՅԱՆ
(1934 – 2017)**



2017թ. հունիսի 20-ին կյանքից հեռացավ ճանաչված գիտնական, նորագույն պատմական և ռեգիոնալ երկրաբանության մասնագետ, ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի առաջատար գիտաշխատող, երկրաբանա-հանքաբանական գիտությունների դոկտոր Յուրի Վաչագանի Սայաղյանը:

Յու.Սայաղյանը ծնվել է 1934թ., Երևանում, ծառայողի ընտանիքում: 1959թ. ավարտել է Երևանի պետական համալսարանի աշխարհագրության ֆակուլտետը և ընդունվել աշխատանքի ՀՍՍՀ Երկրաբանական վարչությունում՝ որպես երկրաբան:

1967թ.-ից Յու.Սայաղյանի գիտական գործունեությունը կապված է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի հետ: Այստեղ նա սովորել է ասպիրանտուրայում՝ նորագույն երկրաբանության բնագավառում ճանաչված գիտնական, ակադեմիկոս Կ.Կ.Մարկովի ղեկավարությամբ և հաջորդությամբ պաշտպանել է թեկնածուական ատենախոսությունը՝ ստանալով երկրաբանա-հանքաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճան:

Յու.Սայաղյանի երկարամյա գիտական գործունեությունն առնչվում էր Հայաստանի և Կովկասի նորագույն երկրաբանության պատմության հարցերին՝ շերտագրությանը, լիթոլոգիային, ռելիեֆի ձևավորմանը, նեոտեկտոնիկային, գեոէկոլոգիային, հնակլիմայաբանությանը, հնաաշխարհագրությանը և շրջակա միջավայրի ձևավորման պատմության տարբեր խնդիրներին:

Իր աշխատություններում Յու.Սայաղյանն առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձրել Հայաստանի տարածքի չորրորդական հասակի առաջացումների շերտագրության, լիթոլոգիայի, հնէաաշխարհագրության, գեոմորֆոլոգիայի և այլ հարցերին: Մեծ գիտական արժեք են ներկայացնում նրա կողմից կատարված համադրությունները հարևան տարածքների համահասակ գոյացումների հետ, ինչը հնա-

րավորություն ընձեռեց կազմել Հարավային Կովկասի չորրորդական հասակի շերտագրական համալիր սանդղակը:

Այդ ուսումնասիրությունների արդյունքներն ամփոփվեցին և ներկայացվեցին դոկտորական ատենախոսության տեսքով, որը հաջողությամբ պաշտպանվեց Մոսկվայի Մ.Լոմոնոսովի անվան պետական համալսարանի երկրաբանական ֆակուլտետի գիտական խորհրդում 2008թ.:

Յու.Սայադյանի հետազոտությունների արդյունքներն ամփոփված են ավելի քան 150 գիտական հոդվածներում և երեք մենագրություններում, որոնք հրատարակվել են միջազգային և հանրապետական գիտական մամուլում: Իսկ «Հայաստանի նորագույն երկրաբանության պատմություն» մենագրությունը (Երևան, 2009թ.) 2010թ.-ին հաղթող է ճանաչվել Միջազգային մրցանակաբաշխության բնական գիտությունների բնագավառի «Գիտական գիրք» անվանակարգում:

Յու.Սայադյանը գիտության բնագավառում իրեն դրսևորել է նաև որպես ակտիվ կազմակերպիչ: 1972-1978թթ. եղել է ՀԽՍՀ Գիտությունների ակադեմիայի նոր տեխնիկայի գիտական պրոբլեմների հանձնախմբի գիտական քարտուղարը, 1978-1988թթ. աշխատել է ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գիտքարտուղարի պաշտոնում: Նա եղել է մի շարք գիտական միջոցառումների՝ Չորրորդական ժամանակաշրջանի հետազոտությունների IV հայ-ռուսական համաժողովի (Երևան, 1973), Չորրորդական երկրաբանության Միջազգային Միության Հոլոցենի (INQUA) սիմպոզիումի (Երևան, 1982թ.), Միջազգային երկրաբանական կոնգրեսի նեոտեկտոնիկայի հարցերին նվիրված էքսկուրսիայի (IGC, Երևան, 1984) ակտիվ կազմակերպիչներից մեկը: Յու.Սայադյանը ընտրվել է Չորրորդական երկրաբանության ուսումնասիրության Հոլոցենի հանձնաժողովի Միջազգային Միության (INQUA) փոխնախագահ, ինչպես նաև Չորրորդական ժամանակաշրջանի երկրաբանության ուսումնասիրության ԽՍՀՄ ԳԱ խորհրդի անդամ, ընտրվել է Նյու Յորքի ԳԱ անդամ: Նա սերտորեն համագործակցել է ինչպես հայրենական, այնպես էլ արտերկրի գիտնականների հետ:

Յու.Սայադյանը իր բազմամյա բեղմնավոր գործունեության համար 1978թ. արժանացել է ՀՍՍՀ Գիտությունների ակադեմիայի «Գովեստագրի», իսկ Միջազգային երկրաբանական կոնգրեսի նախապատրաստման և անցկացման աշխատանքներում ակտիվ մասնակցության համար պարգևատրվել է Պատվավոր դիպլոմով և Արծաթյա կրծքանշանով:

Յու.Սայադյանի՝ վաստակաշատ գիտնականի, լավ գործընկերոջ, ազնիվ, բարեկիրթ և ընտանիքին նվիրված անձնավորության հիշատակը միշտ վառ կմնա նրան ճանաչողների հիշողություններում:

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ
ՀՀ ԳԱԱ “Գիտություններ Երկրի մասին” տեղեկագրի խմբագրություն