

14. Pipoyan D., Stepanyan S., Stepanyan S., Beglaryan M., Merendino N. (2019). Health Risk Assessment of Potentially Toxic Trace and Elements in Vegetables Grown Under the Impact of Kajaran Mining Complex. Biological trace element research, 192(2), 336-344.
15. Pohl P., Stelmach E., Welna M., Szymczycha-Madeja A. (2013). Determination of the elemental composition of coffee using instrumental methods. Food analytical methods, 6(2), 598-613.
16. Statista. (2020). Statista Consumer Market Outlook-Segment Report. Hot Drinks Report 2020-Coffee. (<https://www.statista.com/outlook/30010000/100/coffee/worldwide>)
17. US EPA (1989). Cadmium; CASRN 7440-43-9, Washington, DC, USA. ([https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0141\\_summary.pdf](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0141_summary.pdf))
18. US EPA. (1991). Arsenic, Inorganic; CASRN 7440-38-2, Integrated Risk Information System. IRIS) Chemical Assessment Summary, Washington, DC, USA.
19. US EPA (1992). Molybdenum; CASRN 7439-98-7, Washington, DC, USA. ([https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0425\\_summary.pdf](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0425_summary.pdf))
20. US EPA (1993). Reference dose (RfD): description and use in health risk assessments. (<https://www.epa.gov/iris/reference-dose-rfd-description-and-usehealth-risk-assessments>)
21. US EPA (1999). Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities, Appendix E: Toxicity Reference Values. The United States Environmental Protection Agency.
22. US EPA (2006). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Iron and Compounds; CASRN (<https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/IronandCompounds.pdf>)
23. WHO (2005). Nutrients in drinking water (No. WHO/SDE/WSH/05.09). ([https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/nutrientsindw.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/nutrientsindw.pdf?ua=1))
24. WHO (2008). Guidelines for Drinking-water Quality Third edition incorporating the first and second addenda Volume 1 Recommendation. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 308-308b.
25. WHO (2011). Towards a Harmonised Total Diet Study Approach: a guidance document: joint guidance of EFSA, FAO and WHO.
26. WHO (2016). Be smart, drink water: a guide for school principals in restricting the sale and marketing of sugary drinks in and around schools.

Հողվածը ներկայացվել է տպագրության 03.03.2020 թ.,  
 ուղարկվել է գրախոսության 08.04.2020 թ., ընդունվել է տպագրության 09.05.2020 թ.:

ԿԴԿ 55

**ՕՎԿԻԱՆՈՍԱՑԻՆ ԿԵՂԵՎ, ԹԵ ԿՂԶԱՑԻՆ ԱՂԵՂ. ՄԱԳՍՏԱՏԻԶՄԻ  
 ԴՐՍԵՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ՄԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՓԻ ԴԱԼԻ ԳԵՏԻ ՀՈՎՏԻ ՕՖԻՈԼԻՏԱՑԻՆ  
 ՏԵՂԱՄԱՍՈՒՄ**

***ՂԱԶԱՐ ԳԱԼՈՅԱՆ***

Երկրաբանական գիտությունների թեկնածու  
 տիեզերքի մասին գիտությունների դոկտոր (Ֆրանսիա)  
 ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիա դոկտոր  
[ghazar.galoyan@gmail.com](mailto:ghazar.galoyan@gmail.com)

**Համառոտագիր**

Աշխատանքի նպատակն է հստակություն մտցնել Սևանի օֆիոլիտային համալիրի  
 Դալի գետահովտի տեղամասում առկա հրաբխամագմատիկ առաջացումների

տեղադրման հերթականության սանդղակում՝ դիտարկելով ապարառաջացման պրոցեսը տարբեր երկրադինամիկ իրավիճակներում: Ներկայացվում են նոր փաստեր, որոնք մատնանշում են բարձավոր լավաների բազմազանությունը և տարահասակությունը: Պլազիոգրանիտների նոր U-Pb հասակի հիման վրա (~172 Ma) «գծվում» է նոր սահմանը մինչինտրուզիվ և հետինտրուզիվ բազալտների միջև: Ըստ այդմ, ստորին լավաները կարող են ունենալ ավելի հին հասակ՝ առնվազն միջին յուրայի սկիզբ, մինչդեռ վերին լավաները վերին յուրա-ստորին կավճի հասակի են: Ենթադրվում է ստորին սերիան կտրող բազալթիվ ռիոլիտային մարմինների գենետիկ կապը բուն պլազիոգրանիտային ինտրուզիայի հետ: Պարզվում է, որ մագմային համալիրը բաղկացած է ինչպես բուն օվկիանոսային, այնպես էլ կղզադեղային ծագման միավորներից՝ բարդ փոխհարաբերությամբ:

#### **Բանալի բառեր և բառակապակցություններ**

Սևանի օֆիոլիտներ, Դալիի տեղամաս, մագմատիզմ, պլազիոգրանիտ, U-Pb հասակ, բարձավոր լավաներ:

### **ОКЕАНИЧЕСКАЯ КОРА ИЛИ ОСТРОВНАЯ ДУГА: ПРОЯВЛЕНИЯ МАГМАТИЗМА В ОФИОЛИТОВОМ УЧАСТКЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ДАЛИ НА БЕРЕГУ ОЗЕРА СЕВАН**

**КАЗАР ГАЛОЯН**

кандидат геологических наук,  
доктор наук о Вселенной (Франция)  
Национальная академия наук РА  
[ghazar.galoyan@gmail.com](mailto:ghazar.galoyan@gmail.com)

#### **Аннотация**

Целью исследования является уточнение хроностратиграфии магматических образований, локализованных в центральной части долины реки Дали Севанского офиолитового комплекса в различных геодинамических условиях. Представлены новые факты, которые указывают на разнообразие типов и возрастов подушечных лав. Основываясь на новом U-Pb возрасте плагиогранита (~172 Ma), новая граница «проведена» между доинтрузивным и постинтрузивным базальтами. Соответственно, нижние лавы могут иметь более древний возраст, по крайней мере, начало средней юры, в то время как верхние лавы относятся к верхнему юре-нижнему мелу. Предполагается генетическая связь многочисленных риолитовых тел, рассекающих нижнюю серию, с самими плагиогранитами. Выясняется, что магматический комплекс состоит как из собственно срединно-океанических, так и из островодужных единиц, имеющих сложные соотношения.

#### **Ключевые слова и фразы**

Офиолиты Севана, участок Дали, магматизм, плагиогранит, высота U-Pb, высокие лавы.

### **OCEANIC CRUST OR ISLAND ARC: MANIFESTATIONS OF MAGMATISM IN THE OPHIOLITE SECTION OF THE DALI RIVER VALLEY ON THE SHORE OF LAKE SEVAN**

**GHAZAR GALOYAN**

PhD in Geological Sciences  
Doctor of Sciences of the Universe (France)  
National Academy of Sciences of the RA  
[ghazar.galoyan@gmail.com](mailto:ghazar.galoyan@gmail.com)

### Summary

The study tends to clarify the chronostratigraphy scale of the emplacement of igneous formations localized in the central part of the Dali River valley of the Sevan ophiolite complex, observing the formation of rock under various geodynamic settings. Presented new facts indicate the diversity of types and ages of pillow lavas. Based on the new U-Pb age of plagiogranite (~ 172 Ma), a new boundary is "drawn" between the pre-intrusive and post-intrusive basalts. Accordingly, the lower lavas may have an older age, at least, the beginning of the Middle Jurassic, while the upper lavas belong to the age of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous. The genetic link of numerous rhyolitic bodies (cross-cutting the lower series) is assumed to be with the main plagiogranite intrusion. It turns out that the magmatic formations consist of both mid-oceanic and island-arc units having complex relationships.

### Keywords and phrases

Sevan's ophiolites, Dali site, magmatism, plagiogranite, U-Pb height, high lavas.

### Ներածություն

Փոքր Կովկասի մեզոզոյան օֆիոլիտները, որոնք տարածված են Հայաստանի, Արցախի և Ադրբեջանի Հանրապետությունների տարածքներում թեյյան օֆիոլիտային գոտու բաղկացուցիչ մասն են [8,29,16,34 և ուր.]: Օֆիոլիտները հուշում են օվկիանոսային ավազանների երկրադինամիկ էվոլյուցիայի մասին՝ սկսած ավազանի բացումից մինչև փակումը, որին հաջորդում է օվկիանոսային լիթոսֆերայի մնացորդների օբոլկցիան ցամաքային կեղևի վրա՝ իբրև միասնական լիթոլոգիական համալիր: Հայկական օֆիոլիտների ուսումնասիրությունը 2003 թ. սկսած թևակոխել է նոր փուլ՝ շնորհիվ հայ-ֆրանսիական երկրաբան և համալիր գիտահետազոտական համագործակցության [օր.՝ 23-25,31-32,28,19-22,17-18,33]:

Սևանի օֆիոլիտները, որոնք մերկանում են Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան ափին, ամենախոշորներից և ամենապահպանվածներից մեկն են Հայաստանում: Ուստի՝ սույն համալիրը անցյալի օվկիանոսային ավազանի էվոլյուցիայի մասին կարևորագույն տեղեկության կրող է [մանրամասների համար՝ տե՛ս 25]: Սևանի օֆիոլիտային համալիրը մաս է կազմում Ամասիա-Սևան-Հակարի կարին [5] կամ Սևան-Հակարի գոտուն, որը համարվում է կարային գոտի արդեն կես դար [12]: Նախկինում կատարված քարտեզագրական և երկրաբանական հետազոտական աշխատանքներում այստեղ առկա գերհիմքային և հիմքային զանգվածները դիտարկվել են իբրև ինտրուզիվ (կամ պրոտրուզիվ) մարմիններ, իսկ հրաբխային ապարներն՝ առաջիններից անկախ տարահասակ առաջացումներ [օր.՝ 2,14,1]: Առաջին անգամ օֆիոլիտային առաջացումների միասնականության հարցերն առաջ են քաշվել Կնիպերի [8], Սոկոլովի [15] և Զակարիաձե և ուր. կողմից [7,34], որոնք հետագայում խոր ուսումնասիրության (տեկտոնական, պետրոլոգիական, երկրաքիմիական և հասակային) առարկա դարձան հայ-ֆրանսիական համատեղ խմբի համար:

Այդուհանդերձ, մագմատիկ ֆորմացիաների հստակ հասակագրման (իզոտոպային և հնէաբանական), տարատեսակ ֆորմացիաների պետրոլոգիական և երկրաքիմիական հենքով տարբերակման և քարտեզագրման աշխատանքների դերը եղել և մնում է որոշիչ օվկիանոսային կեղևի սույն

մնացորդների ու դրանց «անցած ճանապարհի» ճշգրիտ վերականգման համատեքստում: Ներկայացվող աշխատանքը փորձում է հստակություն մտցնել հրաբխամագմատիկ առաջացումների հասակի՝ տեղադրման հերթականության սանդղակում՝ դիտարկելով ապարառաջացման պրոցեսը տարբեր երկրադինամիկ իրավիճակներում:

### **Երկրաբանական կառուցվածքը**

Բազմաթիվ օֆիոլիտային մարմիններ են հայտնի Փոքր Կովկասում, որոնց զգալի մասը մերկանում են հայկական տարածքներում: Դրանք հայտնի են քիչ թե շատ միմյանց զուգահեռ տարածմամբ Ամասիա-Սևան-Հակարիի (ԱՍՀ) և Վեդիի հատվածներում [14, 8, 29, 3, 15, 1, 23, 31-33]: Մինչդեռ Զանգեզուրի գոտին, որն առանձնացվել ու նկարագրվել է իբրև ուրույն միավոր [3], տարանցիկ և թաղված հատված է սույն երկու գոտիների միջև [23]: ԱՍՀ գոտին խոշորագույնն է, որն ունի հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք տարածում՝ շուրջ 400 կմ երկարությամբ և առավելագույնը 20-25 կմ լայնությամբ: Ամասիա բնակավայրից արևմուտք այն անցնում է արևմտյան Հայաստան՝ հանդիսանալով Իզմիր-Անկարա-Երզնկայի անատոլիական օֆիոլիտային կարային գոտու շարունակությունը արևելքում: Արցախի տարածքում՝ Մերկասարի շրջանում, օֆիոլիտային գոյացումները սուզվում են՝ անհետանալով Արաքսի հովտի նորագույն նստվածքների տակ: Այսպիսով, վերջին շրջանի հետազոտություններում ԱՍՀ-ն դիտարկվում է իբրև Նեոթետիս օվկիանոսի կարային գոտի [5], որը ձևավորվել է Հարավ-հայկական միկրոսալի և Եվրասիայի աստիճանաբար մերձեցման և վերջնական բախման արդյունքում՝ պալեոցեն-միջին էոցենում [օր.՝ 23,33]: Ընդգծենք, որ սույն գոտու հնարավոր շարունակությունը կամ դրա գոյության հիմնավորումը Իրանի տարածքում հանգեցնում է լուրջ խնդիրների: Պատկերը ավելի բարդ է իրանական օֆիոլիտների դասակարգման և միավորների կորելյացիոն կապի առումով:

Սևանի համալիրը, թեև մասնատված, գրեթե ամբողջական օֆիոլիտային հաջորդականություն է, որը ներկայացված է հիմքում մանթիական սերպենտինիտներով և սերպենտինացված պերիդոտիտներով, որոնք անցնում են շերտավոր դունիտ-վերլիտ-տրոկտոլիտ-գաբրոային կտրվածքի, այնուհետ հետևում են ինտրուզիվ բնույթի իզոտրոպ գաբրոները, դիորիտ-պլագիոգրանիտները, ապա բարձավոր (pillow) կամ մասիվ լավաները [23,25]: Բարձավորլավաները հաճախ են հիշեցնում համեմատաբար խորջրյա նստվածքային ապարների՝ կայծքարերի և ռադիոլարիտների (Վեդիում՝ նաև կրաքարերի): Թեև իրական «զուգահեռ դայկային» համալիրը բացակայում է, այդուհանդերձ քիչ չեն դիաբազային (նաև գաբրո, պլագիոգրանիտ) դայկերը, որոնց մի մասն, անշուշտ, ավելի երիտասարդ է, քան բուն օֆիոլիտային համալիրը: Մի քանի քրոմիտիտային ոսպնյակներ (օր.՝ Շորժայի հանքավայրը) տարածված են իբրև փոքրիկ գրպաններ պերիդոտիտներում և դունիտներում: Սևանի տեղամասում քիչ չեն լիսովենիտների անկանոն (հաճախ դայկանման) մարմիններն ու սերպենտինիտներում օֆիկալցիտի ամենուր հանդիպող երակները: Երբեմն հանդիպում են մետամորֆային բլոկներ և տեղամասեր, որոնց մի մասն ունի օֆիոլիտային, հատկապես՝ գաբրոային ծագում:

Սևանի օֆիոլիտային համալիրում, ընդհանուր առմամբ, պլուտոնիկ մաֆիկ ապարներն ու լավաները քիչ են, իսկ ամբողջական դիֆերենցացիոն ընթացքը նկատելի է գաբրո-նորիտներից մինչև դիորիտ և պլագիոգրանիտ: Մանրակրկիտ երկրաքիմիական (ներառյալ՝ իզոտոպային) կազմերի հիման վրա տրվել է մագմատիզմի պետրոգենետիկ մոդելը [25]: Էֆուզիվ հաստվածքում գերակշռում են բարձավոր լավաները, որոնք կարող են հանդիպել ինչպես նստվածքային ցեմենտի առկայությամբ, այնպես էլ առանց դրա: Լավաների բարձավոր բնույթը մատնանշում է կարճատև և սահմանափակ մագմատիկ օջախի գոյությունը կեղևառաջացման պրոցեսում ստորջրյա պայմաններում, որն էլ հիմք է հանդիսացել վերջիններիս դանդաղ սպրեդինգային միջավայրին վերագրելուն [23]:

### **Դալի գետահովտի տեղամասի երկրաբանական կառուցվածքի առանձնահատկությունները**

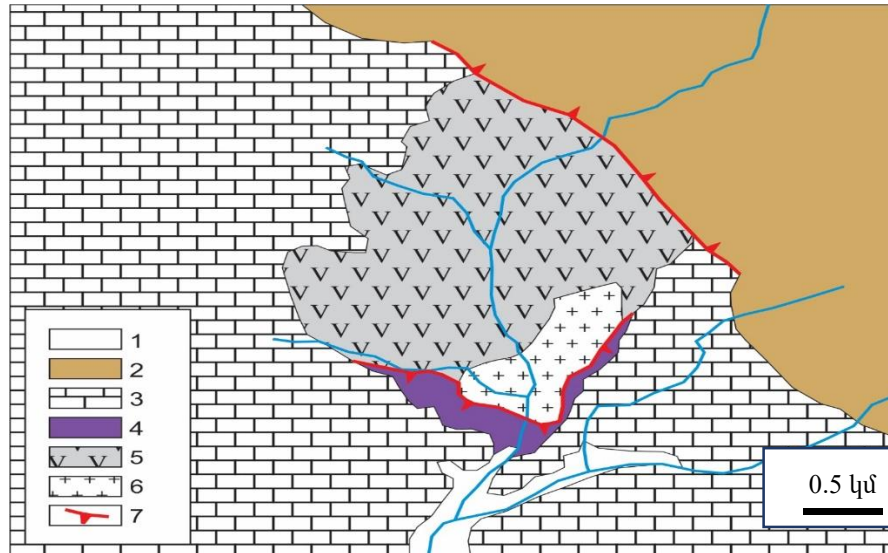
Ուշ կավճում Դալիի պլագիոգրանիտային զանգվածի ինտրուզիվ բնույթի մասին տուրոն-կոնյակի հրաբխածին-նստվածքային հաստվածքում գրավա-նության մեջ նշվել էր [2], սակայն ակնհայտ է, որ նշված հասակներն այլևս հավաստի չեն: Թեպետ Սևանի օֆիոլիտային համալիրի սահմաններում վերջին տարիներին կատարված բազմաթիվ աշխատանքներում և հրապարակումներում [23,25,31,33,17-18,21] այս կամ այն չափով անդրադարձ է եղել զանազան խնդիրների վերհանմանը նաև Դալի գետի հովտում (ձորակ՝ Ջիլ գյուղից մոտ 4կմ հյուսիս-արևմուտքում), այդուամենայնիվ հարցերն ավարտված չեն: Հարկավոր է փաստել, որ Սևանի հյուսիս-արևելյան ափի օֆիոլիտային կտրվածքները միմյանց չեն կրկնում տարբեր ձորակներում: Յուրաքանչյուր ձորակ աչքի է ընկնում օֆիոլիտային համալիրի այս կամ այն լիթոլոգիական հիմնական «դերակատարի» ներկայացվածությամբ: Վերջին մի քանի տարիներին մեր կողմից ինքնուրույն կամ ֆրանսիացիների հետ համատեղ կատարված դիտարկումները և նմուշների վերլուծությունները լրամշակման փուլում են: Մասնավորապես, հեղինակի կողմից ոչ մեծ տարածքում կատարվել է նկարագրական դաշտային դիտարկումներ և մանրակրկիտ նմուշարկում, որի հիման վրա, օգտագործելով Google Earth ծրագրի արբանյակային լուսանկարը, կազմվել է տեղանքի երկրաբանական սխեմատիկ քարտեզը (Նկար 1): Այսպես, 2016 թ. աշխատանքների ընթացքում ծագեց հիմնական կասկած-հետևությունը: Դալի հովտի առաջացումները արդյո՞ք բուն օվկանիոսային տիպի կեղևի առաջացումներ են, թե՞ կղզադեղային ծագում ունեն:

Պարզվեց, որ անհրաժեշտություն կա էֆուզիվ լավային հոսքերը բաժանել երկու հիմնական խմբի՝ հին, մինչպլագիոգրանիտային («մինչօֆիոլիտային») և համեմատաբար երիտասարդ՝ հետպլագիոգրանիտային (օֆիոլիտային): Նախքան լաբորատոր, անալիտիկ տվյալներին անցնելը՝ ներկայացնենք մի քանի առանձնահատկություններ:

1. Հին լավաները, թեև բնորոշվում են բարձավոր (կամ գնդաձև) տեքստուրաներով, չեն պարունակում նստվածքային ծագման (օր.՝ ռադիոլարիտ, կայծքար) նյութ, որն էլ դժվարացնում է վերջիններիս հասակագրումը ուղիղ, հնէաբանական եղանակով: Այս լավաներն աչքի են ընկնում գնդերի

խոշոր չափսերով (մինչև 50-80 սմ) և ուժգին բրեկչիացմամբ, որը հաճախ թաքցնում է գնդաձև տեքստուրան:

2. Այս լավաներում (քարտեզագրված տարածքում) առկա են ռիոլիտային կազմի բազմաթիվ (ավելի քան 30-40) ուսպնյակաձև, դայկային մարմիններ՝ մի քանի դեցիմետրից սկսած մինչև մի քանի մետր հզորությամբ, և մի քանի մետրից մինչև մի քանի տասնյակ մետր երկարությամբ բավական հոծ, երբեմն ուժգին բրեկչիացված, սպիտակավուն մարմիններով:



Նկար 1. Ղալի գետի միջին հոսանքի հովտի սխեմատիկ երկրաբանական քարտեզ: Հեղինակ՝ Ղ. Գալոյան

- 1 – չորրորդական նստվածքներ,
  - 2 – էոցենի հրաբխային և նստվածքային առաջացումներ
  - 3 – կամպան-մաստրիխտի պելագիկ կրաքարեր և մերգելներ, հիմքում տեղ-տեղ միկրոկոնգլոմերատներով,
  - 4 – բարձավոր բազալտ-ռադիոլարիտային վերին սերիա,
  - 5 – բարձավոր բազալտների ստորին սերիա՝ կտրված բազմաթիվ ռիոլիտային դայկերով,
  - 6 – վաղ միջին յուրայի (~172 Ma՝ ալեն-բայոս) պլագիոգրանիտային ինտրուզիա,
  - 7 – վրաշարժ:
- 4-րդ և 5-րդ սերիաներն առանձնացվել են առաջին անգամ՝ համապատասխանաբար մինչ- և հետպլագիոգրանիտային հասակներով (մանրամասները՝ տեքստում):

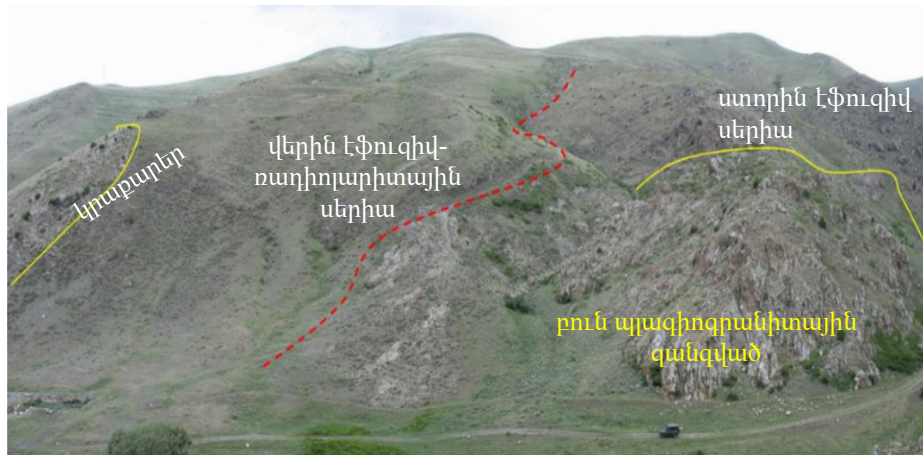
3. Հաջորդ՝ համեմատաբար երիտասարդ, լավաները նույնպես բարձավոր են (մինչև 10-50 սմ տրամագծով, երբեմն՝ խոշոր), սակայն ամենուր առկա են կայծքար-ռադիոլարիտային տեղամասեր, որոնցով պայմանավորված լավաներն ու դրանց տարածման դաշտերն արտաքուստ ստանում են կարմրագորշ գունավորում: Այս հատվածում վերոհիշյալ թթու կազմության մարմինները բացակայում են, փոխարենը հայտնի են մի քանի դիաբազային ոչ մեծ դայկային մարմիններ:

4. Թեև ներկայացված քարտեզում պլազիոգրանիտների և վրադիր էֆուզիվ-ռադիոլարիտային հաստվածքի կոնտակտը ցուցադրված է իբրև տեկտոնական (Նկար 2), չի կարելի բացառել, որ այն լինելու է սկզբնական տրանսգրեսիվ, որը հետագայում վերակտիվացել, բարդացել է: Կոնտակտը հիմնականում ծածկված է հող-ավազային նստվածքներով, իսկ հիմքում տերիգեն նյութ չի հայտնաբերվել:

Ամենայն հավանականությամբ, հին լավաները ոչ միայն ռիոլիտային փոքր ու մեծ մարմինների, այլև պլազիոգրանիտային ոչ մեծ ինտրուզիայի (<1 կմ<sup>2</sup>) ներփակող հիմնական միջավայրն են (Նկար 2): Վերջինս իր հարավային հատվածում պարունակում է ամֆիբոլային զաբրոների փոքրիկ ելք, իսկ ավելի հաճախ այդ կազմի ներփակումները (մինչև 10 սմ) մոխրասպիտակավուն պլազիոգրանիտներում են: Թեև պետրոգենետիկ հարցերը լուսաբանելիս հնարավոր է լուրջ երկրաքիմիական (հազվագյուտ տարրեր, իզոտոպներ) վերլուծական հենքով եզրահանգել այս ռիոլիտների և պլազիոգրանիտների գենետիկ կապի գոյությունը կամ բացակայությունը, այդուհանդերձ ներկայումս կապի գոյության հետևությունը կարելի է հիմնավոր համարել, մանավանդ ապարներում  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  օքսիդների արժեքները նույնանման են TAS դիագրամում (չի ցուցադրված): Նմանատիպ սիլիկաթթվով վարդագույն լեյկոգրանիտի նմուշը (փոքրիկ դայկը՝ 0.5\*2 մետր՝ տեղադրված բուն պլազիոգրանիտներում) աչքի է ընկնում ալկալիներից  $\text{K}_2\text{O}$  ավելի հարուստ պարունակությամբ, ի տարբերություն պլազիոգրանիտների և ռիոլիտների: Հետևաբար՝ հնարավոր ենք համարում, որ մատնանշված ռիոլիտային դայկերն ու ոսպնյակաձև մարմինները հանդիսանան բուն ինտրուզիայի ապոֆիզները բարձավոր լավաներում:

#### **Պետրոգրաֆիական վերլուծություն**

Քանի որ բոլոր տեսակի լավաները հիմնականում ունեն բազալտային կազմ, պետրոգրաֆիական նկարագրություններով զանազանումները հաճախ ներկայացնում են լուրջ դժվարություն: Բացառություն են կազմում օֆիոլիտային սերիայի այն ալկալային տարատեսակները, որոնցում ի հայտ է գալիս ակնհայտ ամֆիբոլը (օր.՝ կերսուտիտը) պիրոքսենի փոխարեն: Ընդհանրապես, բոլոր ապարներին բնորոշ է նշաքարային տեքստուրան՝ լցված խլորիտ-կարբոնատ-խալցեդոն նորագոյացություններով: Թեպետ էպիդոտացման հանգամանքը նկատելի է բոլոր ապարներում, այդուհանդերձ այն առավել գերակշռող է հին, ստորին սերիայի վուլկանիտներում՝ տեղ-տեղ ապարները վերածելով էպիդոզիտների: Այս սերիայի ապարներին բնորոշ է հիմնականում աֆիրային, դոլերիտային (սպիլիտային՝ ալբիտացված) և տոլեիտային կառուցվածքները, որտեղ գերակշռող միներալը պլազիոկլազն է (մինչև 60-70%, հաճախ կարբոնատացված), որոնց ինտերստիցիաներում տեղադրված են հիմնականում խլորիտ-էպիդոտացված նախկին գունավոր միներալահատիկները (օլիվին, պիրոքսեն կամ ամֆիբոլ): Առհասարակ, այս տեսակի ապարներն ընդունված էր անվանել սպիլիտ-դիաբազներ:



Նկար 2. Դալի գետի միջին հոսանքի աջ ափի լուսանկարը, որտեղ պատկերված են ստորին (մինչինտրուզիվ) և վերին (հետինտրուզիվ) բարձավոր լավաները: Կարմիր գիծը տեկտոնական-տրանսգրեսիվ սահմանն է: Կամպան-մաստրիխտի կրաքարերը հիմքում ավազաքարերով և հարուստ մակրոֆաունայով տրանսգրեսիվ ծածկում են ամբողջը:

Վերին սերիայի լավաներին բնորոշ են ինչպես աֆիրային, այնպես էլ պորֆիրային ստրուկտուրաները, որտեղ ֆենոկրիստալների քանակը հիմնականում չի գերազանցում 10-20%-ը, իսկ հիմնական զանգվածն ունի նաև վարիոլիտային, ինտերսերտալ, հիալոպիլիտային, երբեմն՝ դիաբազային կառուցվածք: Այստեղ նույնպես հիմնական միներալներն են հիմքային պլագիոկլազը, օլիվինը, պիրոքսենը և կտրվածքի վերին մասերում կերսուտիտային ամֆիբոլը՝ փոփոխվածության տարբեր աստիճաններով: Դրանք հիմնականում ներկայացված են կարբոնատ-խլորիտ-էպիդոտ-ակտինոլիտ (քվարց) պարագենեզիսով:

Պլագիոգրանիտները բնորոշվում են ալոտրիոմորֆիատիկային, պեգմատիտային, պորֆիրոիդային կառուցվածքներով և միանգամայն պարզ կազմությամբ՝ թթու պլագիոկլազ (մինչև 50-65%), քվարց (25-40%), քիչ քանակությամբ բիոտիտ (<5%), ամֆիբոլ (<5%), նաև ակցեսոր միներալներ՝ տիտանոմագնետիտ, սֆեն, ապատիտ և ցիրկոն: Երկրորդային միներալներ են կարբոնատը, խլորիտը, էպիդոտը և սերիցիտը:

Ռեոլիտները մանրահատիկ պորֆիրային ապարներ են՝ միկրոբյուրեղային, ֆելզիտային հիմնական զանգվածներով: Ֆենոկրիստալները (մինչև 15% մակերեսի) ներկայացված են առավելապես (<70%) պլագիոկլազի խոշոր հատիկներով, որոնք հաճախ պելիտ-կաոլինացված են, հաջորդում են քվարցի կլորացված եզրերով հատիկները, հազվադեպ են ամֆիբոլները: Դրանք պատված են քվարց-դաշտասպաթային լրիվ բյուրեղային միկրոզանգվածով, որում շատ չեն նաև հանքային միներալի (մագնետիտ, նաև պիրիտ) փոքրիկ հատիկները, ապատիտի միկրոձողիկներն ու ցիրկոնի միկրոհատիկները: Այստեղ նույնպես առկա են մասամբ կարբոնատացման և, հիմնականում, խլորիտ-էպիդոտացման երևույթները:

Չծավալվելով մանրամասների մեջ՝ համառոտ կերպով ներկայացնենք նաև ուսումնասիրված ապարների երկրաքիմիական հատկանիշները: Առհասարակ, Սևանի օֆիոլիտային համալիրի մանրակարկիտ երկրաքիմիական վերլուծությունը տրվել է [23,25]: Սակայն նոր հավաքած նմուշների քիմիական կազմերը (միայն գլխավոր տարրեր՝ օքսիդներ) Դալիի հովտից, որոնք ստացվել են ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի քիմիական լաբորատորիայում, ներկայացվում են առաջին անգամ: Ըստ այդմ, ուսումնասիրված բոլոր մագմատիկ նմուշները (21 նմուշ) տեղադրվել են դասակարգման TAS դիագրամում, որտեղ հիմքային ապարները բաշխվել են բազալտ, բազալտային անդեզիտ, տրախիբազալտ և բազալտային տրախիանդեզիտ դաշտերում, իսկ թթուները՝ բացառապես ռիոլիտային դաշտում: AFM դիագրամում բոլոր ապարները տեղաբաշխվել են կրա-ալկալային դաշտում: Հիշեցնենք, որ միայն վերին սերիայի լավաներում առավել մանրակարկիտ երկրաքիմիական տվյալների հիման վրա առանձնացվել էին [25] ստորին՝ MORB-նման (միջին օվկիանոսային լեռնաշղթաների բազալտ) և վերին՝ OIB-նման (օվկիանոսային կղզիների բազալտ) խմբերը՝ իրենց բնորոշ երկրադինամիկ պայմանների վերականգմամբ:

### **Մագմատիկ ապարների հասակային հարցերը**

Համաձայն ռադիոլարիային հասակագրումների [34,18 և այլն]՝ օվկիանոսային կեղևի ձևավորման հնարավոր հասակը, ըստ Սևանի օֆիոլիտային տեղամասի ապարների, տատանվում է միջին յուրայից մինչև ուշ կավիճ: Ամենահինը ստացվել են Sm-Nd իզոթրոնային հասակագրումները Արցախի տարածքի գաբրո-նորիտների ( $226 \pm 13$  Ma) և նորիտների ( $224 \pm 8$  Ma) նմուշներում [4], որոնք ներդաշնակ են Սոտքի լեռնանցքից ստացված կարնիան հասակի ստրատիգրաֆիկական տվյալների հետ [9]: Բացի այս, մնացած բոլոր իզոտոպային որոշումները վկայում են միջին յուրայի օգտին: Մասնավորապես, Փամբակի հովտից քվարցային դիորիտներում U-Pb մեթոդով  $160 \pm 4$  Ma [7] և պլագիոգրանիտներում K-Ar մեթոդով ստացված  $168 \pm 8$  Ma [13] հասակները համադրելի են Արտանիշի հովտի ամֆիբոլային գաբրոներում ավելի ուշ [25] Ar-Ar մեթոդով ստացված երկու պլատո (plateau) հասակների հետ՝  $170.5 \pm 4.4$  Ma և  $165.3 \pm 1.7$  Ma: Հաշվի առնելով սխալի չափը՝ վերջին հասակը հիմք էր ընդունվել հեղինակների կողմից և դիտարկել իբրև գաբրոների բյուրեղացման՝ բուն օվկիանոսային կեղևի ձևավորման հասակ:

Վերջին տասնամյակում, շնորհիվ հայ-թայվանական համագործակցության, Թայվանի ազգային համալսարանի երկրաբանական դեպարտամենտում կատարվել են բազմաթիվ հետազոտություններ (երկրաքիմիական և U-Pb իզոտոպահասակային) Հայաստանի ու Արցախի տարածքներից վերցված մագմատիկ ապարների նմուշներում, որոնց զգալի մասն արդեն հրատարակվել է տարբեր աշխատանքներում [6,26-27,10-11]: Դալիի հովտի բուն պլագիոգրանիտային ինտրուզիայից վերցված նմուշի ցիրկոններում ևս (U-Pb մեթոդով) ստացվել է նոր հասակ՝  $171.8 \pm 2.8$  Ma, որը համապատասխանում է վաղ միջին յուրայի ալեն-բայոս հարկերին: Հետազոտված նմուշում

ժառանգված (հին) ցիրկոններ չեն հայտնաբերվել: Այսպիսով, ավելի է հստակեցվում մագմատիկ հալոցքի բյուրեղացման ինտերվալը սույն տեղամասում:

Ակնհայտ է, որ վերջին հասակագրումը (~172 Ma) կարևորագույն սահման է հրաբխային արտավիժումների դասդասման հարցում: Այսինքն, ստորին սերիայի լավաներն առնվազն հին են այս հասակից, որոնցում ներդրվել է ռիոլիտային կազմի մագման՝ տարբեր մարմինների տեսքով: Ինչպես արդեն ցույց է տրվել [25], Դալի գետի ձախ ափում ռադիոլարիտները նստած են պլագիոգրանիտային ճեղքերում, ուստի՝ վերին սերիայի տրանսգրեսիվ բնույթը կարելի է հիմնավորված համարել: Ավելին, գետի աջ ափին լավաների մեջ ռադիոլարիտային կայծքաբերում հավաքված ֆաունան հասակագրվել է վերին յուրա-ստորին կավձի հասակի՝ մատնանշելով ուշ տիտոն-ուշ վալանժինյան հարկերը [18]: Մինչդեռ, Վեդիում, Խոսրովի կիրճում OIB-նման լավաների կերսոտիտներում որոշվել էր ավելի երիտասարդ՝ միջին ապտի Ar-Ar պլատո հասակ՝  $117.3 \pm 0.93$  Ma [31]:

### Քննարկում

Վերջին տարիներին հայ-թայվանական համագործակցության արդյունքում խորացել են մեր գիտելիքները օֆիոլիտային կարային գոտուն հյուսիսից սահմանակից Սոմխետ-Ղարաբաղի տեկտոնական գոտու յուրայի մագմատիզմի, հատկապես հասակների և պետրոլոգաբերկրաքիմիայի վերաբերյալ [մանրամասների համար՝ 6,26]: Այս տեսակետից կարևոր ենք համարում համալիր հետազոտությունները, երբ տարբեր երկրադինամիկ միջավայրերում ձևավորված ֆորմացիաները համադրում ենք միմյանց հետ: Պարզվում է, որ, ըստ երկրաքիմիական կազմերի և իզոտոպային հասակների, կա զգալի նմանություն կամ մոտիկ արժեքներ Արցախի տարածքի Բերդաձորի գաբրոպլագիոգրանիտային (մոտ 60 կմ<sup>2</sup> մակերեսով) ինտրուզիայի՝  $176.7 \pm 1.7$  Ma [6], ինչպես նաև Ալավերդու շրջանի Հաղպատի ոչ մեծ (մոտ 6կմ<sup>2</sup>) պլագիոգրանիտային ինտրուզիայի՝  $165 \pm 4$  Ma [26] հասակների և Դալիի պլագիոգրանիտային փոքրիկ ինտրուզիայից ստացված  $171.8 \pm 2.8$  Ma նոր հասակի միջև: Ստացվում է, որ վերջինս ինչպես իր աշխարհագրական դիրքով, այնպես էլ հասակով զբաղեցնում է միջանկյալ դիրք՝ նախորդ երկուսի միջև, այսինքն՝ հարավ-արևելքից դեպի հյուսիս-արևմուտք ուղղությամբ նկատվում է մագմատիկ զանգվածների հասակների փոքր-ինչ երիտասարդացում:

Հազվագյուտ տարրերի MORB- և Chondrite-նորմավորված սպայդեր-դիագրամները (չեն ցուցադրված) հիմնականում աչքի են ընկնում պատկերների նմանատիպությամբ այս երեք ինտրուզիաների պլագիոգրանիտներում: Բացի այդ, նշված երեք պլագիոգրանիտային ինտրուզիաների կազմերի Rb, Y, Yb, Nb և Ta տարրերի արժեքները դիսկրիմինացիոն ուղղանկյուն դիագրամներում [ըստ 30] խմբվում են VAG՝ հրաբխային աղեղների գրանիտներ դաշտում (չեն ցուցադրված): Հետևաբար՝ ծագում է հիմնական հարցը՝ Դալիի պլագիոգրանիտները պատկանո՞ւմ են Սևանի օֆիոլիտներին, այսինքն՝ դասական առումով օվկիանոսային կեղևի առաջացումնե՞ր են, թե՞ մաս են կազմում միասնական կղզային աղեղի, որը հայտնի է Սոմխետ-Ղարաբաղի

տեկտոնական միավոր անվամբ: Ի դեպ, վերջինիս տեկտոնական դիրքը, սուբդուկցիայի բևեռականությունը, հիմքի բնույթը և այլ հարցեր մանրակրկիտ քննարկված և վերլուծված են [Տե՛ս 6,26] :

Անշուշտ, հարցերի շրջանակը միայն պլագիոգրանիտներով չի ավարտվում, կամ միայն պլագիոգրանիտների հասակը, կազմը և ծագումը բավարար չեն վերջիններիս այս կամ այն երկրադինամիկ խմբին վերագրելու համար: Ի տարբերություն վերին սերիայի, որտեղ արդեն առանձնացվել են MORB- և OIB- նման խմբերը [25], կարևորագույն խնդիր է մնում ստորին կամ հին հրաբխային սերիայի հասակի ու առաջացման երկրադինամիկ իրավիճակի հարցը: Եթե հիմք ընդունենք, որ Արցախում Բերդաձորի, Ալավերդիում Հաղպատի և Սևանում Դալիի պլագիոգրանիտային ինտրուզիաները նույն երկրադինամիկ պրոցեսի սփռված անալոգներն են մեր տարածաշրջանում, ապա ներփակող ապարների՝ ստորին բարձավոր լավաների ծագումնաբանության հարցը դառնում է գերխնդիր: Ո՞րն է այս համալիրի ճշգրիտ հասակը, և ի՞նչ երկրաբանական-երկրադինամիկ իրավիճակում է այն գոյացել: Ակնհայտ է մեկ բան. թե՛ Դալիի հովտում, թե՛ Արցախի Բերդաձորի շրջանում մենք գործ ունենք ստորջրյա հրաբխականության հետ, որի վկայությունը լավաների գեղեցիկ արտահայտված գնդերն են, որը, թեև թույլ արտահայտված, բայց նկատելի է դարձել նաև Ալավերդու շրջանում: Ընդհանրական է նաև ապարների ուժգին էպիդոտացումը այս երեք տեղերում: Այսպիսով՝ կան հիմնավոր փաստեր ընդհանուր գուգահեռներ անցկացնելու համար և կան հարցեր՝ հետագա մտորումների համար, որոնք վերաբերում են տարածաշրջանային բնույթի լրացուցիչ հասակային հենանիշեր (ռեպերներ) փնտրելուն և նոր մեկնաբանություններ տալուն:

### **Եզրակացություն**

Սևանի օֆիոլիտները, որոնք տեղադրված են ԱՍՀ կարային գոտու կենտրոնական մասում, ունեն բարդ կազմ և կառուցվածք, քան ենթադրվում էր նախկինում: Թեև առկա լիթոլոգիական խմբերը մատնանշում են սերպենտինացված մանթիական պերիդոտիտներից մինչև կեդևային դիֆերենցված բնույթի (պերիդոտիտներից մինչև դիորիտ-պլագիոգրանիտ) մագմատիկ շարքի գոյությունը, ինչպես նաև ծածկող հրաբխանստվածքային միավորի ներկայությունն այստեղ, որոնք հուշում են օվկիանոսային միջավայրի մասին, այդուհանդերձ, ի հայտ եկած նոր փաստերը առաջացնում են լուրջ խոչընդոտներ: Առաջին անգամ ներկայացվում են փաստեր, որոնք մատնանշում են բարձավոր լավաների բազմազանությունը և տարահասակությունը: Պլագիոգրանիտների նոր U-Pb հասակի հիման վրա (~172 Ma) «գծվում» է նոր սահմանը մինչինտրուզիվ և հետինտրուզիվ բազալտների կամ դիաբազների միջև: Ստորին լավաները կարող են ունենալ ավելի հին հասակ՝ առնվազն միջին յուրայի սկիզբ, մինչդեռ վերին լավաներն այստեղ ունեն վերին յուրա-ստորին կավճի հասակ՝ ըստ ռադիոլարիտների: Ի տարբերություն վերին լավային հոսքերի, ստորին սերիայում ռադիոլարիտներ կամ այլ նստվածքային գոյացություններ չեն հայտնաբերվել: Ստորին սերիան կտրվում է բազմաթիվ դիոլիտային մարմիններով, որոնք կարող են գենետիկորեն կապված լինել բուն

սլազիոգրանիտային ինտրուզիվ ֆազի հետ և բացակայում են վերին սերիայում:

**Շնորհակալություն:** Հատուկ շնորհակալություն ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի և Թայվանի ազգային համալսարանի քիմիական լաբորատորիաների աշխատակիցներին՝ համապատասխանաբար ապարների երկրաքիմիական կազմերի անալիզի և ցիրկոններում U-Pb հասակագրման համար:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. **Абовян С.Б.** Мафит-ультрамафитовые интрузивные комплексы офиолитовых поясов Армянской ССР. Ереван, изд. АН АрмССР, 1981, 306 с.
2. **Арутюнян Г.С.** Возрастное расчленение интрузивов северо-западной части Севанского хребта. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, №1-2, 1967, с. 42–52.
3. **Асланян А.Т., Сатиан М.А.** К геологической характеристике офиолитовых поясов Закавказья. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, №4-5, 1977, с. 13–26.
4. **Богдановский О.Г., Закариадзе Г.С., Карпенко С.Ф., Злобин С.К., Пуховская В.М., Амелин Ю.В.** Sm-Nd-возраст габброидов толеитовой серии офиолитов Севано-Акеринской зоны Малого Кавказа. Доклады АН СССР, т. 327, №4-6, 1992, с. 566–569.
5. **Галоян К.Л., Мелконян Р.Л.** Офиолитовая ассоциация. В кн.: “Геология и минеральные ресурсы Нагорно-Карабахской Республики”. Ер.: Изд. “Зангак-97”, 2011, с. 99–112.
6. **Галоян К.Л., Мелконян Р.Л., Чунг С.-Л., Хоренян Р.А., Атаян Л.С., Юнг Ч.-Х., Амирагян С.В.** К петрологии и геохимии юрских островодужных магматитов Карабахского сегмента Сомхето-Карабахского террейна. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2013, №1, 3–22.
7. **Закариадзе Г.С., Книппер А.Л., Бибикова Е.В., Силантьев С.А., Злобин С.К., Грачева Т.В., Макаров С.А., Колесов Т.М.** История формирования и возраст плутонической части офиолитового комплекса северо-восточного побережья оз. Севан. Изв. АН СССР, серия геол., №3, 1990, с. 17–30.
8. **Книппер А.Л.** Океаническая кора в структуре Альпийской складчатой области (юг Европы, западная часть Азии и Куба). Труды, вып. 267. Москва, изд. Наука, 1975, 207 с.
9. **Книппер А.Л., Сатиан М.А., Брагин Н.Ю.** Верхнетриасовые-нижнеюрские вулканогенно-осадочные отложения Старого Зодского перевала (Закавказье). Стратиграфия и Геологическая корреляция, т. 5, №3, 1997, с. 58–65.
10. **Мелконян Р.Л., Чунг С.-Л., Гукасян Р.Х., Галоян К.Л., Хоренян Р.А., Атаян Л.С.** Геология и изотопная датировка Цавского интрузивного комплекса (Южная Армения, Капанский террейн). Изв. НАН РА, №2, 2016, 3–23.
11. **Мелконян Р.Л., Чунг С.-Л., Галоян К.Л., Гукасян Р.Х., Моротц Р., Овакимян С.Э., Атаян Л.С.** Новые сведения о U-Pb датировке интрузивных комплексов южной части Цахкунк-Зангезурского террейна (РА) и некоторые заключения. Изв. НАН РА, №3, 2019, 28–36.
12. **Милановский Е.Е.** Новейшая тектоника Кавказа,. Москва: “Недра”, 1968, 484 с.
13. **Морковкина В.Ф., Арутюнян Г.С.** О радиологическом возрасте гипербазитов Севанского хребта (Армения). Изв. АН СССР, серия геол., №11, 1971, с. 133–137.
14. **Паланджян С.А.** Петрология гипербазитов и габброидов Севанского хребта. Ереван, изд. АН АрмССР, 1971, 201 с.

15. **Соколов С.Д.** Олистостромовые толщи и офиолитовые покровы Малого Кавказа. Москва, изд. Наука, 1977, 94 с.
16. **Adamia Sh. A., Chkhotia T., Kekelia M., Lordkipanidze M. et al.** Tectonics of the Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys ocean. *J. Structural Geology* 3(4), 1981, 437–447.
17. **Asatryan G., Danelian T., Sosson M., Sahakyan L., Person A., Avagyan A. and Galoyan G.** Radiolarian ages for the sedimentary cover of Sevan ophiolite (Armenia, Lesser Caucasus). *Ofioliti*, 35(2), 2010, 91–101.
18. **Asatryan G., Danelian T., Sahakyan L., Galoyan G., Seyler M., Sosson M., Avagyan A. Hubert B.L.M. and Ventalon S.** Radiolarian biostratigraphic constraints for latest Jurassic–earliest Cretaceous submarine volcanic activity in the Tethyan oceanic realm of the Sevan ophiolite (Armenia). *Bull. Soc. géol. France*, t.183, №4, 2012, pp. 319–330.
19. **Danelian T., Galoyan G., Rolland Y., Sosson M.** Paleontological (Radiolarian) Upper Jurassic age constraint for the Stepanavan ophiolite (Armenia). *Bulletin of Geological Society of Greece*, v.XXXVI. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress, Athens, 2007, May.
20. **Danelian T., Asatryan G., Sosson M., Person A., Sahakyan L., Galoyan G.** Discovery of Middle Jurassic (Bajocian) Radiolaria from the sedimentary cover of the Vedi ophiolite (Lesser Caucasus, Armenia). *C. R. Palevol* 7 (General Paleontology), Issue 6, 2008, 327–334.
21. **Danelian D., Asatryan G., Galoyan G., Sosson M., Sahakyan L., Caridroit M. and Avagyan A.** Geological history of ophiolites in the Lesser Caucasus and correlation with the Izmir–Ankara–Erzincan suture zone: insights from radiolarian biochronology. *Bull. Soc. géol. France*, t. 183, №4, 2012, p. 331–342.
22. **Danelian T., Zambetakis-Lekkas A., Galoyan G., Sosson M., Asatryan G., Hubert B., Grigoryan A.** Reconstructing Upper Cretaceous (Cenomanian) paleoenvironments in Armenia based on Radiolaria and benthic Foraminifera; implications for the geodynamic evolution of the Tethyan realm in the Lesser Caucasus. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 413, 2014, 123–132.
23. **Galoyan G.** Etudes pétrologiques, géochimiques et géochronologiques des ophiolites du Petit Caucase (Arménie). Thèse de Docteur en Sciences de l'Université de Nice-Sophia Antipolis. 2008, 287 p.
24. **Galoyan G., Rolland Y., Sosson M., Corsini M., Melkonyan R.** Evidence for superposed MORB, oceanic plateau and volcanic arc series in the Lesser Caucasus (Stepanavan, Armenia). *C. R. Géoscience* 339, 2007, 482–492.
25. **Galoyan G., Rolland Y., Sosson M., Corsini M., Billo S., Verati C., Melkonyan R.** Geology, geochemistry and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of Sevan ophiolites (Lesser Caucasus, Armenia): Evidence for Jurassic Back-arc opening and hot spot event between the South Armenian Block and Eurasia. *Journal of Asian Earth Sciences* 34, Issue 2, 2009, 135–153.
26. **Galoyan Gh.L., Melkonyan R.L., Atayan L.S., Chung S.-L., Khorenyan R.H., Lee Y.-H., Amiraghyan S.V.** On the petrology and geochemistry of Jurassic magmatics of the Somkheti segment of Somkheto-Karabagh tectonic zone (Northern Armenia). *Proceedings of the NAS of the RA, Earth Sciences* 71, №1, 2018, p. 3–27.
27. **Galoyan Gh.L., Chung S.-L., Melkonyan R.L., Lee Y.-H., Atayan L.S., Ghukasyan R.Kh., Khorenyan R.H., Grigoryan A.G., Avagyan N.A.** Late Neoproterozoic–Early Cambrian, Late Paleozoic and Late Jurassic granitoid magmatism on the northern active margin of Gondwana, Tsaghkunyats anticlinorium of Lesser Caucasus (Central-Northern Armenia). *Proceedings of the NAS of the RA, Earth Sciences* 73, №2, 2020, in press.
28. **Hässig M., Rolland Y., Sosson M., Galoyan G., Muller C., Avagyan A., Sahakyan L.** New structural and petrological data on the Amasia ophiolites (NW Sevan–Akera suture zone, Lesser

Caucasus): Insights for a large-scale obduction in Armenia and NE Turkey. Tectonophysics, 588, 2013, 135–153.

29. **Knipper A.L. and Khain E.V.** Structural position of ophiolites of the Caucasus. Ofioliti, Spec. Iss. 2, 1980, 297–314.

30. **Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G.** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology 25, 1984, 956–983.

31. **Rolland R., Galoyan G., Bosch D., Sosson M., Corsini M., Fornari M., Verati C.** Jurassic back-arc and Cretaceous hot-spot series In the Armenian ophiolites – Implications for the obduction process. Lithos 112, Issues 3–4, 2009, 163–187.

32. **Rolland Y., Galoyan G., Sosson M., Melkonyan R. and Avagyan A.** The Armenian Ophiolite: insights for Jurassic back-arc formation, Lower Cretaceous hot spot magmatism and Upper Cretaceous obduction over the South Armenian Block. Geological Society, London, Special Publications; v. 340; 2010, 353–382.

33. **Sosson M., Rolland Y., Muller C., Danelian T., Melkonyan R., Kekelia S., Adamia S., Babazadeh V., Kangarli T., Avagyan A., Galoyan G. and Mosar J.** Subductions, obduction and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights. In: Sosson, M., Kaymakci, N. Stephenson, R., Bergerat, F. and Starostenko, V. (Eds.), Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society, London, Special Publications; v. 340, 2010, 329–352.

34. **Zakariadze G.S., Knipper A.L., Sobolev A.V., Tsameryan O.P., Dmitriev L.V., Vishnevskaya V.S., Kolesov G.M.** The ophiolite volcanic series of the Lesser Caucasus. Ofioliti 8(3), 1983, 439–466.

Հոդվածը ներկայացվել է տպագրության 18.03.2020 թ.,  
ուղարկվել է գրախոսության 10.04.2020 թ., ընդունվել է տպագրության 09.06.2020 թ.:

УДК 577.2

## LATERAL AND NORMAL DIFFUSION IN POPC/SOPC/SAPE/POPE MIXED BILAYER: A MOLECULAR DYNAMICS STUDY

**HRANT GHARABEKYAN**

PhD in Biological Sciences

National Academy of Sciences of the RA

[hrant.gharabekyan@gmail.com](mailto:hrant.gharabekyan@gmail.com)

**ARMEN POGHOSYAN**

Doctor of Physics and Mathematics

International Scientific-Educational Center of NAS RA

[poghosyan@gmail.com](mailto:poghosyan@gmail.com)

### Abstract

We have performed a 40-ns molecular dynamics simulation of POPC/SOPC/SAPE/POPE mixed Bilayer. The diffusion properties of lipid molecules have been studied. The corresponding diffusion coefficients of lipids have been estimated, and the findings are in good agreements with experimental data.

### Keywords and phrases

Mixed bilayers, lipids, molecular dynamics, diffusion coefficients, cholines, thanomalines, phospholipids, NAMD, GROMACS.