

ՀՆԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՄԻԿՐՈԲԻԱԼԻԹՆԵՐԸ

DOI:10.54503/0515-961X-2023.76.2-3-5

Սուբիայան Ա.

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ,
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պ., 24ա
e-mail: soukiasiananna3@gmail.com
Հանձնված է խմբագրություն 25.01.2023

Ըստ մեզոկառուցվածքի և պետրոգրաֆիական ուսումնասիրությունների Սևանա լճի ափամերձ և ստորջրյա հատվածում հայտնաբերված զմբեթաձև ապարները դասակարգվում են որպես միկրոբիալիթներ՝ ստրոմատոլիթային և թրոմբոլիթային կառուցվածքով: Միկրոբիալիթները ցիանոբակտերիաների գործունեության, բրածո մնացորդների և կարբոնատային նյութի նստեցման արդյունք են: Միկրոբիալիթների հետազոտություններով հայտնաբերվել են ցիանոբակտերիաների հետքեր, փափկամարմինների և օստրակոդների մնացորդներ, ինչպես նաև *Oscillatoria* sp. և *Anabeana* sp. Ցիանոբակտերիաների լավ պահպանված տեսակները: Միկրոբիալիթները կազմված են հիմնականում ցածր մագնեզիումային կալցիտից, որտեղ Mg/Ca հարաբերությունը >0.04 : Մագնեզիումի պարունակությունները բարձր են այն նմուշներում, որտեղ կան փափկամարմինների կտորներ:

Հանգուցային բառեր. Միկրոբիալիթ, ստրոմատոլիթ, թրոմբոլիթ, ցիանոբակտերիա, Սևանա լիճ, Հայաստան

Ներածություն

Վերջին տարիներին Սևանա լճի ափամերձ և ստորջրյա հատվածներում (մինչև 30-45մ) հայտնաբերված օրգանական ծագում ունեցող զմբեթաձև առաջացումները, իրենց վրա մեծ ուշադրություն սևեռեցին: Վերջիններս մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում պալեոմիջավայրի վերականգնման տեսանկյունից (օր. Dupraz et al., 2009): Ըստ Սևանա լճի կարբոնատային առաջացումների դասակարգման առանձնացվել է կենսածին կարբոնատը՝ ներկայացված ամբողջական խեցիների և տարբեր չափի բեկորների տեսքով, որը լայն տարածում ունի լճի հյուսիս արևմտյան ափագծով (Տարկիսյան, 1962): Առաջին

ստորջրյա նմուշառումները և ակնարկը այն մասին, որ այս ապարները ձևավորվել են կենսաբանական միջամտության արդյունքում, նշվել է նաև Արա Ավագյանի կողմից 2010 թվականին (Sahakyan et al., 2019): Միկրոբիալիթները կենսածին նստվածքային ապարներ են, որոնք ձևավորվում են բարենպաստ կենսաբանական և ֆիզիկա-քիմիական պայմաններում, տարբեր միկրոբազանիզմների, մասնավորապես ցիանոբակտերիաների կենսագործունեության արդյունքում (Burne & Moore, 1987): Միկրոբիալիթների նստվածքակուտակումը կարող է տեղի ունենալ այն ժամանակ՝ երբ ֆոտոսինթեզով պայմանավորված CaCO_3 -ի լուծելիությունը նվազում է, կամ ուղղակիորեն ցիանոբակտերիայի շուրջ կալցիտի կեղևի ձևավորման շնորհիվ:

Սևանի ափագծի կառուցվածքի մի շարք առանձնահատկությունները, ինչպիսիք են օրինակ երիտասարդ դարավանդների առկայությունը, լճային նստվածքների, միկրոբիալիթների հայտնաբերումը բարձր հորիզոններում և այլն, վկայում են Սևանա լճի մակարդակի պարբերաբար տատանումների մասին: Վերջիններիս պատճառ են հանդիսացել ինչպես կլիմայական, այնպես էլ տեկտոնական երևույթները (օր. Саядян, 2009): Պալեոափագծի հասակի որոշման նպատակով իրականացվել է միկրոբիալիթների հասակագրում ռադիոածխածնային և U/Th մեթոդներով: Ստացված առաջին տվյալները ցույց են տալիս՝ 1355 տարի cal. BP (կալիբրացված, մինչ այժմ) Արտանիշ թերակղզու միկրոբիալիթների համար (Colombie et al., 2021):

Սույն աշխատանքի հիմնական նպատակն է, պարզաբանել Սևանի ավազանում հայտնաբերված գմբեթաձև ապարների տեսակը՝ ըստ մեգնետաբանական և պետրոգրաֆիական կազմի, ինչպես նաև բրածո օրգանիզմների (այդ թվում ցիանոբակտերիաների) դերը դրանց ձևավորման գործընթացներում և միներալային կազմը:

Իրականացվել է գմբեթաձև ապարների տեղադիրքերի քարտեզագրում, ափամերձ և ստորջրյա հատվածներից նմուշարկում, պետրոգրաֆիական և երկրաքիմիական ուսումնասիրություններ:

Երկրաբանական նախադրյալը

Սևանա լիճը ընդգրկում է 4891 կմ² ջրահավաք ավազան, տեղադրված ծովի մակարդակից մոտ 1900մ բարձրության վրա: Այն առաջացել է լավաներով դարավանդման (Գեղամա լեռնաշղթան արևելքում, Վարդենիսի լեռնաշղթան հարավում), որոնք ակտիվ են միոցենից սկսած (Karapetyan, 1973; Զրբաշյան, 2013) և տեկտոնական պրոցեսների հաշվին: Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան հատվածը ներկայացված է միջին յուրա – վաղ կավճի օֆիոլիթային համալիրով (Galoian, 2008), որը հիմնականում վերահսկվում է Հայաստանի ամենամեծ և ամենաակտիվ Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքով, ժառանգված Հարավ հայկական բլրկի և Եվրասիական մայրցամաքների բախման զոնայից (Avagyan, 2001; Karakhanian et al., 2004): Լճի հյուսիս,

հյուսիս արևմտյան հատվածներում մերկանում են վերին կավձի և պալեոգենի նստվածքային, միջին էոգենի հրաբխանստվածքային, հրաբխային ապարները (Саркисян, 1973):

Սևանը բաղկացած է երկու անհավասար մասերից՝ Մեծ Սևան (հարավային հատված) և Փոքր Սևան (հյուսիսային): Այս մասերը բաժանված են 5 կիլոմետր երկարությամբ նեղուցով, որը գտնվում է Արտանիշ և Նորատուս թերակղզիների միջև (նկ.2): Մեծ Սևանի հատակի բաթիմետրիական քարտեզի համաձայն (Кириев, 1993) նրա երկար առանցքով անցնում է հովիտ, ինչը Նորատուսի և Արտանիշի միջնամասում կտրում է 7մ բարձրության տեկտոնական կառույցը: Լճի հատակի նմանատիպ կառուցվածքը հիշեցնում է գետի ընդարձակ հովիտ, որը լցված չէ նստվածքներով՝ վկայելով գետի բավականին երիտասաղ (հոլոգեն) հասակի մասին: Մեծ Սևանի հատակում գետահովտի առկայությունը ընդունվել է բազմաթիվ գիտնականների կողմից (Саядян, 2009):

Ի՞նչ է միկրոբիալիթը, կառուցվածքը, տեսակները

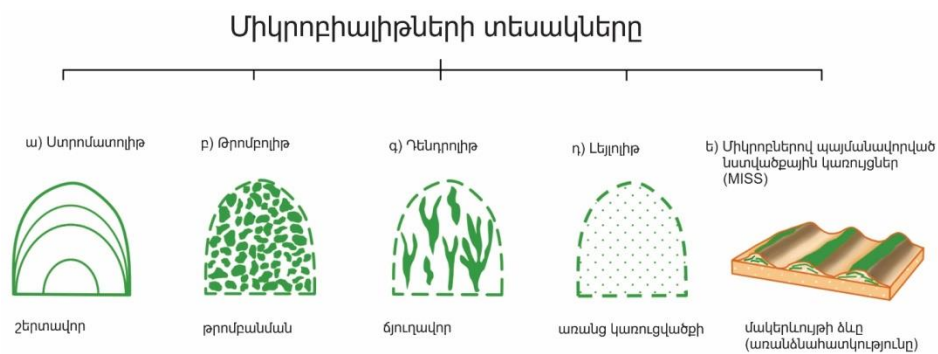
Միկրոբիալիթները կենսածին նստվածքային առաջացումներ են, որոնք ձևավորվում են ջրային միջավայրում, բենթոս միկրոօրգանիզմների (միկրոբներ, բակտերիաներ) շնորհիվ, որոնք կլանում են նստվածքային նյութը կամ ստեղծում են տարածք՝ միներալների կուտակման համար: Ժամանակակից միկրոբիալիթների ձևավորման համար վաղ լիթոֆիկացիան կարևորագույն գործոն է, որը ներառում է տեղում միներալների նստեցումը և կենսագործունեության հետքերի պահպանումը (Burne and Moore, 1987; Grotzinger and Knoll, 1999; Riding, 2000): Այս կառույցները համարվում են Երկրի վրա կյանքի գոյության հնագույն վկաները (հասակագրվել են մինչև ~3,5Ga) (Scopf et al., 2007) և հանդիսանում են կյանքի առկայության արձանագրման լավագույն տարբերակներից մեկը՝ հատկապես մինչքեմբրյան ժամանակաշրջանի համար, որտեղ ամբողջական բրածոներ հազվադեպ են հանդիպում (Allwood et al., 2006; Schopf and Kudryavtsev, 2007; Nutman et al., 2016; Peters et al., 2017):

Միկրոբիալիթները կարող են խորքային պատկերացումներ տալ կյանքի և շրջակա միջավայրի համատեղ զարգացման մասին՝ երկրաբանական ժամանակագրության ողջ ընթացքում: Միկրոբիալիթները նույնիսկ առաջարկվել են որպես թիրախային գործիք ոչ երկրային կյանքի որոնումների համար, քանի որ նրանք տալիս են կյանքի գոյության երկրաբանական ապացույցներ, որը կարող է պահպանվել նստվածքային առաջացումներում (Cady et al., 2003; Des Marais et al., 2008):

«Միկրոբիալիթ» տերմինը լայնորեն կիրառվում է բնութագրելու համար կարբոնատային ստրոմատոլիթները, թրոմբոլիթները և նմանատիպ այլ գմբեթաձև, գնդաձև և սյունաձև կառույցները, որոնք հան-

դիպում են ծովերի և լճերի ծանծաղջրյա հատվածում, ինչպես նաև խորջրյա հորիզոններում: Արկտիկական Կանադայում օֆշորային ֆացիաներում պահպանվել են ոչ սովորական մորֆոլոգիա ունեցող միկրոբիալիթներ, որոնք ձևավորվել են ավելի քան մի քանի տասնյակ մետր խորություններում (Bartley et al., 2015):

Միկրոբիալիթները բաժանվում են 5 հիմնական խմբի՝ ստրոմատոլիթներ, թրոմբոլիթներ, դենդրոլիթներ, լեյոլիթներ և MISS (microbially induced sedimentary structures (միկրոբներով պայմանավորված նըստվածքային կառույցներ)): Տերմինաբանությունը համընդհանուր է միկրոբիալիթների բոլոր տեսակների համար, երբ խոսքը վերաբերում է նրանց մեզակառուցվածքին, մակրոկառուցվածքին, մեծ չափով նաև միկրոկառուցվածքին, բայց տարբերվում է մեզոկառուցվածքային մակարդակում (նկ.1): Այսպիսով, միկրոբիալիթների տեսակների միջև հիմնական տարբերակիչ հատկանիշը մեզոկառուցվածքն է (Burne and Moore, 1987; Riding, 1991, 2000; Dupraz and Strasser, 1999):



Նկ.1. Միկրոբիալիթների ենթատեսակները (Grey & Planavsky, 2009)

Ստրոմատոլիթներ - միկրոբիալիթների ամենատարածված և առավել հեշտ ճանաչվող տեսակն է՝ շնորհիվ շերտավորության առկայության (նկ.1ա): Որոշ հեղինակներ (Reid et al., 2003; Playford et al., 2013; Suosaari et al., 2016) օգտագործում են ստրոմատոլիթ տերմինը բոլոր տեսակի միկրոբիալիթների համար: Սակայն հեղինակների գերակշիռ մասը ստրոմատոլիթ տերմինը կիրառում է շերտավորության առկայության դեպքում, որը առաջ է քաշվել Կալկովսկու (Kalkowsky, 1908) կողմից և առավել լայն կիրառություն է ստացել (Burne and Moore, 1987) աշխատության մեջ:

Թրոմբոլիթներ - ըստ Շապիրոյի (Shapiro, 2000) սահմանման թրոմբոլիթները միկրոբիալիթներ են, որոնք ունեն թրոմբանման, գնդավոր (clotted) մեզոգնդեր (mesoclots) (նկ.1բ): Այս սահմանումը առաջին անգամ տրվել է Այթկենի (Aitken, 1967) կողմից: Թրոմբոլիթները ստրոմատոլիթների հետ կապված կրիպտալգալ (cryptalgal) առաջացումներ են, որոնցում շերտայնությունը բացակայում է: Նրանց

բնորոշ է մակրոսկոպիկ գնդաձև կառուցվածքը: Տարիներ շարունակ տարբեր հեղինակների կողմից առաջ են քաշվել թրոմբոլիթ տերմինի տարբեր մեկնաբանություններ, բայց հստակ և վերջնական սահմանում չի տրվել (Theisen and Sumner, 2016):

Հարկ է նշել, որ պալեոպրոտերոզոյի մեզոպրոտերոզոյի, նեոպրոտերոզոյի, քեմբրի, օրդովիքի, ուշ պալեոզոյի, մեզոզոյի և հոլոցենի թրոմբոլիթների միջև կարող են լինել ձևաբանական տարբերություններ: Օրինակ, Կանադայի Ռոքնեստ շերտախմբի (Rocknest Formation) պալեոպրոտերոզոյի թրոմբոլիթները նշանակալի կերպով տարբերվում են ավելի երիտասարդ պրոտերոզոյան թրոմբոլիթներից և իրենց ֆաներոզոյան անալոգներից (Kah and Grotzinger, 1992): Միևնույն միկրոբիալիթում կարող են ներկա լինել, թե՛ շերտավորություն ունեցող, թե՛ գնդաձև ենթատեսակներ (Pratt and James, 1982; Kennard and James, 1986), մասնավորապես քեմբր-օրդովիք հասակի միկրոբիալիթների դեպքում (Kennard, 1994): Կենարդ և Ջեյմսը (Kennard and James, 1986) մի քանի բաղադրիչ պարունակող միկրոբային կույտերի համար (microbial mounds) առաջարկել են քանակական դասակարգման սխեմա, որը սակայն լայն կիրառություն չի ստացել:

Միկրոբիալիթների տարբեր տեսակների և նրանց մեզոկառուցվածքային բաղադրիչների միջև կարող է լինել բարդ փոխհարաբերություն, որը պետք է մանրամասն նկարագրվի: Ստրոմատոլիթ կամ թրոմբոլիթ տերմինը կարող է օգտագործվել որպես ածական՝ նկարագրելու համար խառը թրոմբոլիթները կամ ստրոմատոլիթները (օրինակ՝ ստրոմատոլիթային թրոմբոլիթ կամ թրոմբոլիթային ստրոմատոլիթ):

Նկարագրողական տերմինալոգիայի դասակարգման մեջ շերտայնության և մեզոթրոմբների կամ թրոմբների առկայությունը ունի հավասարազոր դիրք:

Ղենդրոլիթներ - ղենդրոլիթ տերմինը առաջին անգամ կիրառության մեջ է մտցվել Ռայդինգի կողմից (Riding, 1988), այնուհետև այն ձևակերպվել է որպես «բիոմիներալիզացված միկրոբային նստվածքներ, որոնցում գերակշռում է ղենդրիտային (ճյուղավորված, ծառանման) մակրոկառուցվածքը» (Riding, 1989) (նկ.1գ): Հետագայում Ռայդինգը նշել է, որ նրանք շերտայնությունից զուրկ են (Riding, 1991) և հավելել, որ ղենդրոլիթները առաջանում են միկրոբների կալցիֆիկացիայից, ոչ թե մասնիկների կուտակումից (Riding, 2000): Հայտնի են միկրոբների կենսագործունեության արդյունքում առաջացած կալցիմիկրոբային համադրություն չպարունակող ղենդրիտային կառույցներ, որոնց սովորաբար անվանում են թփեր (shrubs): Դրանց մեծ մասը տրավերտիններ են: Մինչ օրս ղենդրոլիթների առաջացման վերաբերյալ շատ քիչ արձանագրություններ կան և նկարագրությունները նույնպես լիարժեք չեն, հետևաբար մեր պատկերացումները ղենդրոլիթների մասին գտնվում են նախնական փուլում և շատ դեպքերում նույնիսկ առաջանում են հակասություններ տերմինի կիրառության

հարցում: Դենդրոլիթ և դենդրիտային կառույցներ տերմինները օգտագործվել են որպես հոմանիշներ: Որոշ հեղինակներ օգտագործել են դենդրոլիթ տերմինը նկատի ունենալով մակրոսկոպիկ կառույցներ, բաղկացած փոքր, թփանման զանգվածների բազմությունից, որն արտացոլում է Ռայդինգի կողմից ձևակերպված առաջնային սահմանումը (Riding, 1988, 1989, 2011a; Howell et al., 2011): Մեկ այլ հեղինակներ էլ դենդրոլիթ են անվանում եզակի՝ մեկ, փոքր, թփանման զանգվածը (Ibarra et al., 2014): Թփանման զանգվածները նաև կոչվել են դենդրոիդ (Howell et al., 2011): Խառնաշփոթությունից և տերմինների հակասական կիրառությունից խուսափելու համար առաջարկվել է դենդրոլիթ (dendrolite) տերմինը կիրառել մակրոսկոպիկ կառույցների դեպքում, իսկ թուփը (shrub)՝ որպես դենդրոլիթի մաս կազմող մեգոկառուցվածքային տարր (Grey and Awramik, 2020):

Լեյոլիթներ - միկրոբիալիթների մեկ այլ առավել քիչ ուսումնասիրված տարատեսակներ են լեյոլիթները (նկ.1դ): Ի սկզբանե սահմանվել էր, որ լեյոլիթները առանց հստակ ձև և մակրոկառուցվածք ունեցող միկրոբային նստվածքներ են (Braga et al., 1995): Ավելի ուշ լեյոլիթների ներքին կառուցվածքը, ինչպես նաև մակրոկառուցվածքը բնութագրելու համար Ռայդինգը օգտագործեց աֆանիտիկ տերմինը (Riding, 2011b): Քանի որ լեյոլիթները մեգոկառուցվածքային առումով անկառույց են և չունեն հուշող մակրոկառուցվածք, ապա նրանց տարանջատումը կարող է բավականին բարդ լինել: Մինչ այժմ ժամանակակից լեյոլիթների օրինակներ դեռևս չեն հրապարակվել:

Միկրոբներով պայմանավորված նստվածքային կառույցներ - (նկ.1ե) համարվում են տերրիզեն ապարներում միկրոբների կենսագործունեության հետևանքով առաջացած տարատեսակները (Noffke et al., 1996): Այս նստվածքային կառույցները բնութագրելու համար, բացի այս տերմինից օգտագործվել են նաև այլ տերմիններ: Չնայած միկրոբներով պայմանավորված նստվածքային կառույցների ուսումնասիրությունների մեծ մասը իրականացվել է տերրիզեն նստվածքներում, այն հանդիպում է նաև կարբոնատային ապարներում (Noffke et al., 2001; Bose and Chafetz, 2011):

Մեթոդներ, նյութեր

Միկրոբիալիթների նմուշարկումներ իրականացվել են մի շարք տեղամասերում (նկ.2): Մասնավորապես Փոքր Սևանի հյուսիսարևմտյան հատվածի Նորաշեն գյուղի մոտակայքից (նկ.3 ա, բ, գ, դ) (40°30'44.35"N, 45°01'5.63"E) հավաքվել է 6 նմուշ (MA01-20, MA02-20, MA03-20, MA04-20, MA05-20, MA06-20): Լճափ գյուղից (40°28'12.87"N, 45°3'57.20"E) վերցվել է մեկ նմուշ (ML21-1): Իսկ Ծովագարդ գյուղից (40°29'00.64"N, 45°03'07.33"E) նմուշարկումը իրականացվել է ինչպես ափամերձ (նկ.3ե), այնպես էլ ստորջրյա հատվածից: Ափամերձ հատվածից վերցվել է 4 նմուշ (Tsl-21/1, Tsl-21/2, Tsl-21/3, Tsl-21/4), իսկ

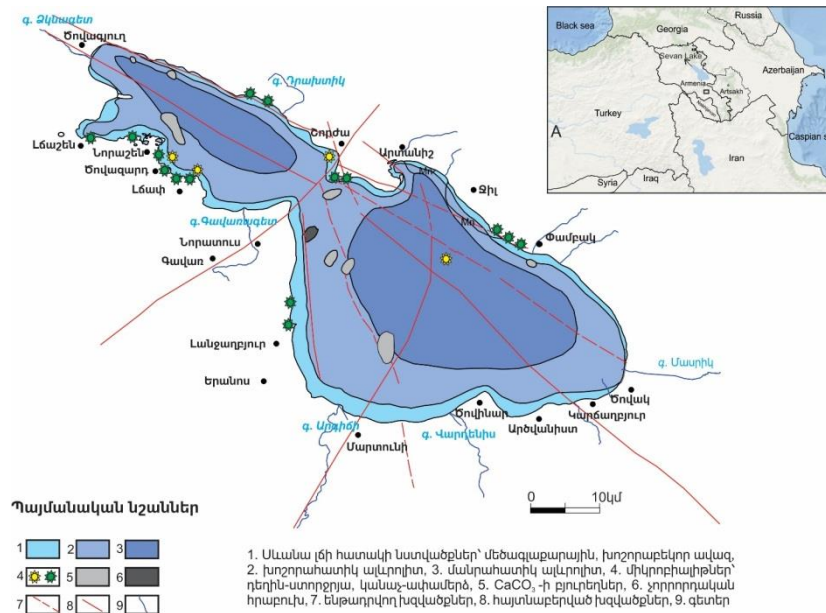
ստորջրյա հատվածից սուզորդների կողմից վերցվել է 3 նմուշ՝ Ts 21-5, Ts 21-6, Ts 21-7 նմուշները 15մ ջրի խորությունից:

LM21-03 նմուշը վերցվել է Դրախտիկ գյուղի մոտակայքի (40°33'56.65"N, 45°10'25.30"E) ափամերձ հատվածից (նկ.3գ):

Պետրոգրաֆիական ուսումնասիրությունների համար նմուշներից պատրաստվել են ստանդարտ 0,03մմ հաստություն ունեցող և ապակյա ծածկով շլիֆներ (ընդհանուր՝ 25 հատ), որոնք ուսումնասիրվել և լուսանկարվել են Zeiss Axioscope 5 միկրոսկոպով: Սևանա լճի սխեմատիկ քարտեզի կազմումը, շլիֆների և դաշտային նկարների մշակումը իրականացվել է Corel Draw ծրագրով: Հիմնական էլեմենտների քիմիական անալիզի համար 16 նմուշներից վերցվել և մեխանիկական մշակման է ենթարկվել մոտ 5 գր. նյութ (Աղյուսակ 1): Անալիզները իրականացվել են ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի քիմիայի լաբորատորիայում (անալիտիկներ՝ Ս. Մկրտչյան և Ա. Ավետիսյան):

Արդյունքներ

Միկրոբիալիթները հայտնաբերվել են Սևանա լճի ափի երկայնքով և ստորջրյա հատվածում մինչև 20-45մ խորություններում: Դաշտային դիտարկումների արդյունքում իրականացվել է Սևանա լճի ափամերձ հատվածում դիտարկված միկրոբիալիթների քարտեզագրում (նկ.2):



Նկ.2. Սևանա լճի սխեմատիկ քարտեզ՝ հայտնաբերված և ուսումնասիրվող միկրոբիալիթների տեղադիրքով (Մ 1:200000): Լիթոլոգիական կազմը ըստ (Коллектив авторов. Геология Севана, 1994)

Սևանի ավազանում ստորջրյա սուզումների և հետազոտությունների հայկական CARPS կենտրոնի սուզորդների օգնությամբ մոտ 40-45մ խորությունում արձանագրվել է միկրոբիալիթների մինչև 1.80սմ տրամագծով ցածր գմբեթավոր բիոհերմեր (կենսաբլուրներ): Սևանա լճի ափի երկայնքով ցիանոբակտերիաների գաղութները պատում են ապարի բլուկները (հիմնականում հրաբխային ապարի բլուկներ, կրաքարեր, երբեմն գլաքարեր) և նրանց շուրջ ձևավորում տարբեր գմբեթաձև, սրածայր (աշտարականման), սյունաձև, կեղևանման, բարձաձև կառույցներ (նկ.3):

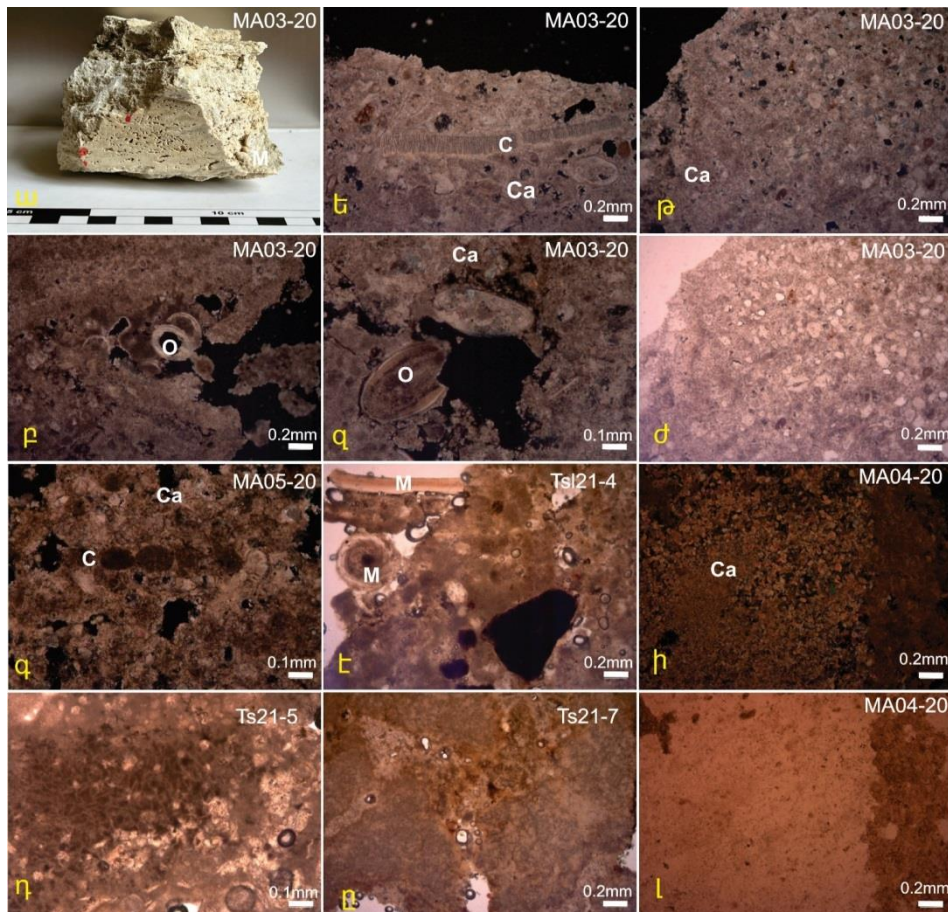


Նկ.3. Սևանա լճի ափամերձ հատվածներում հայտնաբերված միկրոբիալիթներ: ա) Փոքր Սևանի հյուսիս-արևմտյան մասում գտնվող միկրոբիալիթներ՝ Նորաշեն գյուղի մերձակայք (ա,բ,գ,դ); (բ) փխրուն ավազահատիկային միկրոբիալիթ բազալտային հիմքի վրա (ջրի մեջ անմիջապես ափին մոտ); գ) ավելի կարծր հարթ մակերևույթով միկրոբիալիթ (ստրոմատոլիթ) քարացած փափկամարմինների ներփակումներով; դ) միկրոբիալիթ մոտ 25-30սմ հզորությամբ՝ ձևավորված անդեզիտի բլուկի վրա; ե) միկրոբիալիթ առատ փափկամարմիններով (գյուղ Ծովազարդ); զ) միկրոբիալիթ (գյուղ Դրախտիկ)

Մեզոկառուցվածք: Ուսումնասիրված միկրոբիալիթները հիմնականում ունեն թրոմբոլիթային, հազվադեպ ստրոմատոլիթային (նկ.4ա) մեզոկառուցվածք:

Միկրոկառուցվածք: Ըստ պետրոգրաֆիական ուսումնասիրությունների թրոմբոլիթները հիմնականում կազմված են պոլիմորֆ մուգ պելտիդներից (կլոր կամ ձգված տեսքով), որոնք ունեն միկրիտային, միկրոբյուրեղային կառուցվածք: Դրանք հանդես են գալիս փոխկապակցված կամ միաձուլված կառուցվածքով (նկ.4բ-ը): Մեկ այլ կարևոր հատկանիշ է խոռոչների առկայությունը պելտիդալ միաձուլվածքների

միջև (նկ.4դ,ը), որոնք հիմնականում ներկայացված են բյուրեղային կալցիտով: Միկրոբիալիթներում առկա կենսածին օրգանիզմներից են փափկամարմինների խեցիների կտորները և օստրակոդները (նկ.4բ,գ,է): Հայտնաբերվել է նաև լավ պահպանված ցիանոբակտերիաների *Anabeana* sp. (նկ.4զ) և *Oscillatoria* sp. (նկ.4ե) տեսակներ:



Նկ.4. Փափկամարմիններով հարուստ միկրոբիալիթի նմուշ՝ ստրոմատոլիթային (շերտային) ստրուկտուրայով (ա), միկրոբիալիթների ընտրված շիֆների (դ, է, թ, ժ, լ) նկարները PPL - հարթ պոլարիզացիոն լույսի, XPL - խաչաձև պոլարիզացիոն լույսի տակ (բ, գ, ե, զ, թ, ի): Հապավումները. C-ցիանոբակտերիա, Ca-կալցիտ, M-փափկամարմիններ, O-օստրակոդ

Ցեմենտը ներկայացված է նուրբ բյուրեղային կալցիտով (նկ.4թ-լ), որտեղ առկա են հողմնահարված միներալներ, հազվադեպ հանդիպող քվարց, հրաբխային ապակի, լիմոնիտ: Շիֆներում ոչ միշտ է տեսանելի կառուցվածքը, սակայն ուսումնասիրված միկրոբիալիթները հիմնականում թրոմբոլիթային մեզոկառուցվածք ունեն (նկ.4 դ,ը):

Միկրոբիալիթների հիմնական էլեմենտների անալիզ

Ըստ քիմիական անալիզի արդյունքների բոլոր նմուշներում նկատվում են բարձր է CaO և CO_2 -ի պարունակությունները, SiO_2 0.5-0.8%, իսկ Դրախտիկ տեղամասի նմուշներում՝ 2.76-8.01%, Al_2O_3 0.5-2.86% (աղյուսակ 1): CO_2 -ի արժեքները տատանվում են 35.2-42.6%: TiO_2 և FeO , Fe_2O_3 արժեքները ցածր են բոլոր նմուշներում, իսկ Mg/Ca հարաբերակցությունը 0.02-0.07 արժեքներն ունեն: MgO արժեքները ամենաբարձրը Նորաշեն տեղամասի միկրոբիալիթներում են՝ 3.37-3.91%, որտեղ առկա են փափկամարմինների կտորներ:

Աղյուսակ 1

Նորաշեն, Լճափ, Դրախտիկ տեղամասերի միկրոբիալիթների հիմնական էլեմենտների քիմիական անալիզ*

Էլեմ. Նմ. №	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	CO_2	P_2O_5	MnO	Na_2O	K_2O	H_2O	n.n.n	Σ	Mg/Ca
MA01-20	0,58	1,23	0,07	0,02	0,25	51,5	1,81	40,5	0,136	-	0,17	0,05	0,21	3,59	100,1	0,03
MA02-20	0,54	0,75	0,08	0,04	0,22	51,2	2,04	41,8	0,185	0,01	0,15	0,1	0,24	2,75	100,1	0,03
MA03-20(1)	0,57	1,06	0,1	0,06	0,4	49,5	3,91	40,5	0,237	-	0,12	0,05	0,23	3,48	100,2	0,07
MA03-20(2)	0,6	1,33	0,03	0,08	0,3	49	3,77	41,4	0,257	-	0,13	0,02	0,2	3	100,1	0,06
MA03-20(3)	0,47	1,43	0,05	0,1	0,28	49,6	3,37	42,2	0,278	-	0,05	0,02	0,2	2,05	100,2	0,06
MA04-20(1)	1,08	0,57	0,03	0,19	0,28	52,4	1,44	41,8	0,276	0,01	0,1	0,05	0,27	1,51	100	0,02
MA04-20(2)	0,5	0,9	0,03	0,02	0,28	53,2	1,2	40,9	0,23	0,01	0,1	0,02	0,22	2,73	100,4	0,02
MA05-20(1)	0,64	0,67	0,02	0,09	0,28	52,5	1,72	40,9	0,276	0,01	0,1	-	0,35	2,79	100,4	0,03
MA05-20(2)	0,8	0,52	0,02	0,02	0,28	52,3	1,78	41,8	0,253	-	0,1	-	0,35	2	100,3	0,03
MA05-20(3)	0,82	0,76	0,04	0,08	0,56	51,7	1,75	40,5	0,299	0,01	0,14	-	0,4	3,23	100,3	0,03
ML21/1(1)	0,82	0,72	0,03	-	0,28	53,3	2,17	39,2	0,23	0,02	0,15	0,05	0,34	2,7	100	0,03
ML21/1(2)	0,55	0,75	0,03	-	0,28	53,5	1,88	40	0,25	0,02	0,14	0,02	0,35	2,68	100,4	0,03
ML21/1(3)	0,5	0,7	0,03	0,09	0,28	52,8	1,9	42,6	0,27	0,02	0,16	0,05	0,33	0,7	100,4	0,03
LM21-03a	2,76	1,37	0,05	0,01	0,28	49	1,83	38,1	0,59	0,03	0,2	0,05	0,43	5,35	100	0,03
LM21-03b	2,99	1,55	0,08	0,01	0,28	49,3	2,6	38,4	0,57	0,04	0,1	0,08	0,22	3,8	100	0,04
LM21-03c	8,01	2,86	0,17	0,08	0,56	45	2,51	35,2	0,78	0,06	0,25	0,2	0,36	3,98	100	0,05

*MA-Նորաշեն տեղամաս; ML-Լճափ տեղամաս; LM-դրախտիկ տեղամաս: «-» - չի հայտնաբերվել:

Եզրակացություն

Միկրոբիալիթները տարածված են Սևանի ավիամերձ այն հատվածներում, որտեղ առկա է պինդ հիմք՝ ցիանոբակտերիաների գաղութների զարգացման համար: Վերջիններս հատկապես տարածված են Սևանի արևմտյան հատվածի Լճաշեն-Լճափ և արևելյան հատվածի Արտանիշ-Դրախտիկ, Մեծ Սևանի Քանազեղ-Լանջաղբյուր հատվածներում, և ունեն գմբեթաձև, սրածայր (աշտարականման), սյունաձև, կեղևանման, ինչպես նաև բարձաձև կառուցվածք: Ըստ մեզոկառուցվածքի և պետրոգրաֆիական անալիզի այս ապարները իրենցից ներկայացնում են թրոմբոլիթային և ստրոմատոլիթային կառուցվածքով միկրոբիալիթներ՝ ձևավորված միկրոբգանիզմների կենսագործունեության և քիմիական ճանապարհով կարբոնատային նյութի նստեցման արդյունքում: Նմուշները կազմված են մանր բյուրեղային կալցիտից, տեղ-տեղ նկատվում են ջրիմուռների թաղանթների մնացորդներ կամ վերջիններիս կառուցվածքով դատարկություններ, որոնք նույնպես լցված են միկրիտային կալցիտով: Ցիանոբակտերիաների գործունեությունը փաստվում է նաև շլիֆներում վերջիններիս լավ պահպանված *Oscillatoria* sp. և *Anabaena* sp. Տեսակների առկայությամբ: Պետք է նշել, որ Սևանա լճի 2019թ.-ի հուլիսին և 2020 թ.-ի օգոստոսին ցիանոբակտերիաներով ծաղկման ժամանակ հայտնաբերվել են *Anabaena* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp. (Gevorgyan et al., 2020; Hambaryan et al., 2020) տեսակները:

Ըստ (Füchtbauer & Hardie, 1980)-ի փորձարկումների՝ ջրում Mg/Ca հարաբերությունը >2 դեպքում նստում է արագոնիտ և բարձր Mg կալցիտ, որտեղ կալցիտում $\text{Mg/Ca} > 0.04$ է, իսկ ջրում Mg/Ca հարաբերությունը <2 -ի դեպքում նստում է ցածր Mg կալցիտ (կալցիտում $\text{Mg/Ca} < 0.04$): Սևանի ավազանի միկրոբիալիթները կազմված են հիմնականում ցածր մագնեզիումային կալցիտից, որտեղ Mg/Ca հարաբերությունը < 0.04 ից, միայն MA03-20 նմուշում $\text{Mg/Ca} - 0.06-0.07$ է, իսկ LM21-03c - 0.05 , ինչը հավանաբար արագոնիտի առկայության մասին է վկայում: Ցածր մագնեզիալ կալցիտի կուտակումը հավանաբար պայմանավորված է ցիանոբակտերիաների, օստրակոդների մետաբոլիկ ակտիվությամբ (Gishcler et al., 2008): Մագնեզիումի պարունակության համեմատաբար բարձր արժեքներ ունեն այն նմուշները, որոնք պարունակում են փափկամարմինների մնացորդներ:

Շնորհակալություն: Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-1E147 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում: Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում գիտական ղեկավար Լիլիթ Սահակյանին մշտական խորհրդատվության համար, CARPS սուզորդական ընկերու-

թյան սուզորդներ՝ Վահե Մելքոնյանին և Արա Ավագյանին ստորջրյա նմուշարկման համար:

Գրականություն

- Զրբաշյան Ռ.Տ.** 2013. Հրաբխագիտության հիմունքները և Հայաստանի նորագույն հրաբխականությունը: Երևան, ՀՀ ԳԱԱ «ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ» հրատարակչություն, 120 էջ:
- Карапетян К.Н.** 1973. Вулканы Гегамского нагорья. В книге "Новейший вулканизм некоторых районов Армянской ССР". Издательство Академии Наук АрмССР, Ереван, с.5-62.
- Киреев И.А.** 1933. Гидрографические работы на озере Севан. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна. ч V, Л: 130с.
- Коллектив авторов.** 1994. Геология Севана. Изд. АН РА, Институт геологических Наук, Ереван, 181с.
- Саркисян С.Г.** 1962. Петрографо-минералогические исследования бассейна озера Севан. Издательство Академии Наук АрмССР, Ереван, 154с.
- Саркисян О.А.** 1973. Геологическое строение и история тектонического развития Севано-Ширакского синклиория. Автореферат докторской диссертации, Ереван. 53с.
- Саядян Ю.В.** 2009. Новейшая геологическая история Армении "Титутюн", Ереван, 357с.
- Aitken J.D.** 1967. Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites with illustrations from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 37, p.1163–1178.
- Allwood A.C., Walter M.R., Kamber B.S., Marshall C.P. and Burch I.W.** 2006. Stromatolite reef from Early Archaean era of Australia. *Nature*, v. 441, p.714-718.
- Avagyan A.** 2001. Estimation of the slip rates and the recurrence intervals of strong earthquakes on the fault system of Pambak-Sevan-Sunik (Armenia): Segmentation and relation with volcanic activity. PhD Thesis, Montpellier II University, France, 246p.
- Bartley J.K., Kah L.C., Frank T.D., Lyons T.W.** 2015. Deep-water microbialites of the Mesoproterozoic Dismal Lakes Group: microbial growth, lithification, and implications for coniform stromatolites. *Geobiology*. v. 13(1), p.15-32.
- Bose S. and Chafetz H.S.** 2011. Morphology and distribution of MISS: a comparison between modern siliciclastic and carbonate settings, in *Microbial mats in siliciclastic depositional systems through time* edited by N. Noffke and H.S. Chafetz: Society for Sedimentary Geology, Special Publication v. 101, p.3–14.
- Braga J.C., Martin J.M. and Riding R.** 1995. Controls on microbial dome fabric development along a carbonate-siliciclastic shelf-basin transect, Miocene, SE Spain. *PALAIOS*, v. 1, p.347–361.
- Burne R.V. and Moore L.S.** 1987. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios* 2, p.241-254.
- Cady S.L., Farmer J.D., Grotzinger J.P., Schopf J.W. and Steele A.** 2003. Morphological biosignatures and the search for life on Mars. *Astrobiology* v. 3, p.351-368.
- Colombie C., Bosc N., Joannin S., Martignier A., Schuster M., Pons-Branchu E., Sahakyan L.** 2021. Formation and early diagenesis of cold and freshwater terrestrial carbonates (Lake Sevan, Armenia). *Perspectives en géologie des carbonates" de la Réunion des Sciences de la Terre (RST) 01-05/11.*
- Des Marais D.J., Nuth J.A., Allamandola L.J., Boss A.P., Farmer J.D., Hoehler T.M., Jakosky B.M., Meadows V.S., Pohorille A., Runnegar B., Spormann A.M.** 2008. The NASA astrobiology roadmap. *Astrobiology* v. 8, p.715-730.
- Dupraz C., Reid R. P., Braissant O., Decho A.W., Norman R. S., Visscher P. T.** 2009. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. *Earth-Science Reviews*, v.96 (3), p.141-162.
- Dupraz C. and Strasser A.** 1999. Microbialites and microencrusts in shallow coral bioherms (Middle to Late Oxfordian, Swiss Jura mountains). *Facies*, v. 4, p.101–129.
- Füchtbauer H. and Hardie L.A.** 1980. Comparison of experimental and natural magnesian calcites, *International Association of Sedimentologists*, Bochum, p.167–169.
- Galoyan G.** 2008. Etudes pétrologiques, géochimiques et géochronologiques des ophiolites du Petit Caucase (Arménie). These de Docteur en Sciences de l'Université de Nice-Sophia Antipolis. 287p.

- Gevorgyan G., Rinke K., Schultze M., Mamyan A., Kuzmin A., Belykh O., Sorokovikova E., Hayrapetyan A., Hovsepyan A., Khachikyan T., Aghayan S., Fedorova G., Krasnopeev A., Potapov S., Tikhonova I.** 2020. First report about toxic cyanobacterial bloom occurrence in Lake Sevan, Armenia. *International Review of Hydrobiology* v. 105 p.131-142.
- Grey K. and Awramik S.M.** 2020. Handbook for the study and description of microbialites: Geological Survey of Western Australia, Bulletin v. 147, 278p.
- Grey K. and Planavsky N.J.** 2009. Microbialites of Lake Thetis, Cervantes, Western Australia a field guide. Geological Survey of Western Australia, Record 2009/11, 21p.
- Grotzinger J.P. and Knoll A.H.** 1999. Stromatolites in Precambrian carbonates: evolutionary mileposts or environmental dipsticks? *Annual Reviews Earth Planetary Sciences*, v. 27, p.313-358.
- Hambaryan L., Stepanyan L., Mikaelyan M., Gyurgyan Q.** 2020. The bloom and toxicity of cyanobacteria in lake Sevan. *Proceedings of Yerevan State University Chemistry and biology*, v. 54(2), p.168-176.
- Howell J., Woo J. and Choug S.K.** 2011. Dendroid morphology and growth patterns: 3-D computed tomographic reconstruction: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 299, p.335–347.
- Ibarra Y., Corsetti F.A., Greene S.E. and Bottjer D.J.** 2014. Microfacies of the Cotham Marble: a tubestone carbonate microbialite from the Upper Triassic, Southwestern UK: *PALAIOS*, v. 29, p.1–15.
- Kah L.C. and Grotzinger J.P.** 1992. Early Proterozoic (1.9 Ga) thrombolites of the Rocknest Formation, Northwest Territories, Canada: *PALAIOS*, v. 7, p.305–315.
- Kalkowsky E.** 1908. Oolith und Stromatolith im nord deutschen Buntsandstein: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, v. 60, p.68–125.
- Karakhanian A.S., Trifonov V.G., Philip H., Avagian A., Hessami K., Jamali F., Bayraktutan S.M., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V.** 2004. Active Faulting and Natural Hazards in Armenia, Eastern Turkey and North-western Iran. *Tectonophysics*, v. 380, p.189– 219.
- Kennard J.M.** 1994. Thrombolites and stromatolites within shalecarbonate cycles, Middle-Late Cambrian Shannon Formation, Amadeus Basin, central Australia, in *Phanerozoic stromatolites II* edited by J Bertrand-Sarfati and CLV Monty: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, p. 443–471.
- Kennard J.M., James N.P.** 1986. Thrombolites and stromatolites: two distinct types of microbial structures: *PALAIOS*, v. 1, p.492–503.
- Noffke N., Gerdes G., Klenke T. and Krumbein W.E.** 1996. Microbially induced sedimentary structures – examples from modern sediments of siliciclastic tidal flats: *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*, 1995, p.307–316.
- Noffke N., Gerdes G., Klenke T., Krumbein W. E.** 2001. Microbially Induced Sedimentary Structures: A New Category within the Classification of Primary Sedimentary Structures. *Journal of Sedimentary Research*, v. 71 (5), p.649–656.
- Nutman A.P., Bennett V.C., Friend C.R.L., Van Kranendonk M.J. and Chivas A.R.** 2016. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature* v.537, p.535-538.
- Peters S.E., Husson J.M. and Wilcots J.** 2017. The rise and fall of stromatolites in shallow marine environments. *Geology* v. 45, p.487-490.
- Playford P.E., Cockbain A.E., Berry P.F., Roberts A.P., Haines P.W. and Brooke B.P.** 2013. The Geology of Shark Bay: Geological Survey of Western Australia, Bulletin v. 146, 281p.
- Pratt B.R. and James N.P.** 1982. Cryptalgal-metazoan bioherms of Early Ordovician age in the St. George Group, western Newfoundland: *Sedimentology*, v. 29, p.543–569.
- Reid R.P., James N.P., Macintyre I.G., Dupraz C.P. and Burne R.V.** 2003. Shark Bay stromatolites: microfabrics and reinterpretation of origins: *Facies*, v. 49, p.299–324.
- Riding R.** 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, v. 47, p.179-214.
- Riding R.** 2011a. Microbialites, stromatolites, and thrombolites, in *Encyclopedia of geobiology* edited by J. Reitner and V. Thiel: *Encyclopedia of Earth Sciences Series*; Springer, Heidelberg, p.635– 654.
- Riding R.** 2011b. The nature of stromatolites: 3,500 million years of history and a century of research, in *Advances in stromatolite geobiology* edited by J. Reitner, N-V Quéric and G. Arp: *Lecture Notes in Earth Sciences 131*, Springer, Heidelberg, p.29–74.

- Riding R.** 1988. Classification of microbial carbonates: 6th International Coral Reef Symposium, Benthic Microbes and Reefs, Discussion section, Abstracts, Townsville, Australia, p.5.
- Riding R.** 1989. Classification of microbial carbonates, in 6th International Coral Reef Symposium, Benthic Microbes and Reefs edited by RV Burne and J Hansen: Abstracts, Bureau of Mineral Resources, Record 1989–17, p.10–11.
- Riding R.** 1991. Classification of microbial carbonates, in Calcareous algae and stromatolites edited by R Riding: Springer-Verlag, Berlin, p.21–51.
- Sahakyan L., Avagyan A., Colombie C., Joannin S., Sahakyan K.** 2019. Microbialites (Sevanites) in a high-altitude Sevan Lake. International conference museums of natural sciences as a factor of geotourism development, 15-18 October, p.20-22.
- Schopf J., Kudryavtsev A., Gzaja A., Tripathi A.** 2007. Evidence of Archean life: stromatolites and microfossils. *Precambrian Res.*, v.158, issues 3-4, p141-155.
- Shapiro R.S.** 2000. A comment on the systematic confusion of thrombolites: *PALAIOS*, v. 15, p.166–169.
- Suosaari E.P., Reid R.P., Playford P.E., Foster J.S., Stolz J.F., Casaburi G., Hagan P.D., Chirayath V., Macintyre I.G., Planavsky N.J. and Eberli G.P.** 2016. New multi-scale perspectives on the stromatolites of Shark Bay, Western Australia: *Scientific Reports*, v. 6, p.1–13.
- Theisen H.C. and Sumner D.Y.** 2016. Thrombolite fabrics and origins: influences of diverse microbial and metazoan processes on Cambrian thrombolite variability in the Great Basin, California and Nevada: *Sedimentology*, v. 63, p.2217–2252.

МИКРОБИАЛИТЫ ОЗЕРА СЕВАН

**Сукиасян А.
Резюме**

В результате геологических исследований в прибрежной и подводной частях озера Севан обнаружены куполообразные образования пород, которые можно рассматривать как микробиалиты строматолитовой и тромболитовой структур. Микробиалиты образовались в результате деятельности цианобактерий, ископаемых остатков и отложения карбонатного материала. В шлифах микробиалитов обнаружены фрагменты моллюсков, остракод, а также следы цианобактерий и хорошо сохранившиеся виды *Oscillatoria* sp. и *Anabeana* sp.. Микробиалиты сложены в основном низкомагнезиальным кальцитом, где соотношение $Mg/Ca > 0.04$. Высокое содержание магния отмечается в пробах, где присутствуют частицы раковин моллюсков.

MICROBIALITES OF LAKE SEVAN

**Sukiasyan A.
Abstract**

According to petrographic studies and mesostructure of dome shaped rocks found in the coastal and underwater part of Lake Sevan are classified as microbialites with stromatolite and thrombolite texture. Microbialites were formed as a result of the activity of cyanobacteria, fossil remains, and the precipitation of carbonate material. Mollusk shells, ostracods, as well as cyanobacteria traces and well-preserved species *Oscillatoria* sp., *Anabeana* sp. have been found in the microbialite's thin sections. Microbialites are composed mainly of low-magnesium calcite, with a Mg/Ca ratio > 0.04 . The magnesium content is high in samples containing particles of mollusk shells.