

ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ  
ՀՀ ԳԱԱ մոլեկուլային կենսաբանության  
ինստիտուտի տնօրեն՝



Ա. Առաքելյան  
«03» հոկտեմբերի 2022 թ.

### ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Հովիկ Հարությունի Փանոսյանի «Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի երկրաջերմային աղբյուրների մանրէների բազմազանությունը, կենսաբանական առանձնահատկություններն ու կենսատեխնոլոգիական ներուժը» թեմայով Գ.00.07 «Միկրոբիոլոգիա. կենսատեխնոլոգիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման համար ներկայացված ատենախոսության վերաբերյալ

Ատենախոսությունն ամփոփում է Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի երկրաջերմային աղբյուրների մանրէների համակեցությունների բազմակողմանի բնութագրմանը նվիրված երկար տարիների աշխատանքի արդյունքները:

#### Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը:

Թերմոֆիլ մանրէների կենսաբազմազանության, նյութափոխանակության և երկրաքիմիական գործունեության ուսումնասիրությունն արդիական ուղղություն է, որը վերելք ապրեց դարասկզբին և այժմ էլ մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում: Բնական էկոհամակարգերի մետաբենոմային վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս բնութագրել մանրէների համայնքների կազմը և ֆունկցիոնալ հնարավորությունները, ինչը, մանրէների նոր տեսակների ներկայացուցիչների (այդ թվում չկուլտիվացվող) գենոմի վերլուծության հետ մեկտեղ, կարևոր ներդրում է հիմնարար գիտության մեջ: Նշված բնագավառում աշխատանքները մեծ գործնական նշանակություն ունեն, քանի որ նպաստում են կենսատեխնոլոգիայի ոլորտում բազմաթիվ կիրառումների (սննդամթերք, տեքստիլ արդյունաբերություն, լվացող միջոցների արտադրություն և այլն) համար ջերմակայուն ֆերմենտների հեռանկարային շտամ-արտադրիչների հայտնաբերմանը և կուլտիվացման եղանակների մշակմանը: Կարևոր նշանակություն է տրվում նաև թերմոֆիլ մանրէների մանրակրկիտ բնութագրված նոր հավաքածուների ստեղծմանը և պահպանմանը:

Հարկ է նշել ատենախոսական աշխատանքի կարևոր հիմնարար նշանակությունը, քանզի հայտնի է, որ տարբեր երկրաջերմային աղբյուրները բնակեցված են յուրահատուկ մանրէային համակեցություններով, որոնք հաճախ պարունակում են գիտությանն անհայտ տեսակներ:

Հարկ է նշել նաև ներկայացված ատենախոսական աշխատանքի արդիականությունը՝ կապված կենսատեխնոլոգիական առումով խոստումնալից շտամների հայտնաբերման և բնութագրման հետ, ինչը կարևոր է գործնական նշանակություն ունեցող հետագա մշակումների համար:

Հետազոտության գիտական նորույթ:

Առաջին անգամ բնութագրվել է Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի տարածքում գտնվող 9 երկրաջերմային աղբյուրների մանրէների համակեցությունների որակական և քանակական կազմը՝ մոլեկուլային մեթոդների կիրառմամբ: Բնութագրվել են նաև հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրներում միկրոբիոտայի գերակշռող թերմոֆիլ մանրէների տարածվածության առանձնահատկությունները: Բացահայտվել է որոշ մանրէների դերը կենսածին տարրերի կենսասերկրաքիմիական շրջապտույտի մեջ:

Աշխատանքի արժեքավոր արդյունքներից է թերմոֆիլ և թերմոտոլերանտ մանրէների 114 կուլտուրաներ պարունակող հավաքածուի ստեղծումը, որն, անկասկած, մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում հիմնարար գիտական հետազոտությունների, ինչպես նաև կենսատեխնոլոգիայի ոլորտում աշխատանքների համար:

Հայտնաբերվել և մանրակրկիտ բնութագրվել է *Anoxybacillus* ցեղին պատկանող բակտերիայի նոր տեսակ՝ *Anoxybacillus karvacharensis* sp. nov., որի տիպային շտամն է հանդիսանում Քարվաճառի երկրաջերմային աղբյուրից անջատված բարձր ամիլազային ակտիվություն ցուցաբերող *A. karvacharensis* sp. nov. strain K1<sup>T</sup> (=DSM 106524<sup>T</sup> =KCTC 15807<sup>T</sup>; GenBank: MQAD00000000) շտամը:

Հայտնաբերվել է նաև *Methylococcaceae* ընտանիքին պատկանող աերոբ մեթանատրոֆ բակտերիայի նոր տեսակ, որի ներկայացուցիչն է Ախուրիկի երկրաջերմային աղբյուրից անջատված AK-K6 շտամը:

Բացահայտվել է վերը նշված երկրաջերմային աղբյուրներում նիտրիտօքսիդացնող թերմոֆիլ մանրէների բարձր ( $\geq 97\%$ ) նմանություն *Nitrospira calida* և *N. moscoviensis* տեսակներին:

Կատարված աշխատանքների շնորհիվ հայտնաբերվել են ջերմակայուն հիդրոլազների (ամիլազների, լիպազների, պրոտեազների) և էկզոպոլիսախարիդների հեռանկարային շտամ-արտադրիչներ, որոնց համար օպտիմիզացվել են աճի և վերջնանյութի առավելագույն ելքի պայմանները: Արզականի երկրաջերմային աղբյուրից մեկուսացված թերմոֆիլ *Geobacillus thermodenitrificans* ArzA-6 և

*Parageobacillus toebii* ArzA-8 շտամների կիրառմամբ ստացվել են բարձր մոլեկուլային զանգվածով էկզոպոլիսախարիդներ և որոշվել են դրանց առավելագույն ելքին նպաստող պայմանները:

Բացահայտվել է թերմոֆիլ բացիլների ջերմային սթրեսին հակազդելու ունակության կապակցվածությունը թաղանթային լիպիդներում գլիկոլիպիդների պարունակության բարձրացման և բարձր հալման կետեր ունեցող իզո ճյուղավորված հագեցած երկարաշղթա ճարպաթթուների գերակշռության հետ:

Հայտնաբերվել է, որ բացիլների ֆիլոգենեզում, ինչպես նաև թերմոֆիլիայի մեխանիզմում կարևոր դեր են խաղում փ-ՌՆԹ-ի նուկլեոզիդների որակական և քանակական կազմի փոփոխությունները: Առաջարկվել է օբլիգատ և չափավոր թերմոֆիլ բացիլների տարբերակման նոր վարկած, որը հիմնված է փ-ՌՆԹ-ի որոշակի ձևափոխությունների որակական և քանակական վերլուծության վրա:

Ատենախոսության բովանդակությունը, ստացված արդյունքների և եզրահանգումների գնահատականը:

Ատենախոսական աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 288 էջ՝ ներառյալ 61 նկար, 35 աղյուսակ և 4 հավելված: Օգտագործված գրականության ցանկը պարունակում է 426 աշխատություն:

Ներածության բաժնում հանգամանորեն հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են աշխատանքի նպատակն ու խնդիրները, գիտական նորույթը և գործնական նշանակությունը:

«Գրականության ակնարկ» բաժինը բաղկացած է 3 հիմնական ենթակետերից, որտեղ հակիրճ, սակայն սպառիչ կերպով ներկայացված են հետազոտությունների բնագավառի վերաբերյալ ժամանակակից պատկերացումները և աշխատանքների արդի վիճակի վերլուծությունը:

Հետազոտության օբյեկտները, նյութերը և մեթոդները ներկայացնող գլուխը ծավալուն է՝ կազմելով 40 էջ, սակայն պարունակում է հիմնականում անհրաժեշտ տեղեկություններ:

Աշխատանքի արդյունքների ներկայացմանը և քննարկմանը նվիրված բաժինը ներառում է 6 գլուխ:

Բաժինը բացվում է Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի տարածքում գտնվող 9 երկրաջերմային աղբյուրների ֆիզիկաքիմիական հատկությունների բնութագրմամբ: Այնուհետև ներկայացված են Ջերմուկի, Արզականի և Լեռնային Ղարաբաղի օկուպացված տարածքում գտնվող Քարվաճառի երկրաջերմային աղբյուրների մանրէային համակեցությունների հետազոտությունների արդյունքները, որոնք ձեռք են բերվել մանրէների աճեցումից անկախ մեթոդների կիրառմամբ: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ հայտնաբերված մանրէների մեծամասնությունը

նմանություն է ցուցաբերել չկուլտիվացվող բակտերիաների ֆիլտրիպերի հետ և ներկայացված է նոր տեսակներով: Բնութագրվել են հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրների միկրոբիոտայի առանձնահատկությունները և ցույց է տրվել, որ այդ աղբյուրները բնակեցված են յուրահատուկ համակեցություններով: Մասնավորապես, հայտնաբերվել է, որ Քարվաճառի երկրաջերմային աղբյուրի միկրոբիոտայի կազմում գերակշռել են *Geobacillus* ցեղին պատկանող բակտերիաները և դիտվել է բակտերիաների համեմատաբար ցածր տեսակային բազմազանություն, ինչը հավանաբար պայմանավորված է եղել աղբյուրի բարձր ջերմաստիճանով և այլ ֆիզիկաքիմիական հատկություններով: Բնութագրվել են նաև հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրների մանրէային համակեցությունների կազմում հայտնաբերված արքեաների բազմազանությունն ու տարածվածությունը: Բացահայտվել են նոր արքեային ֆիլտրիպեր և նշվել է, որ հայտնաբերված արքեաների զգալի մասը պատկանում է արքեաների հայտնի ցեղերին: Հայտնաբերվել է, որ հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրների միկրոբիոտայի կազմում արքեաների ներկայացուցչությունը 1%-ից ցածր է եղել, ընդ որում, արքեային համակեցությունների մեծ բազմազանություն չի դիտվել: Քննարկվել է միկրոբիոտայի կազմում հայտնաբերված որոշ մանրէների դերը կենսածին տարրերի կենսաերկրաքիմիական շրջապտույտի մեջ:

Կարևոր նշանակություն ունեն հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրների ջրի և նստվածքների նմուշներից կուլտիվացվող մանրէների մեկուսացմանն ու բնութագրմանը նվիրված հետազոտությունների արդյունքները: Գնահատվել է մեկուսացված մանրէների շարքում բակտերիաների ցեղերի ու տեսակների տարածվածությունը և ստացված արդյունքները համեմատվել են այլ տարածաշրջաններում գտնվող երկրաջերմային աղբյուրների համապատասխան տվյալների հետ: Բնութագրվել են որոշ մեկուսացված թերմոֆիլ բացիլների կուլտուրաների ֆենոտիպային հատկանիշները: Կառուցվել են առավել տարածված ցեղերին պատկանող մեկուսացված կուլտուրաների և համապատասխան հղումային շտամների էվոլյուցիոն հեռավորությունն արտացոլող ֆիլոգենետիկական ծառեր: Ապացուցվել է, որ Քարվաճառի երկրաջերմային աղբյուրից մեկուսացված և բազմակողմանի բնութագրված (այդ թվում և ամբողջական գենոմի վերլուծությամբ) K1 կուլտուրան հանդիսանում է *Anoxybacillus* ցեղի *A. karvacharensis* sp. nov. նոր տեսակի ներկայացուցիչ, որը, որպես տիպային շտամ, հաջողվել է անվանակոչել *A. karvacharensis* sp. nov. strain K1<sup>T</sup>: Ուսումնասիրվել և քննարկվել է երկրաջերմային աղբյուրներից մեկուսացված թերմոֆիլ բացիլների՝ որպես հիդրոլազների արտադրիչների, ներուժը: Ընդհանուր առմամբ, հայտնաբերվել է արտաբջջային հիդրոլիտիկ ֆերմենտների ամբողջ հավաքակազմն արտադրելու ունակություն ցուցաբերող թերմոֆիլ բացիլների 22 շտամ: Ախտիկի և Տաթևի երկրաջերմային

աղբյուրներից մեկուսացվել են *Thermoactinomyces* ցեղին պատկանող երկու կուլտուրաներ, որոնք բնութագրվել են ըստ ֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական հատկանիշների՝ ներառյալ հիդրոլիտիկ ակտիվությունը: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ երկրաջերմային աղբյուրներից մեկուսացված թերմոֆիլ բացիլների և թերմոակտինոմիցետների շտամները կարող են ծառայել որպես ջերմակայուն հիդրոլազների և էկզոպոլիսախարիդների հեռանկարային արտադրիչներ: Քարվաճառի երկրաջերմային աղբյուրից մեկուսացվել և բնութագրվել է *Thermus* ցեղին պատկանող բակտերիաների կուլտուրա՝ K1 (Karvachar-1), որի պատկանելությունը *T. scotoductus* տեսակին որոշվել է ամբողջական գենոմի վերլուծությամբ (GenBank: LJJR00000000): Հայտնաբերվել է, որ *T. scotoductus* K-1 շտամը ջերմակայուն ԴՆԹ պոլիմերազի ակտիվ արտադրիչ է: Մեկուսացվել և նույնականացվել են երկու մեթանատրոֆ բակտերիաների կուլտուրաներ՝ *Methylocaldum* ցեղին պատկանող *M. sp.* Arz-AM-1 և *Methylococcaceae* ընտանիքին պատկանող AK-K6: Ցույց է տրվել, որ վերջինս ներկայացնում է *Methylococcaceae* ընտանիքի նոր տեսակ, և հաստատվել է նշված շտամի էվրիթերմ բնույթը: Ջերմուկի երկրաջերմային աղբյուրի ջրատղմային նմուշից ստացվել է նիտրոօքսիդացնող բակտերիաների կուտակիչ կուլտուրա, որի կազմում գերակշռել են *Nitrospira calida* և *N. moscoviensis* տեսակների բակտերիաները: Հաստատվել է բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում այդ մանրէների կարևոր դերը ազոտի կենսատրոֆիկացման շրջապտույտի մեջ: Արզականի աղբյուրի նմուշներից ստացվել է անաերոբ մանրէների կուտակիչ կուլտուրա, որից մեկուսացվել և նույնականացվել է *Epsilonproteobacteria* ֆիլումին պատկանող *Arcobacter* տեսակի Arz-ANA-2 կուլտուրա: Երկրաջերմային աղբյուրներից ստացվել և ուսումնասիրվել են նաև մեթանագեն արքեաների կուտակիչ կուլտուրաներ: Մասնավորապես, մեկուսացվել ու բնութագրվել է նոր տեսակին պատկանող Arz-ArchMG-1 հիդրոգենոտրոֆ մեթանագեն արքեային կուլտուրա: Կատարված աշխատանքների շնորհիվ ստեղծվել է Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի տարածքում գտնվող երկրաջերմային աղբյուրներից մեկուսացված թերմոֆիլ և թերմոտոլերանտ մանրէների 114 կուլտուրաներ պարունակող աննախադեպ հավաքածու:

Քննարկվել է հետազոտված երկրաջերմային աղբյուրների մանրէների համակեցությունների դերը կենսածին տարրերի կենսատրոֆիկացման շրջապտույտի մեջ, ինչպես նաև հարմարվողականության ներուժը՝ էկոլոգիական տարբեր գործոնների պարագայում: Նշվել է հայկական երկրաջերմային աղբյուրների և որոշ այլ բարձր լեռնային երկրաջերմային աղբյուրների միկրոբիոտայի նմանությունը, ինչը վկայում է մանրէների համակեցությունների ձևավորման համար կենսաաշխարհագրական գործոնների կարևոր դերի մասին:

Մեկուսացված կուլտուրաների հավաքածուից ընտրվել են *G. thermodenitrificans* ArzA-6 և *P. toebii* ArzA-8 շտամները՝ որպես էկզոպոլիսախարիդների ակտիվ արտադրիչներ: Բնութագրվել են այդ շտամների կենսազանգվածի և էկզոպոլիսախարիդների ելքի առավելագույն արժեքներին նպաստող աճեցման պայմանները: Բնութագրվել է նաև նշված մանրէներից անջատված և մաքրված էկզոպոլիսախարիդների կառուցվածքը, ինչը կարևոր նշանակություն ունի կենսատեխնոլոգիայի և բժշկության ոլորտներում հնարավոր կիրառությունների համար: Ստացված արդյունքների հիման վրա *G. thermodenitrificans* ArzA-6 և *P. toebii* ArzA-8 շտամներն առաջարկվել են որպես բարձր մոլեկուլային զանգվածով հետերոպոլիսախարիդային էկզոպոլիսախարիդների հեռանկարային թերմոֆիլ շտամ-արտադրիչներ:

Բնութագրվել է Արզականի երկրաջերմային աղբյուրների նմուշներից մեկուսացված *Geobacillus* և *Parageobacillus* ցեղերին պատկանող 4 թերմոֆիլ բացիլների թաղանթային լիպիդների պարունակությունն ու պրոֆիլը, ինչպես նաև ճարպաթթուների որակական և քանակական կազմը: Պարզաբանվել է գլիկոլիպիդների պարունակության և բարձր հալման կետեր ունեցող իզոճյուղավորված հագեցած երկարաշղթա ճարպաթթուների կապը հետազոտված թերմոֆիլ բացիլների ջերմային սթրեսին հակազդելու ունակության հետ:

Հետազոտվել է երկրաջերմային աղբյուրներից մեկուսացված բացիլների տարբեր ցեղերին պատկանող 13 տեսակների օբլիգատ և չափավոր թերմոֆիլ շտամների փ-ՌՆԹ-ների նուկլեոզիդների ձևափոխությունների որակական ու քանակական կազմը, ինչպես նաև դերը թերմոֆիլիայի մեխանիզմում: Ցույց է տրվել, որ, ըստ նշված կազմի հայտնաբերված առանձնահատկությունների, հետազոտված բացիլային ցեղերը և տեսակները հստակ տարբերակվում են: Հաստատվել է, որ օբլիգատ թերմոֆիլ բացիլներին բնորոշ է փ-ՌՆԹ-ի Gm և ms<sup>2</sup>i<sup>6</sup>A ձևափոխությունների տարածված լինելը, մինչդեռ չափավոր թերմոֆիլ բացիլների մոտ տարածված է i<sup>6</sup>A ձևափոխությունը: Հայտնաբերված առանձնահատկությունների հիման վրա առաջարկվել է նոր վարկած՝ օբլիգատ և չափավոր թերմոֆիլ բացիլների տարբերակման համար:

Աշխատանքում կիրառված արդի գիտամեթոդական մոտեցումները երաշխավորում են ստացված արդյունքների հավաստիությունը, իսկ եզրակացությունները տրամաբանորեն բխում են փորձերի արդյունքներից և բազմակողմանի հիմնավորված են:

Ատենախոսության մեջ ներկայացված ծավալուն արդյունքներն ամբողջությամբ արտացոլված են 2006-2022 թվականներին հրատարակված աշխատություններում, որոնց թվում 9 հոդվածներ տպագրվել են «Scimago Journal & Country Ranking (SJR)»-ում ամսագրերի դասակարգման առաջին կամ երկրորդ քառորդում (Q1 կամ Q2)

ընդգրկված ամսագրերում: Թեզուս ներկայացված արդյունքները տպագրվել են նաև բազմաթիվ միջազգային գիտաժողովների նյութերում:

Ամփոփելով, հարկ է նշել, որ ներկայացված ատենախոսական աշխատանքը հանդիսանում է իր բնագավառում բարձր մակարդակով կատարված եզակի ուսումնասիրություն, որը լավ ուղեցույց է ողջ Կովկասյան տարածաշրջանում տվյալ ուղղությամբ աշխատանքների հետագա զարգացման համար:

Ատենախոսության գործնական արժեքը:

Ստացված տվյալները կարող են օգտագործվել մանրէների չկուլտիվացվող, ինչպես նաև դեռևս անհայտ տեսակների աճեցմանն ուղղված նոր մոտեցումների մշակման համար:

Աշխատանքների շնորհիվ հիմնադրված թերմոֆիլ մանրէների 114 կուլտուրաներ պարունակող հավաքածուն կարող է օգտագործվել կենսատեխնոլոգիայի բնագավառում՝ բարձրակտիվ միացություններ, ջերմակայուն ֆերմենտներ և բարձր մոլեկուլային զանգվածով էկզոպոլիսախարիդներ արտադրող շտամների ընտրության համար:

Փ-ՌԼԹ-ների որոշ ձևափոխությունների որակական ու քանակական կազմի վերլուծության հիման վրա առաջարկված վարկածը կարող է կիրառվել օբլիգատ և չափավոր թերմոֆիլ բացիլների տարբերակման համար:

Սեղմագրի համապատասխանությունը ատենախոսության հիմնական դրույթներին:

Սեղմագիրն արտացոլում է ատենախոսության հիմնական դրույթներն ու եզրահանգումները, արդյունքների նորությունը և կիրառական նշանակությունը:

Հարկ է նշել, որ աշխատանքի վերաբերյալ սկզբունքային դիտողություններ չկան: Առկա են տեխնիկական բնույթի որոշ վրիպումներ, օրինակ. ատենախոսության նկար 54-ի և սեղմագրի համապատասխան նկար 14-ի բացատրությունում առկա է անճշտություն, կան նաև որոշ տպագրական տառասխալներ, որոնց թվում է սեղմագրի մեջ որոշ դեպքերում *P. toebii* փոխարեն տպված *G. toebii* անվանումը:

Աշխատանքի հետ կապված ցանկությունների շարքում կարելի է նշել, որ հետաքրքիր կլինեն Ջերմուկի երկրաջերմային աղբյուրի նմուշներից անջատված 16S ռ-ՌԼԹ գեների հիմքով կառուցված բակտերիական կլոնային գենադարանի վերլուծությունը և համեմատությունը Արզականի երկրաջերմային աղբյուրի համապատասխան տվյալների հետ:

Եզրակացություն: Վերը նշվածը հիմք է տալիս եզրակացնելու, որ Հովիկ Հարությունի Փանոսյանի կողմից ներկայացված «Հայաստանի և Լեռնային Ղարաբաղի երկրաջերմային աղբյուրների մանրէների բազմազանությունը, կենսաբանական առանձնահատկություններն ու կենսատեխնոլոգիական ներուժը» թեմայով դոկտորական ատենախոսական աշխատանքը հիմնավոր և ավարտուն աշխատություն է, որը կարող է գնահատվել իբրև էական նվաճում գիտության տվյալ բնագավառում: Այն լիովին համապատասխանում է ՀՀ-ում գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 8-րդ կետով դոկտորական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակն արժանի է Գ.00.07 - «Միկրոբիոլոգիա. կենսատեխնոլոգիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ատենախոսական աշխատանքը քննարկվել է և կարծիքը հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ մոլեկուլային կենսաբանության ինստիտուտի գիտխորհրդի նիստում (արձանագրություն թիվ 11, 03 հոկտեմբերի 2022 թ.):

Նիստը նախագահում էր ՄԿԻ գիտխորհրդի նախագահ՝ կ.գ.դ. Ա. Առաքելյանը, նիստի քարտուղար՝ կ.գ.թ. Զ. Խաչատրյան: Նիստին մասնակցում էին ՄԿԻ գիտխորհրդի անդամներ՝ կ.գ.թ. Ն. Բաբայան, կ.գ.դ. Լ. Եպիսկոպոսյան, կ.գ.թ. Ռ. Զախարյան, կ.գ.թ. Հ. Զաքարյան, կ.գ.դ. Ե. Կարալովա, կ.գ.դ. Կ. Մայիլյան, կ.գ.թ. Գ. Մանուկյան, կ.գ.թ. Գ. Մկրտչյան, կ.գ.թ. Ա. Սեդրակյան, կ.գ.թ. Վ. Վարդանյան, կ.գ.թ. Գ. Առաքելով, Ս. Հակոբյան:

Մարդու գենոմիկայի լաբորատորիայի վարիչ՝  
կ.գ.դ. Ա. Առաքելյան

Մանրէների գենոմիկայի լաբորատորիայի վարիչ՝  
կ.գ.թ. Ա. Սեդրակյան

կ.գ.դ. Ա.Առաքելյանի և կ.գ.թ. Ա.Սեդրակյանի ստորագրությունները հաստատում են՝  
ՀՀ ԳԱԱ ՄԿԻ գիտքարտուղար, կ.գ.թ. Զ. Խաչատրյան

