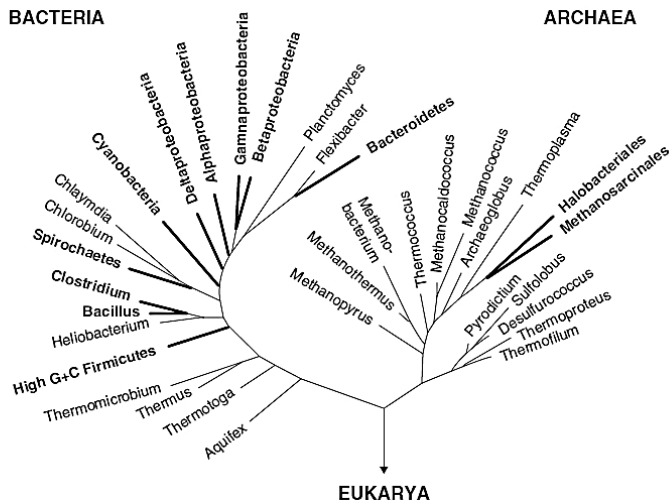


ՀԱՆՈՖԻԼ ՄԱՆՐԷՆԵՐԻ ԿԵՆՍԱԲԱԶՄԱԶԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅՈՒՄ ԴՐԱՆՑ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

Յ. Յ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ

*Կենսաբանական գիտությունների թեկնածու,
դոցենտ, ԳՊՀ պրոֆեսոր,
ԳՊՀ կենսաբանության, էկոլոգիայի և
առողջ ապրելակերպի ամբիոն,
ԵՊՀ մանրէաբանության, մանրէների և բույսերի կենսատեխնոլոգիայի
ամբիոն*

Աղասեր (հալոֆիլ) մանրէները հայտնաբերվում են կենդանի օրգանիզմների բոլոր երեք դոմեններում՝ *Archaea*, *Bacteria* և *Eukarya*, սակայն հիմնականում ներկայացված են պրոկարիոտային օրգանիզմներով [3, 14]:



Նկար 1. Պրոկարիոտային օրգանիզմների ֆիլոգենետիկական ծառը, որում հոծ գծերով ցույց են տրված հալոֆիլ մանրէները ներառող հիմնական ֆիլումները:

Աղերի ամենատարբեր պարունակությամբ միջավայրերում՝ անձրևաջրերից, որոնցում աղի խտությունը գրեթե զրոյական է, մինչև զերադային ջրամբարները, աղակալված հողաշերտերը ու աղի հանքերը, հայտնաբերվում են կենդանի էակներ [3, 6, 10, 14]:

Ըստ միջավայրում աղի (NaCl) կոնցենտրացիայից կախված աճի ունակության տարբերում են ոչ հալոֆիլ, թույլ հալոֆիլ, չափավոր հալոֆիլ, սահմանային էքստրեմալ (ծայրահեղ) հալոֆիլ, էքստրեմալ հալոֆիլ և հալոտոլերանտ (աղադիմացկուն) մանրէներ (աղյուսակ 1) [3]:

Ընդհանուր աղերի շատ ցածր պարունակությամբ ($\leq 0.01\%$) բնական կենսամիջավայրերում, օրինակ՝ սֆագնումային ճահիճներում, ձևավորվում է յուրահատուկ միկրոբիոտա՝ բաղկացած բացառապես ոչ հալոֆիլ մանրէներից, որոնք միջավայրում նույնիսկ 3 % աղի պայմաններում իսպառ կորցնում են իրենց կենսունակությունը: Մանրէների այս խումբը, թերևս, ամենաքիչ ուսումնասիրվածն է: Համեմատաբար լավ են ուսումնասիրված հալոֆիլ մանրէները, որոնք կենսագործում են աղերի բարձր պարունակությամբ միջավայրերում [5, 10]:

Աղյուսակ 1

Տարբեր օրգանիզմների աճի ունակությունը՝ կախված միջավայրում NaCl-ի պարունակությունից

Մանրէների խումբը	Մանրէի առավելագույն աճն ապահովող NaCl-ի պարունակությունը (Մ) միջավայրում	Օրինակներ
Ոչ հալոֆիլ	< 0,2	Պրոկարիոտների մեծամասնությունը և քաղցրահամ ջրերի մանրէները
Թույլ հալոֆիլ	0,2-0,5	Ծովային մանրէների մեծամասնությունը
Չափավոր հալոֆիլ	0,5-2,5	<i>Vibrio costicola</i> , <i>Paracoccus halodenitrificans</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.
Սահմանային էքստրեմալ հալոֆիլ	1,5-4	<i>Ectothiorhodospira halophila</i> , <i>Halobacterium volcanii</i> , <i>Halococcus mediterranei</i> <i>Actinopolispora halophila</i>
Էքստրեմալ հալոֆիլ	2,5-5,2	<i>Halobacterium salinarum</i> , <i>Halococcus morrhuae</i>
Հալոտոլերանտ	0,2-2,5	<i>Staphylococcus epidermis</i> , <i>Halomonas elongate</i> , սնկեր և ջրիմուռներ

Որոշ հեղինակներ չափավոր հալոֆիլ մանրէները բաժանում են երկու խմբի՝ ծովային մանրէներ, որոնց առավելագույն աճը 2-4 % աղի պայմաններում է, և իրական չափավոր հալոֆիլ մանրէներ, որոնք առավելագույն աճ են դրսևորում 10 % աղի պայմաններում [5]:

Օրգանիզմները, որոնք գոյատևում են միջավայրում աղի 25-30 % կոնցենտրացիայի պայմաններում (այսինքն՝ NaCl-ի գերհագեցած լուծույթում կամ աղի բյուրեղում), կոչվում են նաև հիպերհալոֆիլներ (գերաղասերներ): Դրանք ներկայացված են աղի ջրամբարները, աղի հանքերը և աղուտները բնակեցնող *Halobacterium*, *Halococcus* և *Haloarcula* ցեղերի արքեաներով: Միայն որոշ էակներ, ներառյալ մանր ծովախեցգետին *Artemia*-ն և կանաչ ջրիմուռ *Dunaliella*-ն, ներկայացնում են կյանքի այն փոքրաթիվ ձևերը, որոնց հետ արքեաները հանդիպում են նման պայմաններում [3, 6]:

Ըստ ծագման՝ գերաղային ջրամբարները բաժանվում են երկու հիմնական խմբերի, այսպես կոչված, թալասոհալային (հուն. *thalasso* - ծով) և աթալասոհալային ջրամբարների: Թալասոհալային կամ ծովային ծագման գերաղային ջրամբարները (օրինակ՝ ԱՄՆ-ի Յուտա նահանգում գտնվող Մեծ Աղի լիճը) առաջանում են ծովային ջրի ակտիվ գոլորշացման հետևանքով, ունեն ծովի ջրի բաղադրությամբ մոտ քիմիական կազմ (գերակշռում են նատրիումը և քլորը) և չեզոք կամ հիմնային pH [3, 6]:

Աթալասոհալային կամ մայրցամաքային ծագման ջրամբարի օրինակ է Մեռյալ ծովը: Դա Հորդանան գետով սնվող և ջրի բնական արտահոսք չունեցող անապատային լիճ է՝ ջրջապատված մագնեզիումային ապարներով հարուստ լեռներով: Մեռյալ ծովի ջրում գերակշռում են երկվալենտ կատիոնները ($1.9 \text{ U } \text{Mg}^{2+}$, $0.4 \text{ U } \text{Ca}^{2+}$, $1.7 \text{ U } \text{Na}^{+}$ և $0.2 \text{ U } \text{K}^{+}$), իսկ pH-ը թույլ թթվային է: Մեռյալ ծովից մեկուսացվել են *Haloarcula* և *Halobacterium* ցեղերի հալոֆիլ արքեաներ, որոնք ունակ են դիմակայելու միջավայրում Mg^{2+} իոնների բարձր կոնցենտրացիաներին [3]:

Մայրցամաքային գերաղային ջրամբարներում հաճախ NaCl-ի բարձր կոնցենտրացիան ուղեկցվում է CO_3^{2-} իոնների բարձր կոնցենտրացիայով և, հետևաբար, pH-ի բարձր արժեքներով: Այդ բիոտոպերում զարգանում են, այսպես կոչված, հալոալկալիֆիլ (աղահիմնասեր) մանրէներ: Այդպիսի բիոտոպերի օրինակներ են Արևելյան Աֆրիկայի, Հյուսիսային Ամերիկայի, Կենտրոնական Ասիայի, Հնդկաստանի և Հիմաստանի հիմնային սողային լճերը, որոնցում միջավայրի pH-ը 11 է, իսկ աղերի կոնցենտրացիան գերազանցում է 300 գ/լ-ը: Այդ լճերի ջրի իոնական կազմում գերակշռում են միավալենտ կատիոնները՝ K^{+} , Na^{+} և CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} և SO_4^{2-} անիոնները: Հիմնային

pH-ի պատճառով երկվալենտ կատիոնները՝ Mg^{2+} և Ca^{2+} , կարբոնատների կազմում անցնում են մտավածք: Այդ լճերից մեկուսացվել են *Natronomonas*, *Natronococcus*, *Natronobacter*, *Natrialba* և *Halorubrum* ցեղերին պատկանող հալոալկալիֆիլ արքեաներ [3, 12]:

Թունիսի աղի լճից, որում աղերի կոնցենտրացիան 200 գ/լ է, իսկ ջերմաստիճանը հասնում է $68^{\circ}C$ -ի, մեկուսացվել է աերոբ թերմոֆիլ (ջերմասեր) էքստրեմալ հալոֆիլ *Halothermothrix orenii* արքեան [7]: Ամստերդամի Vestfold Hills կոչվող տեղանքի 36 մ խորություն ունեցող գերադային լճում, որում աղերի կոնցենտրացիան 320 գ/լ է, իսկ ջերմաստիճանը՝ $-16^{\circ}C$, կյանքը ներկայացված է հալոֆիլ ցրտադիմացկուն *Halorubrum lacusprofundi* տեսակին պատկանող արքեաներով [8]:

Լայն տարածված են մաս աղակալված հողերը, որոնք հիմնականում հիդրոմորֆ ծագում ունեն: Չնայած դեռևս աղակալված հողերի հստակ դասակարգում մշակված չէ, ընդունված է աղակալված համարել այն հողերը, որոնցում լուծելի աղի կոնցենտրացիան $\geq 0.2\%$ ($> 1\%$ աղի կոնցենտրացիայով հողերը կոչվում են աղուտներ): Աղի հանքերից և աղուտներից մեկուսացված հալոֆիլ մանրէները ներկայացված են չափավոր հալոֆիլ և հալոտոլերանտ բակտերիաներով և արքեաներով: Աղուտների միկրոբիոտայում գերակշռում են գրամ-դրական բակտերիաները՝ ներկայացված *Bacillus*, *Virgibacillus*, *Halobacillus*, *Filobacillus*, *Tenuibacillus*, *Lentibacillus*, *Thalassobacillus*, *Marinococcus*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Nesterenkonia* և *Desulfobacter* ցեղերի տեսակներով: Գրամ-բացասական բակտերիաները ավելի քիչ քանակով և տեսակային քիչ բազմազանությամբ են հայտնաբերվում աղուտներում: Դրանք ներկայացված են *Halanaerobium*, *Halomonas*, *Marinobacter* և *Natroniella* ցեղերի տեսակներով [14]:

Աղուտներում հայտնաբերված արքեաները հիմնականում ներկայացված են *Haloarcula*, *Halobacterium* և *Halococcus* ցեղերի տեսակներով: Այսպես՝ Արգենտինայի և Ճապոնիայի աղակալված հողերից մեկուսացվել են *Haloarcula*, իսկ աղուտ-ալկալի հողերից՝ *Halobacterium* ցեղին պատկանող արքեաներ [12, 13]: Թուրքմենստանի սուլֆատներով հարուստ աղուտներից հաջողվել է մեկուսացնել *Halococcus* ցեղի արքեաներ [4]:

Հայաստանի տարածքում ևս կան աղակալված հողաշերտեր: Արարատյան հարթավայրի որոշ տեղանքներում, որտեղ հանքայնացված գրունտային ջրերը մոտ են հողի մակերեսին, զարգանում են հիդրոմորֆ սոդային աղուտ-ալկալի հողեր (զբաղեցնում են 25 հազ. հա տարածություն): Աղուտային հողերի մակերեսային շերտում աղերը կազմում են մինչև 2%՝ մատրիումի կար-

բոնատի, քլորիդի և սուլֆատի գերակշռությամբ, իսկ pH-ը 9-11 է [1, 2]։ Արարատյան հարթավայրի աղուտների հալոֆիլ մանրէային համակեցությունները հայ մասնագետների ուսումնասիրության կիզակետում են։ Նրանց հաջողվել է այդ աղուտային հողերից մեկուսացնել *Bacillus*, *Streptomyces*, *Virgibacillus* և *Piscibacillus* ցեղերին պատկանող հալոֆիլ, չափավոր հալոֆիլ և հալոտոլերանտ բակտերիաներ։

Ավանի աղի համքը, որը գտնվում է Երևանի հյուսիս-արևելքում, զբաղեցնում է ավելի քան 300 ք. կմ մակերես։ Աղաբեր դաշտի երկրաբանական կառուցվածքում մասնակցում են պլեյստոցենի դոլոմիտային և անդեզիտային բազալտներ, ստորին միոցենի խայտաբղետ ավազաքարեր, կավերի, գիպսի և կերակրի աղի մինչև 1300 մ հաստությամբ շերտախմբեր։ Քարաղը բաղկացած է հալիտից, կարնալիտից, կիանիտից և սիլվինից։ Աղաբեր շերտախմբի հիմնական բաղադրիչների միջին պարունակությունը (%) հետևյալն է՝ NaCl 95.5; CaSO₄ 1.48; CaCl₂ 0.14; MgCl₂ 0.08; KCl 0.02; անլուծելի մնացորդ 2.7 [1, 2]։

Հայ մանրէաբանները նորվեգացի գործընկերների հետ համատեղ ժամանակակից մոլեկուլային մեթոդների կիրառմամբ ուսումնասիրել են Ավանի աղի հանքի քարաղի նմուշների միկրոբիոտան։ Այդ քարաղի նմուշներից մեկուսացվել են *Bacillus*, *Virgibacillus*, *Anoxybacillus*, *Filobacillus*, *Streptomyces* ցեղերին պատկանող բակտերիաների և մենահատուկ հատկանիշներով օժտված *Haloarcula*, *Halobacterium* և *Haloarchaeum* ցեղերին պատկանող արքեաների տեսակներ (չիրապարակված նյութեր)։

Հալոֆիլ մանրէները աղային պայմաններում անընդհատ ենթարկվում են օսմոսային սթրեսի ազդեցությանը և զարգացնում են այդ սթրեսին դիմակայելու տարբեր մեխանիզմներ։ Որոշ հալոֆիլներ ցիտոպլազմայում կուտակում են օսմոկարգավորիչ նյութեր՝ տրեգալոզ, պոլիսպիրտներ, գլիցին-բետաին, էկտին։ Հալոֆիլ արքեաների և *Haloanaerobiales* կարգին պատկանող բակտերիաների համար օսմոկարգավորիչ նշանակություն ունեն K^{+} իոնները, որոնց ներքջային կոնցենտրացիան 1000 անգամ կարող է գերազանցել միջավայրում նույն իոնների կոնցենտրացիային [5, 9, 10]։

Աղային բյուրեղներում հալոֆիլ մանրէները կարող են երկար ժամանակ պահպանել իրենց կենսունակությունը։ Էքստրեմալ հալոֆիլ արքեաները աերոբ (քիչ բացառությամբ նաև անաերոբ) օրգանոտրոֆ սննդառություն ունեցող մանրէներ են։ Սակայն շնորհիվ կարոտինոիդային գունանյութի՝ բակտերիոռոդոպսինի, որով պայմանավորված է նաև դրանց վարդագույն, կարմիր կամ մարնջագույն գունավորումը, ունակ են իրականացնելու նաև ֆոտոավտոտրոֆ սննդառություն [3, 6]։

Հալոֆիլ մանրէները լայն կիրառություն են գտել տնտեսության ամենատարբեր ճյուղերում: Հալոֆիլ մանրէների կիրառության, այդ թվում հեռանկարային կիրառության ոլորտները ամփոփված են աղյուսակ 2-ում:

Աղյուսակ 2

Հալոֆիլ մանրէների ներկա և հեռանկարային կիրառության ոլորտները

Արտադրանք	Արտադրիչ մանրէ	Կիրառությունը
Կարոտինոիդային գունանյութեր	<i>Halobacteriaceae</i> -ի տարբեր տեսակներ	Լույսի կլանման մեծացում և ջրի գոլորշացման արագացում
Էկտոին և հիդրօքսիէկտոին	<i>Halomonas elongate</i> , <i>Marinococcus</i>	Ֆերմենտների կայունարարներ (մոլեկուլային չափերոններ), չպարման պարագաներ
Պոլի-β-հիդրօքսիլկանատ	<i>Haloferax mediterranei</i>	Կենսապլաստիկատների ստացում
Բակտերիոռոդոպսին	<i>Halobacterium salinarium</i>	Հեռանկարային է համակարգչային տեխնիկայում որպես հիշողության օպտիկական համակարգեր, ֆոտոէլեկտրական փոխարկիչներ կիրառելու համար
Պրոտեազներ	<i>Natronomona spharaonis</i>	Հեռանկարային է կիրառել որպես դետերգենտ
Արտաբջջային պոլիսախարիդներ	<i>Haloferax mediterranei</i>	Հեռանկարային է նավթահորերից նավթի արդյունահանման տեխնոլոգիայում կիրառման համար
Բջջային կենսազանգված	<i>Dunaliella</i>	Հավելանյութ կմծիռների դեմ կիրառվող չպարման պարագաներում և քսոլեններում

Հնագույն ժամանակներից Թայլանդում հալոֆիլ արքեաները օգտագործվել են «Nam pla» կոչվող ազգային ճաշատեսակի պատրաստման համար: Այդ յուրօրինակ ձկնապուրը ստացվում է ձուկը ծովային ջրում լավ աղելուց հետո մեկ տարի պահածոյացնելով: Այդ ընթացքում բուռն զարգանում են պրոտեոլիտիկ ակտիվությամբ օժտված *Halobacterium* և *Halococcus* ցեղերի արքեաները, որոնց շնորհիվ էլ հասումանում է յուրահատուկ ձկնապուրը:

Haloferax ցեղի արքեաները սինթեզում են տնտեսական մեծ արժեք ունեցող էկզոպոլիսախարիդներ, որոնք, շնորհիվ ջերմաստիճանի և pH-ի ծայ-

րահեղ արժեքների նկատմամբ բարձր դիմացկունության, լայն կիրառություն են գտել սննդի և դեղորայքի արտադրությունում և ֆոտոլուսանկարչության մեջ: Դրանցից մեկուսացված լիպիդները բնորոշվում են ցածր կալորիականությամբ և առաջարկվում են կիրառել որպես դիետիկ սնունդ:

Հալոֆիլ արքեաներից ստացվել են մաս կենսաքայքայման ենթարկվող կենսաալաստիկատներ, օրինակ՝ β -հիդրօքսիալկանատ, որը ամրության, ջերմադիմացկունության, հակաօքսիդանտային հատկությունների շնորհիվ հեռանկարային կարող էլ ինել բժշկության, սննդի և դեղորայքի արտադրության համար:

Վերջին տարիներին աճել է որոշ ֆերմենտների ակտիվ արտադրիչ հալոֆիլ մանրէների նկատմամբ հետաքրքրությունը: Հալոֆիլ ֆերմենտները բավականին կայուն են օրգանական լուծիչների նկատմամբ և կատալիզում են չպարման պարագաների արտադրության մեջ լայնորեն կիրառվող քիրալային սպիրտների սինթեզում:

Արքեային բակտերիոռոդոպսինի կիրառմամբ մշակվել են մոր և հեռանկարային տեխնոլոգիաներ, մասնավորապես արևային էներգիան էլեկտրական էներգիայի կամ ԱԵՖ-ի ձևափոխման, ինչպես նաև ծովային ջրի աղազրկման տեխնոլոգիաներ:

Բակտերիոռոդոպսինը կարելի է օգտագործել նաև քեմոլոկալիչների և կենսաընկալիչների ստացման համար: Մարդու համար թունավոր մետաղների աղերը կտրուկ փոփոխում են բակտերիոռոդոպսինի աշխատանքը, իսկ մի շարք թունավոր գազերի (ամոնիակ, ծծմբաջրածին և այլն) առկայության դեպքում փոխվում է բակտերիոռոդոպսին պարունակող թաղանթի գույնը: Առաջարկվել է բակտերիոռոդոպսինի այս հատկությունը կիրառել էկոլոգիական ընկալիչներ ստանալու համար:

Ստեղծվել է Բիոքրոմ կոչվող մոր ֆոտոնյութ, որում թափանցիկ պոլիմերային թաղանթին արծաթի փոխարեն ավելացնում են բակտերիոռոդոպսին: Այդ թաղանթի վրա պատկերը տեսանելի է առանց երևակման: Պատկերը կարելի է ջնջել կապույտ լույսով, ապա գրանցել նորը և, այդպես, մի քանի միլիոն անգամ: Բակտերիոռոդոպսինը կարող է գրգռվել վայրկյանում 10^{11} անգամ: Ամերիկացի գիտնականները նմանատիպ մի թաղանթի վրա կառուցել են ավանդական մագնիսական սկավառակների գրանցման խտությանը 10 անգամ գերազանցող համակարգչային հիշողության օպտիկական համակարգ [3]:

Հեռանկարային է բակտերիոռոդոպսինի կիրառությունը նաև կենսաէլեկտրոնիկայում, տեղեկատվության մշակման և մոր սերմնի նեյրոհամակարգիչների ստեղծման մեջ:

Հալոֆիլ արքեաները նաև նոր սերնդի հակաբիոտիկների՝ հալոցինների ակտիվ արտադրիչներ են: Այդ սպիտակուցային բնույթ ունեցող հակաբիոտիկները արգելակում են այլ մանրէների աճը՝ ազդելով դրանց բջջապատի վրա:

Հեռանկարային է նաև հալոֆիլ արքեաների կիրառությունը որոշ քաղցկեղային հիվանդությունների ախտորոշման համար: Ցույց է տրված *Halobacterium salinarium* արքեայի լուծամզվածքից անջատված 84 կԴա մոլեկուլային կշիռ ունեցող սպիտակուցի և քաղցկեղով հիվանդ մարդկանց *c-myc* գենով գաղտնագրվող սպիտակուցի զարմանալի նմանությունը: Այդ սպիտակուցը փոխգործում է այն հակամարմինների հետ, որոնց արտադրությունը մակածվում է *c-myc* գենի արգասիքով և, հետևաբար, կարող է կիրառվել հիվանդ մարդկանց շիճուկում այդ հակամարմինների հայտնաբերման իմունաբանական թեստերում [3, 12]:

Այսպիսով՝ հալոֆիլ արքեաները և դրանց բջջային բաղադրամասերը հեռանկարային կիրառություն կարող են գտնել էլեկտրականության ստացման, ծովային ջրի աղազրկման, էկոլոգիական վերահսկողության նպատակով ընկալիչների ստացման, քաղցկեղային հիվանդությունների ախտորոշման և նոր սերնդի հակաբիոտիկների և դեղամիջոցների ստացման համար: Հետևաբար, հալոֆիլ մանրէների կենսաբազմազանության ուսումնասիրությունները և նոր տեսակների հայտնաբերումը ոչ միայն կընդլայնեն աղային սթրեսին դիմակայելու ունակ կենդանի օրգանիզմների վերաբերյալ մեր պատկերացումները, այլև հեռանկարային կարող են լինել կենսատեխնոլոգիայում դրանց կիրառման տեսանկյունից:

Բանալի բառեր – Հալոֆիլներ, աղային սթրես, աղուտներ, աղի հանք

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Հայկական ՍՍՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան, 1971, 469 էջ:
2. Պողոսյան Դ. Ա., Խոյեցյան Ա. Վ., Հայկական լեռնաշխարհի լանդշաֆտները և ֆիզիկաաշխարհագրական շրջանները, ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան, 2008, 240 էջ:
3. Воробьева А. И., Археи. М.: ИКЦ Академкнига, 2007, 447 с.
4. Звягинцева И. С., Тарасов А. А., Экстремально галофильные бактерии из засоленных почв. Микробиология. 56 (5), стр. 839-844.

5. Кашнер Д. (1981) Жизнь микробов в экстремальных условиях. М., Мир, 1987, 512 с.
6. Экология микроорганизмов, Подред. Непрусова А.И. М.: Изд. центр "Академия", 2004, 272 с.
7. Cayol J. L., Ollivier B., Patel B. K., Prensier G., Guezennec J., Garcia J. L., Isolation and characterization of *Halothermothrix orenii* gen. nov., sp. nov., a halophilic, thermophilic, fermentative, strictly anaerobic bacterium. Int. J. Syst. Bacteriol., 44 (3), 1994, p 534-40.
8. Franzmann P. D., Stackebrandt E., Sanderson K., Volkman J. K., Cameron D. E., Stevenson P. L., McMeekin T. A. and Burton H. R., Halobacterium lacusprofundi, sp. nov., a halophilic bacterium isolated from Deep Lake, Antarctica. Syst. Appl. Microbiol., 11, 1988, p. 20-27.
9. Gunde-Cimerman N., Oren A., Plemenitaš A., Adaptation to life at high salt concentration in archaea, bacteria and eukaria. Berlin, Springer, 2005, p. 577.
10. Horikoshi K., Akiba T., Alkalophilic Microorganisms: A New Microbial World. Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York: Jpn. Sci. Soc. Press, Springer-Verlag, 1982, p. 215.
11. Ihara K., Watanabe S., Tamura T., *Haloarcula argentinensis* sp. nov. and *Haloarcula mukohataei* sp. nov., Two New Extremely Halophilic Archaea Collected in Argentina, Int. J. Syst. Bacteriol., 47 (1), 1997, p. 73-77.
12. Oren A., Diversity of halophilic microorganisms: environments, phylogeny, physiology and applications. J. Industr. Microbiol. Biotechnol., 28, 2002, p. 56-63.
13. Takashina T., Otozati K., Hamamoto T., Horikoshi K., Isolation of halophilic and halotolerant bacteria from a Japanese salt field and comparison of the partial 16S rRNA gene sequence of an extremely halophilic isolate with those of other extreme halophiles. Biodiversity & Conservation, 3 (7), 1994, p. 632-642.
14. Ventosa A., Mellado E., Sanchez-Porro Marquez M. C., Halophilic and Halotolerant Micro-Organisms from Soils. In: Microbiology of Extreme Soils, Eds., Dion P., Nautiyal Ch. Sh. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, p. 87-116.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ГАЛОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

О. А. ПАНОСЯН

*Кандидат биологических наук, доцент, профессор ГГУ,
кафедра биологии, экологии и здорового образа жизни ГГУ,
кафедра бактериологии и биотехнологий растений и бактерий ЕГУ*

В статье рассматриваются биоразнообразие и таксономические группы галофильных микроорганизмов, их основные экотопы распространения и биологические особенности, механизмы адаптации к солевому стрессу и перспективы применения в биотехнологии. Представлены также результаты исследования таксономической структуры сообществ галофильных микроорганизмов в солончаковых почвах Араратской равнины и каменной соли Аванского солерудника.

Ключевые слова: голофалы, солевой стресс, солончаки, солерудник

BIODIVERSITY OF HALOPHILIC MICROORGANISMS AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION

H. H. PANOSYAN

*Doctor of Biology, Associate Professor, Professor of GSU,
Chair of Biology, Ecology and Healthy Life Stiles, GSU,
Department of Microbiology and Microbe and Plant Biotechnology, YSU*

The biodiversity and taxonomic groups of halophilic microorganisms, their ecotopes and biological peculiarities, mechanisms of adaptation to salt stress and prospects of application in biotechnology were discussed. Results of investigation of taxonomic structure of halophilic microbial community in saline soils of the Ararat plain and salt rocks of the Avan salt mine were reported.

Key words: holophiles, salt stress, saline soils, salt mine