

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ  
ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳ ԳՈՐԱՐՁԻ ՆԻԿ

ՄԼԻԿՈՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐԻ ԵՎ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ  
ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆԸ ՈՒ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԸ

Գ.00.11 - «Էկոլոգիա» մասնագիտությամբ կենսաբանական  
գիտությունների  
թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2013

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

МОГАМАД ГОДАРЗИ НИК

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И ОСАДКОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ  
РТУТЬЮ, И ПУТИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук по специальности 03.00.11 – “Экология”

ЕРЕВАН – 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում  
Գիտական դեկավար՝ կենսաբանական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր Կ. Վ. Գրիգորյան  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ կենսաբանական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր Է. Գ. Յավրույան,  
գյուղատնտեսական գիտությունների թեկնածու,  
դոցենտ Ս. Ջ. Թամոյան  
Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայաստանի ազգային ագրարային  
համալսարանի “Հ. Պետրոսյանի անվան  
հողագիտության, ագրոքիմիայի և  
մելիորացիայի գիտական կենտրոն”  
մասնաճյուղ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2013թ. հունիսի 07-ին ժամը 16.00-ին ՀՀ ԲՈՂ-ի  
Կենսաբազմազանության և էկոլոգիայի 035 մասնագիտական խորհրդում:

Հասցե՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 7, ՀՀ ԳԱԱ կենդանաբանության և հիդրոէկոլոգիայի  
գիտական կենտրոն, էլ. փոստ՝ [zoohec@sci.am](mailto:zoohec@sci.am)  
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ կենդանաբանության և  
հիդրոէկոլոգիայի գիտական կենտրոնի գրադարանում և [www.sczhe.sci.am](http://www.sczhe.sci.am) կայքում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2013թ. մայիսի 06-ին:

035 մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,  
կենսաբանական գիտությունների թեկնածու՝ Զ. Գ. Խաչատրյան

---

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
К. В. Григорян  
Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Э. Г. Явруян,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
С. Дж. Тамоян  
Ведущая организация: Филиал “Научный центр почвоведения,  
агрохимии и мелиорации им. Г. Петросяна”  
Национального аграрного университета  
Армении

Защита диссертации состоится 07 июня 2013г. в 16.00 часов на заседании  
специализированного совета 035 по Биоразнообразию и экологии ВАК РА.

Адрес: г. Ереван, 0014, ул. П. Севака 7, Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА,  
эл. почта: [zoohec@sci.am](mailto:zoohec@sci.am)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Научного центра зоологии и  
гидроэкологии НАН РА и на сайте [www.sczhe.sci.am](http://www.sczhe.sci.am)

Автореферат диссертации разослан 06 мая 2013 г.

Ученый секретарь специализированного совета 035,  
кандидат биологических наук

А. Г. Хачатрян

## ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Մարդկային գործունեության ազդեցությունը բնական լանդշաֆտների վրա ներկա ժամանակներում հասել է այնպիսի ծավալների, որ չի կարող չանդրադառնալ վերջինիս ինչպես որակական, այնպես էլ քանակական հատկությունների վրա: Բնական ռեսուրսների ինտենսիվ և անխնա օգտագործումը, դրանց կառավարման, մոնիտորինգի և որակի գնահատման մեխանիզմների բացակայությունն ուղեկցվել են էկոհամակարգերի տեխնածին ծանրաբեռնվածության մեծացմամբ և որակի վատթարացմամբ, իսկ առանձին դեպքերում՝ նաև դրանց որակական սպառմամբ: Ծանր մետաղները, որոնց արտանետման ծավալները քանակական առումով այնքան էլ մեծ չեն, կապված իրենց բարձր տոքսիկ ազդեցության հետ, առանձնահատուկ տեղ են գրավում վտանգավոր նյութերի մեջ, որոնք աղտոտում են էկոհամակարգերը: Արդյունաբերական արտադրության տարբեր ճյուղերի անընդհատ զարգացումը բերում է հողային ծածկույթի և ջրերի աղտոտմանը ծանր մետաղներով և վերջնական արդյունքում՝ դրանց դեգրադացմանը: Ծանր մետաղների մեջ կան որոշ միկրոտարրեր, որոնք օրգանիզմների համար ունեն կենսական նշանակություն, բայց միևնույն ժամանակ էկոհամակարգում դրանց ավելցուկային պարունակությունն ունենում է ճնշող, երբեմն էլ՝ թունավոր ազդեցություն կենդանի օրգանիզմների վրա: Ծանր մետաղների թունավոր ազդեցությունը կենսաբանական համակարգերի վրա առաջին հերթին պայմանավորված է նրանով, որ դրանք հեշտությամբ միանում են սպիտակուցների սուլֆիդիդիլային խմբերի հետ և ճնշում վերջիններիս սինթեզը՝ խախտելով նյութափոխանակությունն օրգանիզմում: Ծանր մետաղները ըստ վտանգավորության աստիճանի բաժանվում են երեք խմբի՝ բարձր վտանգավորության, չափավոր վտանգավորության և քիչ վտանգավորության: Ըստ այս դասակարգման սնդիկը պատկանում է բարձր վտանգավորության խմբին, որով և հիմնավորվում է սնդիկով աղտոտված հողերի և ջրերի ուսումնասիրության և մաքրման գործընթացի կարևորությունը:

Նմանատիպ իրավիճակ գոյություն ունի նաև Իրանի Իսլամական Հանրապետությունում, մասնավորապես «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքում, որտեղ նկատվում է արտադրական հոսքաջրերի մեծածավալ ներգործություն բնական էկոհամակարգերի վրա: Հաշվի առնելով այս ամենը, արդիական խնդիր է հանդիսանում ներկա և ապագա սերնդներին պաշտպանել միջավայրի այնպիսի վտանգավոր աղտոտիչներից, ինչպիսիք են սնդիկը և դրա տարբեր տոքսիկ միացությունները:

**Նպատակը և խնդիրները:** Աշխատանքի նպատակն է հանդիսացել «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա հողային և ջրային միջավայրում սնդիկով աղտոտվածության և բաշխվածության

բացահայտումը, ինչպես նաև սնդիկից ու դրա տոքսիկ միացություններից հողերի մաքրման աշխատանքների իրականացումը, որով և կապահովվի շրջակա միջավայրի և մարդկային առողջության անվտանգությունը: Որպես մաքրման միջոց կիրառվել է էլեկտրակինետիկական մեթոդը:

Ելնելով նախանշված նպատակից՝ առաջ են քաշվել հետևյալ խնդիրները.

- Իրականացնել «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության հարակից տարածքում սնդիկով աղտոտված շրջակա միջավայրի և նստվածքային շերտերի մոնիտորինգային ուսումնասիրություն՝ բացասական ազդեցությունները կանխատեսելու նպատակով
- Իրականացնել աղտոտվածության բաշխվածության և ծավալների, աղտոտման աղբյուրների, ինչպես նաև աշխարհագրական, ջրաբանական, ջրաերկրաբանական աղտոտիչների քիմիական և ֆիզիկական հատկանիշների ճշգրիտ գնահատում
- Ուսումնասիրել «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքում աղտոտվածության կենսաբացահայտիչ որոշ հիդրոբիոտնտների օրգանիզմներում (ձկներ, խեցգետիններ) սնդիկի պարունակությունը
- Իրականացնել սնդիկով աղտոտված տարածքների մոդելավորում և գնահատում՝ հիմնվելով երկրաբանական կառուցվածքի առանձնահատկությունների վրա
- Մշակել միջավայրի պահպանության և կառավարման ոլորտում նոր լուծումներ՝ աղտոտվածության աստիճանը նվազեցնելու նպատակով
- Ըստ երկրաբանական առանձնահատկությունների՝ ընտրել տարածքներ՝ աղտոտված նստվածքային շերտերի վերականգնման համար
- Առանձնացնել առավել ռիսկային տարածքները՝ վտանգված տեսակների և էկոհամակարգերի պահպանման նպատակով:

**Գիտական նորույթը:** Առաջին անգամ «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության (BIPC) շրջակա տարածքում ուսումնասիրվել է սնդիկով աղտոտվածության բաշխվածությունը:

Ուսումնասիրվել է Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերում սնդիկի բաշխվածությունը, ինչպես նաև դրա պարունակությունն ու ազդեցությունը բենթոսային մակրոօրգանիզմների վրա և գնահատվել են հնարավոր ռիսկերը:

Իրականացվել են սնդիկով աղտոտված հողերի մաքրման աշխատանքներ: Հաշվի առնելով ուսումնասիրվող տարածքի երկրաբանական առանձնահատկությունները, որպես առավել արդյունավետ մաքրման եղանակ ընտրվել է էլեկտրակինետիկական մեթոդը:

Որոշվել է էլեկտրակինետիկական մեթոդով սնդիկից հողերի մաքրման գործընթացի լավագույն տնտեսությունը, ինչը հնարավորություն է տալիս խնայել ժամանակը և էներգիան: Այս մեթոդով այլ տարածքների մաքրման ժամանակ 45% արդյունավետությանը հասնելու համար անհրաժեշտ 40-45 օրվա փոխարեն, ուսումնասիրված տարածքում հողի մաքրման նմանատիպ արդյունավետության հնարավոր է եղել հասնել 15-օրյա ժամկետում:

### **Աշխատանքի գործնական արժեքը:**

Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքները հնարավորություն կտան սնդիկով աղտոտված տարբեր տարածքների մաքրման ժամանակ կիրառել առավել արդյունավետ մեթոդներ և պարզաբանել սնդիկով աղտոտված տարբեր հողատիպերի մաքրման գործընթացի արդյունավետության վրա ազդող գործոնների առանձնահատկությունները:

Աշխատանքը կարող է օգտագործվել որպես մոդելային՝ նմանատիպ հետազոտությունների իրականացման և աղտոտված (մասնավորապես սնդիկով) հողերի արդյունավետ մաքրման համար:

Սնդիկով աղտոտված հողերի ազդեցության գնահատումը շրջակա միջավայրի և մարդու առողջության վրա հնարավորություն կտա իրականացնել շրջակա միջավայրի աղտոտման նվազեցմանը և մարդու առողջությանը սպառնացող ռիսկերի չեզոքացմանն ուղղված միջոցառումներ:

### **Պաշտպանության և ներկայացվում հետևյալ հիմնադրույթները.**

- «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության սնդիկով աղտոտված հարակից տարածքների մոդելավորման արդյունքները և սնդիկով աղտոտման հիմնական աղբյուրների բացահայտումը
- «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքի հողերում, Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերում և հիդրոբիոտոնների (ձկներ, խեցգետիններ) օրգանիզմներում սնդիկի պարունակության ուսումնասիրության արդյունքները
- Հիդրոբիոտոնների հյուսվածքներում (մկաններ, խիտինային ծածկույթ, ներքին օրգաններ) սնդիկի պարունակության և կենդանիների ձևաչափական ցուցանիշների (երկարություն, քաշ) միջև կորելացիոն կապերի բացահայտումը
- Էլեկտրակինետիկական մեթոդով ուսումնասիրվող հողերի սնդիկից մաքրման արդյունքները:

**Աշխատանքի փորձահավաստիությունը:** Հետազոտությունների արդյունքները քննարկվել են Երևանի պետական համալսարանի կենսաբանության ֆակուլտետի խորհրդի նիստերում (2009-2012թթ.), Էկոլոգիայի և բնության պահպանության ամբիոնի նիստերում (2009-2013թթ.) և 7th International Congress on civil engineering Tarbiat Modarres University (Tehran, 2006) գիտաժողովում:

**Հրատարակումներ:** Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 6 գիտական աշխատություն:

**Ատենախոսության ծավալը և կառուցվածքը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 6 գլուխներից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից՝ 129 անուն գրականությամբ: Ատենախոսությունը կազմված է 118 համակարգչային էջից, պարունակում է 10 աղյուսակ և 19 նկար ու գծապատկեր:

**ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**ԳԼՈՒԽ 1**

**ՄՆԴԻԿԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ**

Առաջին գլխում մանրամասն տրվում է սնդիկի հիմնական ֆիզիկա-քիմիական բնութագիրը, դրա պարունակությունը բնության մեջ և օգտագործման ոլորտները, սնդիկով շրջակա միջավայրի աղտոտման հիմնական աղբյուրները, սնդիկի էկոլոգիական շրջապտույտը: Պարզաբանվում է նաև սնդիկի դերը օրգանիզմների նյութափոխանակության գործընթացում ու դրա թունավոր ազդեցությունը մարդու և այլ օրգանիզմների վրա:

**ԳԼՈՒԽ 2**

**ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՄԱՔՐՄԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԸ**

Երկրորդ գլխում տրվում է արդյունաբերության մեջ սնդիկի օգտագործման հիմնական ոլորտները, դեպի շրջակա միջավայր անցման ուղիները և շրջակա միջավայրում դրա կուտակման առանձնահատկությունները: Մանրամասն նկարագրվում են նաև աղտոտված տարածքների մաքրման հիմնական մեթոդները: Հաշվի առնելով մաքրման գործընթացների ծախսատարությունը, ժամանակատարությունը և ոչ լիարժեքությունը, առաջարկվում են աղտոտման կանխարգելման այն մեթոդները, որոնք առանձնանում են իրենց արդիականությամբ և կիրառման մատչելիությամբ:

**ԳԼՈՒԽ 3**

**ԷԼԵԿՏՐԱԿԻՆԵՏԻԿԱ**

Երրորդ գլխում տրվում է հողերի ընդհանուր բնութագիրը և սնդիկով դրանց աղտոտման հիմնական ձևերը: Մանրամասն վերլուծվում է ծանր մետաղներից հողերի մաքրման էլեկտրակինետիկական մեթոդը, այս գործընթացի քիմիական և ֆիզիկական մեխանիզմները, արդյունավետության վրա ազդող գործոնները, կիրառման ոլորտները, մեթոդի առավելությունները և թերությունները:

#### ԳԼՈՒԽ 4

### ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՕԲՅԵԿՏԸ ԵՎ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Չորրորդ գլխում տրվում է ուսումնասիրության օբյեկտ հանդիսացող հողատիպերի, Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերի և ձկների ու խեցգետինների նմուշատման գործընթացի, դիտակետերի և օգտագործված մեթոդների նկարագրությունը:

Աշխատանքներն իրականացվել են 2006-2011թ. ընթացքում:

Հեղուկ միջավայրի և պլաստիկության սահմանը որոշվել են համաձայն ASTM D432 ստանդարտի, իսկ օպտիմալ խոնավությունը՝ ըստ ASTM D698 ստանդարտի:

Էլեկտրահաղորդականությունը որոշելու համար 10 սմ<sup>3</sup> ծավալով չորացված հողն անց է կացվել 2 մմ տրամագիծ ունեցող (№10) մաղով և լցվել 50 մլ տարողությամբ հեղուկաչափի մեջ, որից հետո ավելացվել է 20 մլ ապահոնիզացված ջուր: 30 ր անց ցենտրիֆուգի միջոցով հողն առանձնացվել է ջրից և EC-մետրով որոշվել է հեղուկի էլեկտրահաղորդականությունը:

Հողի pH-ը որոշելու համար 10 գ օդաչոր հողը լցվել է հեղուկաչափի մեջ և ավելացվել 10 մլ թորած ջուր: Այնուհետև ցենտրիֆուգի միջոցով պինդ մասնիկներն առանձնացվել են հեղուկից և կատարվել է ջրածնային ցուցիչի որոշում pH-մետրի օգնությամբ:

Հողում նստվածքներում սնդիկի պարունակությունը որոշելու համար վերցված հողի նմուշը տեղադրվել է չորացնող պահարանում՝ 40°C ջերմաստիճանում 48 ժամ: Այնուհետև Hg-անալիզատորով որոշվել է հողում սնդիկի պարունակությունը:

Որսված ձկները սառեցվել են սառնարանում, նրանցից առանձնացվել են մկանային հյուսվածքները և չորացվել չորացնող պահարանում՝ 60°C ջերմաստիճանում: Չորացված նմուշները տրորվել են ազաթե սանդի մեջ, որից հետո կատարվել է սնդիկի պարունակության որոշում Hg-անալիզատորով՝ համաձայն ASTM D-6722 ստանդարտի: Նույն եղանակով որոշվել է նաև սնդիկի պարունակությունը ծովային խեցգետինների հյուսվածքներում:

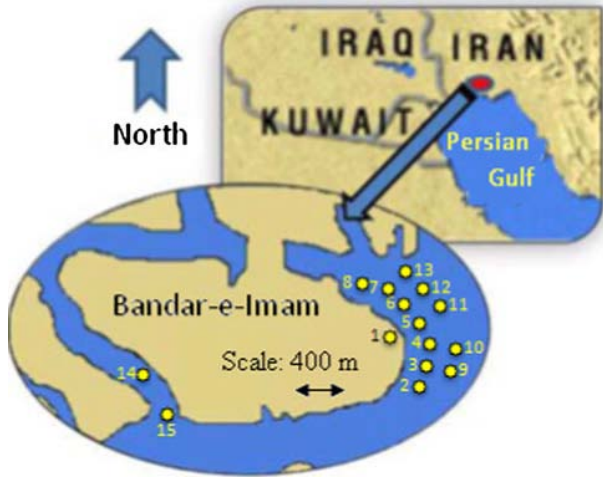
#### ԳԼՈՒԽ 5

### ՈՒՍԿԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒՄ ԳՏՆՎՈՂ ՀՈՂԵՐԻ ՈՒ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆԸ ԵՎ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՎՐԱ

#### 5.1. Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերի սնդիկով աղտոտումը

Ուսումնասիրվել է «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքում Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերի սնդիկով աղտոտվածության բաշխվածությունը: Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերում ընտրված դիտակետերի դասավորությունը ներկայացված է գծանկար 1-ում:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ սնդիկի պարունակությունը էականորեն տարբերվում է արևմտյան (2 - 8 դիտակետեր) և արևելյան (9 - 13 դիտակետեր) հատվածներում ընտրված դիտակետերում (աղ. 1):



**Պատկեր 1.** «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքում ընտրված դիտակետերի սխեմատիկ քարտեզը:

«Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքում Պարսից ծոցի առափնյա և նստվածքային շերտերից վերցված փորձանմուշներում սնդիկի պարունակության տվյալները ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:

Այս տարածքում Պարսից ծոցի ափքները գնում են դեպի արևմուտք, քանի որ քամիների ուղղությունն արևմտյան է: Չնայած այս տարածքում գոյություն ունեցող քամիներին և ջրի ափքների, այնուամենայնիվ սնդիկի պարունակությունը ջրում չի տարածվում մեծ հեռավորությունների վրա, ինչը պայմանավորված է նստվածքների լիթոլոգիական կազմով: Քանի որ դրանք ունեն կավային կազմություն, կուտակված բացասական լիցքեր և սնդիկի հետ փոխազդելու հատկություն, հետևաբար կանխում են սնդիկի պարունակության տարածմանը մեծ հեռավորությունների վրա:



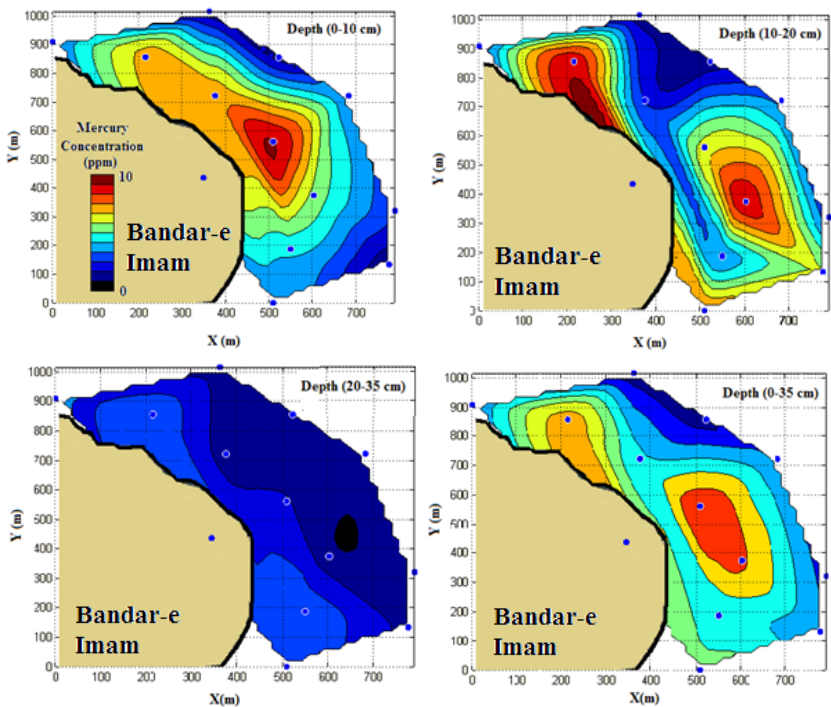
## Աղյուսակ 1.

Սնդիկի պարունակությունը (մգ/կգ) Պարսից ծոցի առափնյա և նստվածքային շերտերից վերցված փորձանմուշներում:

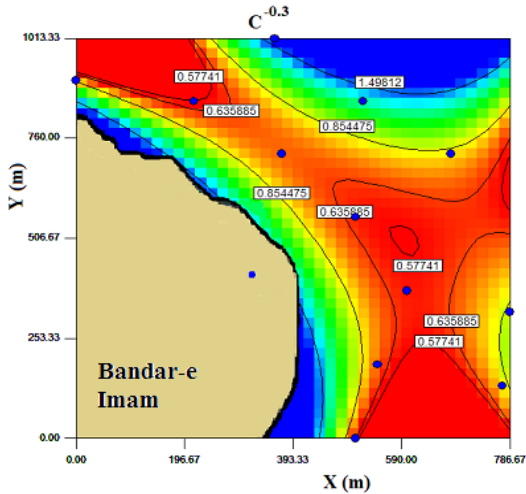
<b>Դիտակետ</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Խորություն</b> (սմ)	<b>0-10</b>	103,70	2,77	4,30	5,70	10,03	7,59	7,38	2,92
	<b>10-20</b>	26,06	7,82	3,30	9,64	6,41	1,93	9,63	2,23
	<b>20-35</b>	9,79	2,41	2,22	0,11	0,53	0,22	2,11	0,71
	<b>0-35</b>	46,52	4,33	3,28	5,15	5,66	3,25	6,37	1,95
<b>Դիտակետ</b>		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
<b>Խորություն</b> (սմ)	<b>0-10</b>	0,15	1,97	2,99	0,64	0,35	1,15	0,42	
	<b>10-20</b>	6,02	2,23	2,63	0,47	0,18	0,80	0,56	
	<b>20-35</b>	0,21	0,38	0,19	0,34	0,03	0,73	0,15	
	<b>0-35</b>	2,12	1,52	1,93	0,49	0,18	0,89	0,37	

Բնչպես երևում է աղյուսակ 1-ից, սնդիկի պարունակությունը նստվածքային շերտերում նվազել է՝ ըստ «Բանդար Բմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության արտադրական կեղտաջրերի արտահոսման վայրից ունեցած հեռավորության, ինչը հաստատում է «Բանդար Բմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության, որպես միջավայրի սնդիկով աղտոտման աղբյուր լինելու հանգամանքը: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տվել նաև, որ սնդիկի պարունակությունը նվազել է՝ ըստ նստվածքային շերտերի խորության, իսկ սնդիկի պարունակության առավելագույն արժեքները դիտվել են մակերեսային շերտերում: Սնդիկի պարունակության ամենաբարձր արժեքը դիտվել է առաջին դիտակետում, որը տեղակայված է «Բանդար Բմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության արտադրական կեղտաջրերի հեռացման համակարգի մոտակայքում: 0-10 սմ խորության նստվածքային շերտերում սնդիկի ամենաբարձր պարունակությունը գրանցվել է 5-րդ դիտակետում, որը գտնվում է կեղտաջրերի հեռացման համակարգից ամենամոտ հեռավորության վրա: 10-20 սմ խորության նստվածքային շերտերում սնդիկի ամենաբարձր պարունակությունը դիտվել է 4-րդ և 7-րդ դիտակետերում, իսկ 20-30 սմ խորության շերտերում՝ 2-րդ և 7-րդ դիտակետերում, որոնք գտնվում են կեղտաջրերի հեռացման համակարգից մեծ հեռավորության վրա: Սա բացատրվում է Պարսից ծոցի հյուսիսային հատվածում նավարկություններով, որոնք առաջացնում են տուրբուլենտություն նստվածքների մակերեսային շերտերում: Սնդիկի ամենացածր պարունակությունը գրանցվել է 14-րդ և 15-րդ դիտակետերում, որոնք ընտրվել են որպես ֆոնային:

Աղտոտման աղբյուրից ունեցած հեռավորությունից և նստվածքային շերտերի խորությունից կախված Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերում սնդիկի պարունակության բաշխվածության ուսումնասիրություն իրականացվել է խորանարդային և բազմանդամ խորանարդային մոդելների միջոցով (գծանկար 2 և 3): Նմանատիպ մոդելավորումները կարող են օգտագործվել «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության արտադրական կեղտաջրերի հեռացման համակարգի շրջակայքում սնդիկով աղտոտվածության կանխատեսումների նպատակով: Ուսումնասիրվել են ռեգրեսիոն մոդելի տարբեր ձևեր (էքսպոնենտալ, գծային, բազմանդամային և աստիճանային) և արդյունքում ստացվել է գծանկար 3-ում ներկայացված բազմանդամ խորանարդային մոդելը:



**Գծանկար 2.** 0-10, 10-20, 20-35 և 0-35 սմ խորություններում սնդիկի պարունակության բաշխվածությունը ըստ քառակուսային մոդելի:



**Գծանկար 3.** 0-35 սմ խորություններում սնդիկի պարունակության քառաչափական քարտեզը՝ ըստ բազմանդամ քառակուսային մոդելի:

### 5.2. Սնդիկի պարունակությունը բենթոսային մակրոօրգանիզմներում

Ուսումնասիրվել է *Euryglossa orientalis* ձկնատեսակի, *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների ծովային խեցգետնակերպերի օրգանիզմներում սնդիկի պարունակությունը Պարսից ծոցի հյուսիսային մասում, որտեղ տեղակայված է «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպությունը: Արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 2-ում և գծանկարներ 4-7-ում: Սնդիկի ցանկացած պարունակություն ձկան օրգանիզմում կարող է հանդիսանալ աղտոտիչ: Սնդիկի բարձր պարունակությունը *Euryglossa orientalis* ձկնատեսակի մկանային հյուսվածքներում պայմանավորված է նրանով, որ ձկան որսն իրականացվել է «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության մոտակայքից, ինչպես նաև այն հանգամանքով, որ այս ձկնատեսակը մերձհատակային կենսակերպ է վարում:

Ուսումնասիրվել է սնդիկի պարունակության և կենդանու քաշի/երկարության միջև կապը *Penaeus semisulcatus* տեսակի խիտինային ծածկույթում, մկաններում և ներքին օրգաններում: Գծային ռեգրեսիոն անալիզի միջոցով բացահայտվել է թույլ համահարաբերակցական կապ՝ կենդանու ընդհանուր քաշի/երկարության և մկաններում ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև, իսկ ընդհանուր քաշի/երկարության և խիտինային ծածկույթում սնդիկի պարունակության միջև չի դիտվել որևէ կորելացիոն կապ:

## Աղյուսակ 2.

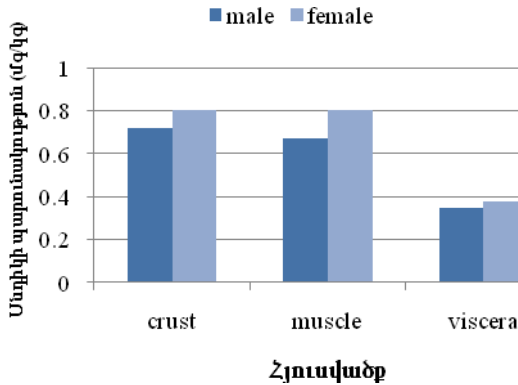
Սնդիկի պարունակությունը *Euryglossa orientalis* ձկնատեսակի մկանային հյուսվածքում (մգ/կգ):

Նմուշաման ամսաթիվ	Նմուշ No									Միջին	Ստանդարտ շեղում
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
15.04.2010	0,1038	0,1017	0,1044	0,1028	0,1041	0,1027	0,1039	0,1048	0,1032	0,1035	0,0010
15.05.2010	0,1028	0,1005	0,1007	0,1019	0,1005	0,1044	0,1022	0,1000	0,1028	0,1018	0,0014
15.06.2010	0,0995	0,1015	0,1052	0,1039	0,102	0,1042	0,1000	0,1015	0,1026	0,1023	0,0019
15.07.2010	0,1017	0,0997	0,1022	0,1004	0,1006	0,0984	0,0968	0,1001	0,1009	0,1001	0,0017

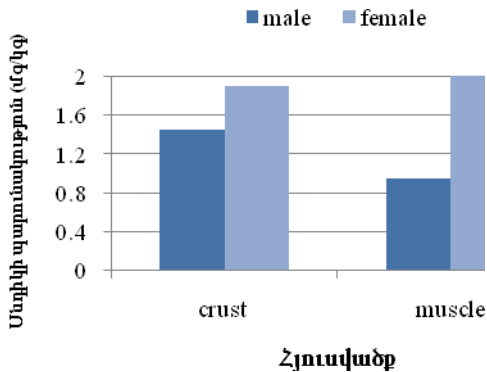
*Penaeus semisulcatus* տեսակի էգերի և արունների հյուսվածքներում սնդիկի պարունակության համեմատությունը կատարվել է t-test-ի միջոցով, որի արդյունքում բացահայտվել է, որ էգերի մոտ սնդիկի պարունակությունն ավելի բարձր է մկաններում և խիտինային ծածկույթում, իսկ արունների մոտ՝ ներքին օրգաններում:

Գծային ռեգրեսիոն անալիզի միջոցով բացահայտվել է բացասական նշանակալի կորելացիոն կապ *Thenus orientalis* տեսակի ծովային խեցգետնի ընդհանուր քաշի ու մկաններում սնդիկի պարունակության միջև և դրական նշանակալի կորելացիոն կապ՝ կենդանու ընդհանուր քաշի ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև, իսկ ընդհանուր քաշի և խիտինային ծածկույթում սնդիկի պարունակության միջև չի դիտվել որևէ կորելացիոն կապ:

Ուսումնասիրվել է նաև *Thenus orientalis* ծովային խեցգետնի խիտինային ծածկույթում, մկաններում ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության և կենդանու երկարության միջև կապը: Բացահայտվել է թույլ բացասական կորելացիոն կապ՝ կենդանու ընդհանուր երկարության ու մկաններում սնդիկի պարունակության միջև, և դրական նշանակալի կորելացիոն կապ՝ ընդհանուր երկարության ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև, իսկ ընդհանուր երկարության և խիտինային ծածկույթում սնդիկի պարունակության միջև չի դիտվել որևէ կորելացիոն կապ:

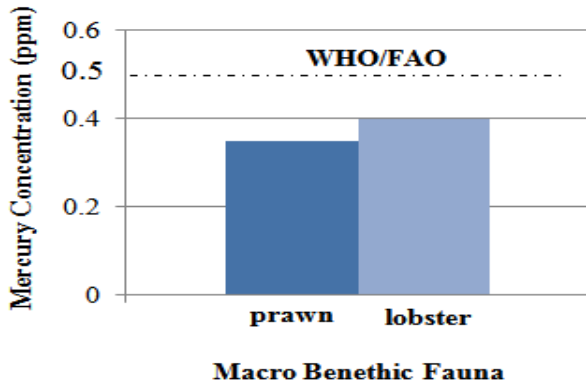


**Գծանակար 4.** Սնդիկի պարունակությունը *Penaeus semisulcatus* տեսակի օրգանիզմում՝ ըստ սեռի:



**Գծանակար 5.** Սնդիկի պարունակությունը *Thenus orientalis* տեսակի օրգանիզմում՝ ըստ սեռի:

*Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների ծովային խեցգետնակերպերի մկանային հյուսվածքում սնդիկի պարունակությունը համեմատվել է Առողջապահության համաշխարհային կազմակերպության (ԱՀԿ) ու Պարենի և գյուղատնտեսության կազմակերպության (ՊԳԿ) կողմից սահմանված թույլատրելի նորմայի հետ (0,5 մգ/կգ): Ինչպես գծանակար 6-ից երևում է, սնդիկի պարունակությունը *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների մկանային հյուսվածքում եղել է նորմայի սահմաններում:



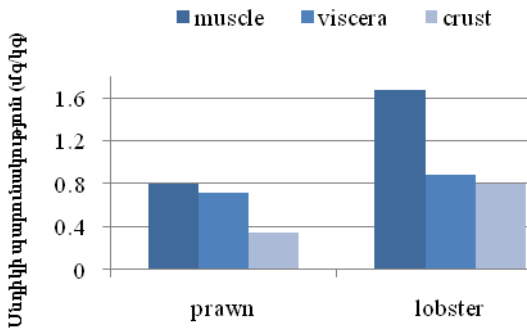
**Գծանկար 6.** *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների օրգանիզմում սնդիկի պարունակության համեմատությունը Առողջապահության համաշխարհային կազմակերպության (ԱՀԿ) ու Պարենի և գյուղատնտեսության կազմակերպության (ՊԳԿ) կողմից սահմանված թույլատրելի նորմայի հետ:

*Penaeus semisulcatus* տեսակի հյուսվածքներում սնդիկի պարունակությունն աճել է ըստ կենդանու ընդհանուր քաշի և երկարության, ինչը բացատրվում է նրանով, որ հասուն կենդանիների հյուսվածքներում սնդիկի պարունակության կուտակման գործընթացը, համեմատած դեռահասների՝ ավելի երկար տևողություն է ունենում: Բացի այդ, հասուն կենդանիներն իրենց կենսական ցիկլում ավելի երկար ժամանակահատված են անցկացնում մերձհատակյա շերտերում, քան դեռահասները, որի հետևանքով ավելի շատ են ենթարկվում սնդիկի ազդեցությանը: Նույն առանձնահատկություններով բնորոշվում է նաև *Thenus orientalis* տեսակի ծովային խեցգետինը, սակայն նրա հյուսվածքներում սնդիկի պարունակության և կենդանու ընդհանուր քաշի ու երկարության միջև չի դիտվել որևէ դրական համահարաբերակցական կապ, ինչը հնարավոր է պայմանավորված լինել կենդանու սնման ռեժիմով, աղտոտված տարածքներում գտնվելու ժամանակահատվածով կամ նմուշների փոքր թվով: *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների ծովային խեցգետնակերպերի խիտինային ծածկույթում սնդիկի պարունակության և ընդհանուր քաշի ու երկարության միջև չի դիտվել որևէ կորելացիոն կապ, ինչը կարող է բացատրվել խեցգետինների մաշկափոխության և կատարված ուսումնասիրությունների ժամանակահատվածների համընկնմամբ: *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակությունն աճել է՝ ըստ կենդանիների քաշի և երկարության, ինչը հնարավոր է պայմանավորված լինել հասուն կենդանիների սնդիկ չափաբաժնի ավելացմամբ, ինչպես նաև մերձհատակյա կյանք վարելու հանգամանքով:

Մնդիկի պարունակության ուսումնասիրությունները *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների էգ և արու առանձնյակների հյուսվածքներում ցույց են տվել, որ սնդիկի պարունակությունը մկաններում և խիտինային ծածկույթում ավելի բարձր է եղել էգերի մոտ, իսկ ներքին օրգաններում՝ *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների համապատասխանաբար արուների և էգերի մոտ (աղ. 4, 5): Էգ առանձնյակների աճն ու զարգացումն ընթանում է ավելի դանդաղ, քան արուներինը, հետևաբար էգ առանձնյակներն ավելի երկար ժամանակահատված են ենթարկվում սնդիկի ազդեցությանը, քան նույն չափի արուները:

Մնդիկի պարունակությունը *Thenus orientalis* տեսակի մկաններում, ներքին օրգաններում և խիտինային ծածկույթում ավելի բարձր է եղել, քան *Penaeus semisulcatus* տեսակի ծովային խեցգետնի հյուսվածքներում (աղ. 7): Դա հնարավոր է պայմանավորված լինել կենդանիների երկարակեցությամբ, ինչը 1,5-2 տարի է *Penaeus semisulcatus* և 4-5 տարի՝ *Thenus orientalis* համար: Օրգանիզմում սնդիկի պարունակության չափը կախված է նաև կենդանիների ապրելավայրից ու վարքագծից:

Ուսումնասիրված ծովային խեցգետնակերպերի 2 տեսակներն էլ համարվում են բենթոսային կենդանիներ, սակայն *Thenus orientalis* ծովային խեցգետինը հակում ունի իր մարմինը թաքցնել աղտոտված նստվածքներում:



**Բենթոսային մակրոօրգանիզմներ**

**Գծանակար 7.** *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների ծովային խեցգետնակերպերի տարբեր հյուսվածքներում սնդիկի պարունակության համեմատությունը:

**ԳԼՈՒԽ 6**  
**ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐԻ ՄԱՔՐՈՒՄԸ ՄԼԴԻԿԻՑ**

6.1. Մնդիկի պարունակության փոփոխությունները կավազակային և «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային հողերում

Ուսումնասիրության նպատակով վերցվել են երկու տիպի հողանմուշներ: Առաջին հողատիպը իրենից ներկայացնում է կավաավազային հող (2 մաս կավ : 1 մաս ավազ), որն արհեստականորեն աղտոտվել է սնդիկով (սնդիկի պարունակությունը՝ մոտ 98 մգ/կգ), իսկ երկրորդը՝ «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային հող: Ուսումնասիրության նպատակով կավաավազային հողատիպի ընտրությունը պայմանավորված է եղել նրանով, որ դրա մասնիկների չափերը մոտ են «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակայքի կավային հողերի մասնիկների չափերին: Հողանմուշների ընդհանուր բնութագիրը բերված է աղյուսակ 3-ում, որտեղ երևում է, որ սնդիկի պարունակությունը բավականին բարձր է եղել «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային հողում և գերազանցել է սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիան (20 մգ/կգ) 5,5 անգամ, ինչը կարող է սպառնալիք հանդիսանալ ինչպես շրջակա միջավայրի, այնպես էլ մարդու առողջության համար, հետևաբար վերջինիս ուսումնասիրությունն առավել հրատապ է:

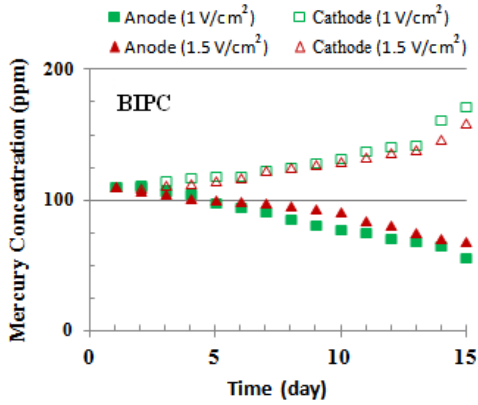
**Աղյուսակ 3.**

«Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային և արհեստականորեն աղտոտված կավաավազային հողանմուշների ընդհանուր բնութագիրը:

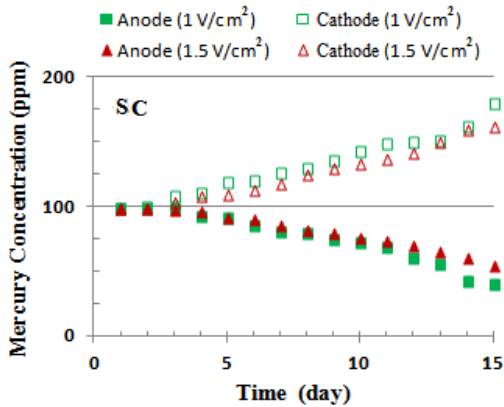
Հողի բնութագիրը	Հողանմուշ	
	Կավային	Կավաավազային
Հեղուկ միջավայրի սահմանը (%)	62	65
Պլաստիկության սահմանը (%)	19	18
Օպտիմալ խոնավությունը (%)	20	25
pH	7,2	7,92
Սնդիկի պարունակություն (մգ/կգ)	110	98

Մնդիկից հողերի մաքրման գործընթացն իրականացվել է էլեկտրակինետիկական մեթոդով: Աղտոտված երկու տիպի հողանմուշների մաքրման ժամանակ կիրառվել են երկու տիպի լարումներ՝ 1 և 1,5 Վ/սմ<sup>2</sup>: Մնդիկի ավազանում օգտագործվել է թորած ջուր, իսկ կատոդի ավազանում՝ 0,1 և 0,4 Մ KI-ի լուծույթ: Մաքրման գործընթացի տևողությունը կազմել է 15 օր: Ուսումնասիրության արդյունքները ներկայացված են գծանկարներ 8 և 9-ում:



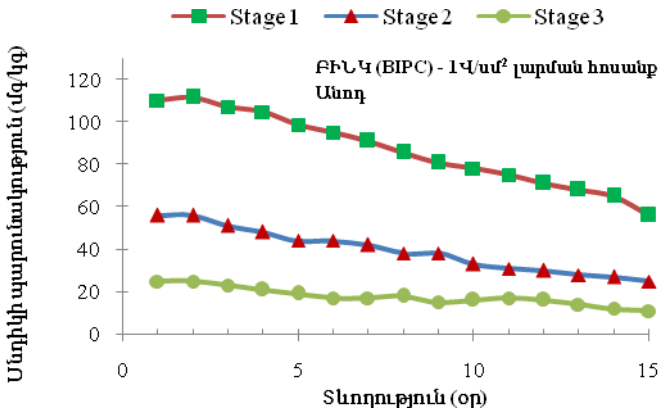


**Պճանկար 8.** Մնդիկի պարունակության փոփոխությունները «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային հողանմուշի էլեկտրակինետիկական մեթոդով մաքրման գործընթացում:



**Պճանկար 9.** Մնդիկի պարունակության փոփոխություններն արհեստականորեն աղտոտված կավաավազային հողանմուշի էլեկտրակինետիկական մեթոդով մաքրման գործընթացում:

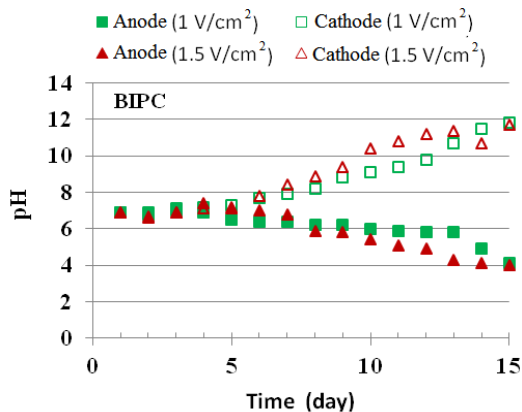
Ուսումնասիրություններից բացահայտվել է, որ սնդիկով արհեստականորեն աղտոտված կավաավազային (2 մաս կավ : 1 մաս ավազ) և «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակայքից վերցված կավային հողերի մաքրման գործընթացում ավելի բարձր արդյունավետություն նկատվում է 1 Վ/սմ<sup>2</sup> լարման հոսանք կիրառելիս, որտեղ որպես կատիոլիտ օգտագործվում է 0,4Մ KI-ի լուծույթ, իսկ որպես անիոլիտ` ջուր (զծ. 8 և 9): KI-ի լուծույթի օգտագործման ժամանակ KI և Hg(II) միացությունների փոխազդեցության հետևանքով առաջանում է լավ լուծելիություն ունեցող կոմպլեքս` HgI<sub>4</sub><sup>2-</sup>, որն ուղղորդվում է դեպի անոդ: Վերոնշյալ եղանակով հնարավոր է եղել արհեստականորեն աղտոտված հողանմուշում սնդիկի պարունակությունը նվազեցնել 98 մգ/կգ-ից 39 մգ/կգ, իսկ «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա աղտոտված տարածքից վերցված հողանմուշում` 110 մգ/կգ-ից 56 մգ/կգ (զծանկար 8 և 9): «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա հողերի սնդիկով աղտոտվածության չափազանց բարձր աստիճանի շնորհիվ, նրա մաքրումը մինչև թույլատրելի սահմանը հնարավոր է եղել միայն մի քանի փուլով մաքրման աշխատանքների իրականացմամբ: Նույն պայմաններով իրականացված մաքրման երկրորդ փուլի արդյունքում սնդիկի պարունակությունը «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված հողանմուշում նվազել է 56 մգ/կգ-ից 25 մգ/կգ: Սնդիկի պարունակության նվազեցումը մինչև թույլատրելի սահման հնարավոր է եղել նույն պայմաններով մաքրման երրորդ փուլի կիրառմամբ, որի արդյունքում այն նվազել է 25 մգ/կգ-ից 11 մգ/կգ:



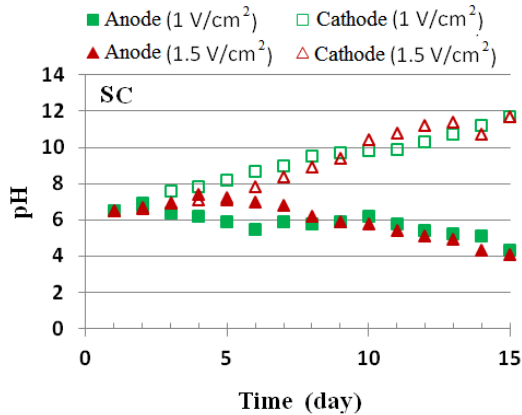
**Գծանկար 10.** «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված կավային հողանմուշի 3 փուլով էլեկտրակինետիկական մեթոդով մաքրման գործընթացներում սնդիկի պարունակության փոփոխությունները անոդի ավազանում 1 Վ/սմ<sup>2</sup> լարման հոսանքի կիրառելիս:

6.2. pH-ի արժեքի փոփոխությունն էլեկտրակինետիկական մեթոդով հողերի մաքրման գործընթացում

Էլեկտրակինետիկական մեթոդով հողերի մաքրման գործընթացում pH-ի արժեքի փոփոխությունը ներկայացված է գծանկարներ 11-ում և 12-ում: Փորձի սկզբնական փուլում հողանմուշներում հոսանքի ուժը եղել է բարձր՝ պայմանավորված մեծ քանակությամբ իոնների առկայությամբ, որոնք նպաստում են էլեկտրոլիզի հետևանքով  $H^+$  և  $OH^-$  իոնների առաջացմանը: Այդ պատճառով էլ pH-ի արժեքը փորձի սկզբնական փուլում եղել է ավելի բարձր, քան հետագա փուլերում:



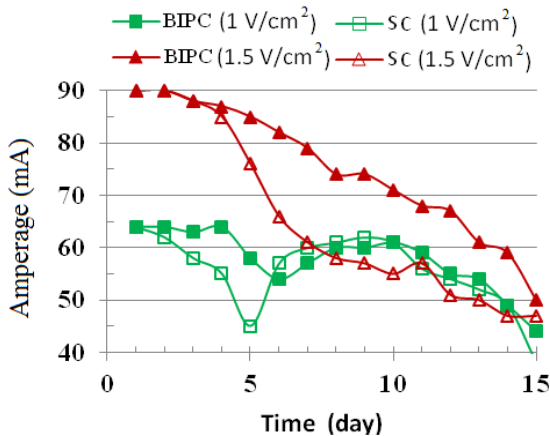
**Գծանկար 11.** pH-ի արժեքի փոփոխությունն էլեկտրակինետիկական մեթոդով կավային հողանմուշի մաքրման գործընթացում:



**Պճանկար 12.** pH-ի արժեքի փոփոխությունն էլեկտրակլինետիկական մեթոդով կավաավազային հողանմուշի մաքրման գործընթացում:

6.3. Հոսանքի ուժի փոփոխություններն էլեկտրակլինետիկական մեթոդով հողերի մաքրման գործընթացում

Փորձերի ընթացքում հողանմուշներում հոսանքի ուժի փոփոխությունները ներկայացված են գճանկար 13-ում:



**Պճանկար 13.** Հոսանքի ուժի փոփոխությունն էլեկտրակլինետիկական մեթոդով կավային և կավաավազային հողանմուշների մաքրման գործընթացում:

Հոսանքի ուժի փոփոխությունները «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված հողանմուշում եղել են ավելի փոքր, քան կավաավազային հողանմուշում, ինչը պայմանավորված է եղել հողի հատկություններով: Հողանմուշներում ավելացվել է ջուր՝ աղերի լուծելիության և իոնների առաջացման նպատակով: Փորձի սկզբնական շրջանում հոսանքի ուժը հողանմուշներում եղել է բարձր, ինչը պայմանավորված էր հողերում իոնների մեծ քանակությամբ: Հետագայում հոսանքի ուժն աստիճանաբար նվազել է, քանի որ կատիոններն ու անիոններն ուղղորդվել են դեպի էլեկտրոդներ: Կատոդի և անոդի ավազաններում  $H^+$  և  $OH^-$  իոնների միացումից առաջանում է ջուր և հողանմուշներում իոնների պարունակությունը նվազում է: Էլեկտրակինետիկական մեթոդով հողերի մաքրման գործընթացում կիրառվել է երկու տիպի լարումներ՝ 1 և 1,5 Վ/սմ<sup>2</sup>: Հոսանքի լարման բարձրացմանը զուգընթաց սնդիկից հողերի մաքրման գործընթացի արդյունավետությունը նվազել է, ինչը բացատրվում է նրանով, որ հոսանքի լարման բարձրացման դեպքում բարձրանում է հողի ջերմաստիճանը և նվազում է խոնավությունը:

#### ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքի սնդիկով աղտոտման հիմնական աղբյուր է հանդիսացել կազմակերպության կեղտաջրերի հեռացման համակարգը: Պարսից ծոցի նստվածքային շերտերում սնդիկի պարունակությունը նվազում է ըստ կազմակերպության կեղտաջրերի հեռացման համակարգից ունեցած հեռավորության: Սնդիկի պարունակությունը նվազել է ըստ նստվածքային շերտերի խորության, իսկ ամենաբարձր պարունակությունները դիտվել են 1-10 սմ խորություններում:
2. Ուսումնասիրվել է սնդիկի պարունակությունը ծովային հիդրոբիոտոններ *Euryglossa orientalis* ձկնատեսակի և *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* խեցգետնակերպերի օրգանիզմում:  
Նշվել է սնդիկի բարձր պարունակություն *Euryglossa orientalis* ձկնատեսակի մկանային հյուսվածքներում (0,0968-0,1052 մգ/կգ):  
Սնդիկի պարունակությունը *Thenus orientalis* տեսակի հյուսվածքներում ավելի բարձր էր, քան *Penaeus semisulcatus* տեսակի մոտ, սակայն երկուսի մոտ էլ այն եղել է թույլատրելի նորմայի սահմաններում:
3. Ուսումնասիրվել է *Penaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* հիդրոբիոտոնների հյուսվածքներում (մկաններ, խիտինային ծածկույթ, ներքին օրգաններ) սնդիկի պարունակության և կենդանիների ձևաչափական ցուցանիշների (երկարություն, քաշ) միջև կորելացիոն

կապերի առկայությունը: Գծային ռեգրեսիոն անալիզի միջոցով բացահայտվել է.

ա) *Panaeus semisulcatus*-ի մոտ.

թույլ համահարաբերակցական կապ՝ կենդանու ընդհանուր քաշի/երկարության և մկաններում ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև:

բ) *Thenus orientalis* մոտ.

- բացասական նշանակալի կորելացիոն կապ՝ ընդհանուր քաշի ու մկաններում սնդիկի պարունակության միջև
  - դրական նշանակալի կորելացիոն կապ՝ կենդանու ընդհանուր քաշի ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև
  - թույլ բացասական կապ՝ կենդանու ընդհանուր երկարության ու մկաններում սնդիկի պարունակության միջև և
  - դրական նշանակալի կորելյացիոն կապ՝ ընդհանուր երկարության ու ներքին օրգաններում սնդիկի պարունակության միջև:
4. Սնդիկի պարունակության ուսումնասիրությունները *Panaeus semisulcatus* և *Thenus orientalis* տեսակների էգ և արու առանձնյակների հյուսվածքներում ցույց են տվել, որ սնդիկի պարունակությունը մկաններում և խիտինային ծածկությունում ավելի բարձր էր էգերի մոտ: Ներքին օրգաններում սնդիկի ավելի բարձր կոնցենտրացիա է նշվել *Panaeus semisulcatus* արուների և *Thenus orientalis* էգերի մոտ:

Հետազոտված հիդրոֆիտների հյուսվածքներում սնդիկի պարունակության վերաբերյալ ստացված տվյալները կարող են բացատրվել այդ տեսակների ապրելավայրի, ապրելակերպի, զարգացման և վարքագծի առանձնահատկություններով, կյանքի տևողությամբ:

5. Էլեկտրակինետիկական մեթոդով հողերի մաքրման գործընթացում կիրառվել է երկու տիպի լարումներ՝ 1 և 1,5 Վ/սմ<sup>2</sup>: Հոսանքի լարման բարձրացմանը զուգընթաց սնդիկից հողերի մաքրման գործընթացի արդյունավետությունը նվազել է, ինչը բացատրվում է նրանով, որ հոսանքի լարման բարձրացման դեպքում բարձրանում է հողի ջերմաստիճանը և նվազում է խոնավությունը:
6. Սնդիկով արհեստականորեն աղտոտված կավաավազային հողանմուշում մաքրման գործընթացի արդյունավետությունն ավելի բարձր է եղել, քան «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակայքից վերցված կավային հողերում: Հողանմուշների մաքրման գործընթացում ավելի բարձր արդյունավետություն նկատվել է 1 Վ/սմ<sup>2</sup> լարման հոսանք կիրառելիս,

որտեղ որպես կատիոլիտ օգտագործվել է 0,4Մ KI-ի լուծույթ, իսկ որպես անիոլիտ՝ ջուր, որի դեպքում սնդիկի պարունակությունը «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված հողում նվազել է 110 մգ/կգ-ից 56 մգ/կգ, իսկ արհեստականորեն աղտոտված կավաավազային հողում՝ 98 մգ/կգ-ից 39 մգ/կգ:

7. «Բանդար Իմամ» նավթաքիմիական կազմակերպության շրջակա տարածքից վերցված հողանմուշի մաքրումը մինչև թույլատրելի սահմանը (20 մգ/կգ) հնարավոր է եղել միայն 3 անգամյա իրականացմամբ: Մաքրման երկրորդ փուլում սնդիկի պարունակությունը հողում նվազել է 56 մգ/կգ-ից 25 մգ/կգ, իսկ երրորդ փուլում՝ 25 մգ/կգ-ից 11 մգ/կգ:

#### ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԹԵՄԱՅՈՎ ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԸ

1. Godarzi Nik M., Essmaily A., Sadatipour M. T. Determination of mercury from industrial colore alcaly in Petrochemical Emam port // 7th International Congress on civil engineering Tarbiat Modarres University, Theran, 2006, p. 517.
2. Godarzinik M., K. V. Grigoryan, H. S. Movsesyan. Determination of mercury concentration in Bandar Imam marine sediments (Persian Gulf) // Biological Journal of Armenia, 2010, 4 (62), pp. 66-72.
3. Godarzi Nik M. Role of flow and PH in the electrokinetics remediation of the mercury contaminations // Proceedings of Engineering Academy of Armenia, 2012, 9 (1), pp. 240-244.
4. Godarzi Nik M., Shahbazi B., Grigoryan K. The study of mercury pollution distribution around a chlor-alkali petrochemical complex, Bandar Imam, southern Iran // Environ Earth Sci, 2012, 67 (5), pp. 1485-1492.
5. Goudarzi Nik M., Shahbazi B. Mercury removal from sea sediments using electrokinetics method. Lambert Academic Publishing, Germany, 2012, 92 p.
6. Godarzi Nik M., Shahbazi B., Naserian S. Electrokinetics remediation of mercury contaminations of Bandar Imam Petrochemical Complex of Iran // Asian Journal of Chemistry. 2013, vol. 25, N 7, pp. 3942-3946.

## МОХАМАД ГОДАРЗИ НИК

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И ОСАДКОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РТУТЬЮ, И ПУТИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

### Резюме

Работа посвящена изучению содержания ртути в гидробионтах и донных отложениях Персидского залива и почвах окрестностей нефтехимического комплекса Бендер-Имам (ВПС), находящегося на юге Ирана. Район расположен в северной части Персидского залива, в провинции Хузестан, с ориентировочными координатами 30°26'N и 49°07' E. Область рассматривается как часть зоны Загрос. Эта зона очень важна, поскольку здесь имеются большие запасы углеводородов. Здесь также развита промышленность. Одними из главных промышленных загрязнителей являются тяжелые металлы, на долю которых приходится около 16% от общего загрязнения почвы. Тяжелые металлы, такие, как ртуть, токсичны, часто обнаруживаются в окружающей среде - как в почве, так и в поверхностных и грунтовых водах. С целью уменьшения опасности загрязнения, должны быть предприняты некоторые меры, и одной из основных задач настоящего и будущих поколений является защита окружающей среды методом удаления таких загрязнителей, как ртуть и ее токсичные соединения.

Первая глава посвящена описанию ртути, ее характеристике, применению и воздействию на окружающую среду. Во второй главе рассматриваются различные методы удаления ртути из почвы. В третьей главе подробно обсуждается применение электрокинетического метода. В четвертой главе представлены материалы и методы исследования, а в пятой - результаты и обсуждение.

Показано, что основным источником загрязнения ртутью почв и гидроэкосистем Персидского залива на исследуемой территории являются отходы нефтехимического комплекса ВПС. Содержание ртути в донных отложениях залива уменьшается с горизонтальным удалением от ВПС. Кроме того, показано, что концентрация ртути уменьшается в зависимости от глубины донных отложений, и максимальное ее содержание отмечено в слое 0-10 см.

Исследования показали, что концентрация ртути (110 мг/кг) в почвах окрестностей нефтехимического блока Бендер-Имам была в 5,5 раз выше предельно допустимой (20 мг/кг), что может рассматриваться как потенциальная угроза для окружающей среды и здоровья человека.

Изучено содержание ртути в организме рыб *Euryglossa orientalis* и морских ракообразных *Penaeus semisulcatus* и *Thenus orientalis*.

Отмечено высокое содержание ртути в мышечной ткани рыб *Euryglossa orientalis* (0,0968-0,1052 мг/кг).

Содержание ртути в тканях *Thenus orientalis* было выше, чем у *Penaeus semisulcatus*. У обоих видов морских ракообразных концентрация ртути не превышала пределы допустимых норм.

Изучена корреляция между содержанием ртути в организме (мышцы, внутренние органы, хитиновый покров) гидробионтов *Penaeus semisulcatus* и *Thenus orientalis* и их морфометрическими показателями (длина тела, вес).



По результатам линейного регрессионного анализа у *Penaeus semisulcatus* выявлена слабая корреляционная связь между общим весом/длиной тела и содержанием ртути в мышцах и внутренних органах, а у *Thenus orientalis* отмечена значительная отрицательная корреляционная связь между общим весом и содержанием ртути в мышцах; видимая положительная связь между общим весом и содержанием ртути во внутренних органах, а также слабая отрицательная связь между длиной тела и содержанием ртути в мышцах и положительная корреляция между длиной и содержанием ртути во внутренних органах.

Показано, что содержание ртути в мышцах и хитиновом покрове у самок *Penaeus semisulcatus* и *Thenus orientalis* выше, чем у самцов, а во внутренних органах – выше у самцов *Penaeus semisulcatus* и самок *Thenus orientalis*.

Полученные данные по содержанию ртути в организме изученных гидробионтов могут быть связаны с особенностями их местообитания, образа жизни, развития, поведения и длительностью их жизни.

Проведены эксперименты по оценке эффективности электрохимического удаления ртути из почвы в течение 15 дней; при этом использовалась вода у анода и раствор KI у катода. Исследования проводились с двумя типами грунта: 1) смесь песка и глины (в соотношении 1:2), искусственно загрязненная ртутью (контроль) и 2) образец, взятый из ВРС. Удаление ртути из контроля было выше, чем в образце из ВРС. При использовании католита и с приложением градиента напряжения  $1\text{В/см}^2$ , концентрация ртути в контроле снизилась с 98 до 39 ppm и в опытном образце – с 110 до 56 ppm. Извлечение ртути снижалось при повышении напряжения от 1 до  $1.5\text{В/см}^2$ . Изменения силы тока в контроле были ниже, чем в образце из ВРС вследствие особенностей грунта. Добавление воды привело к растворению солей и образованию ионного раствора. При приложении напряжения начальная сила тока оказалась высокой вследствие высокой концентрации ионов.

Эксперимент был проведен в трех повторностях, при этом на второй стадии концентрация ртути в образце из ВРС снизилась с 56 ppm до 25 ppm, на третьей – с 25 ppm to 11 ppm, т.е. до уровня ниже предельно допустимой концентрации (ПДК).

ECOLOGICAL EVALUATION OF SOIL AND SEDIMENT POLLUTED WITH  
MERCURY AND THE WAYS OF THEIR RECOVERY

Summary

Mercury content in hydrobionts and bottom sediments of Persian Gulf and soils around Bandar-e-Imam Petrochemical Complex (BIPC) in the south of Iran were studied. The area is located in 30° 26' N and 49° 07' E in the south of Iran in the northern part of Persian Gulf, Khuzestan province. The area is considered as a part of the Zagros zone. The Zagros zone is very important because it has hydrocarbon reserves. There are also developed industries in that zone. One of the principal industrial contaminants is heavy metals which, according to statistics comprise, compose nearly 16% of total soil contaminants. Heavy metals such as mercury are among toxic contaminants which are often detected in the environment, either in soil or surface water/groundwater. Therefore some measures should be conducted to reduce the hazards of the contaminants and therefore, it is one of the major tasks of present and future generations to protect our environment by removing such contaminants as mercury and its various toxic compounds.

The first chapter deals with the description of mercury, its characteristic, use and impact on the environment. In the second chapter, different methods of mercury removal from the soil are discussed, and the third chapter deals with the electrokinetic method. In chapter four materials and method are described and fifth chapter is dedicated to the presentation of results and discussion.

The results of the study revealed that the main source of the mercury pollution of the soils and Persian Gulf hydroecosystem in the area was sewage outflow from BIPC Chlor-alkali unit. Mercury concentration in the bottom sediments of Persian Gulf decreased according to the increase of horizontal distance from BIPC Chlor-alkali unit. Mercury concentration decreased in vertical survey of the sediments according to increase in the depth of sediments, the maximum of which was observed in 0-10 cm depth.

The results of the study showed that the concentration of mercury (110 ppm) in the soil sample taken from the BIPC area was 5.5 times higher than permissible limit (2 ppm), which was a potential threat to the environment and human health.

Content of mercury in the organisms of fish *Euryglossa orientalis* and sea crustaceans (tiger prawn *Penaeus semisulcatus* and lobster *Thenus orientalis*) was studied.

High content of mercury (0.0968-0.1052 mg/kg) was pointed out in muscle tissues of fish *Euryglossa orientalis*.

Content of mercury in the tissues of *Thenus orientalis* was higher than in *Penaeus semisulcatus*, though in both species the content didn't exceed maximum permissible concentrations.

Correlation between content of mercury in different tissues (muscles, viscera, chitinous coverings) of crustaceans studied and their morphometric characteristics was studied.

Linear regression test demonstrated a weak correlation between the total weight and length of animal and mercury concentration in the muscles and the viscera of *Penaeus semisulcatus*. In *Thenus orientalis* was revealed meaningful negative correlation between

total weight and mercury content in muscles and distinct positive correlation between total weight and mercury content in viscera as well as the weak negative correlation between length and mercury content in muscles and positive meaningful correlation between length and mercury content in viscera.

It was shown that content of mercury in muscles and chitinous coverings in females of both *Penaeus semisulcatus* and *Thenus orientalis* is higher than in males, and in viscera it is higher in males of *Penaeus semisulcatus* and females of *Thenus orientalis*.

The data revealed on content of mercury of hydrobionts studied can be linked with the peculiarities of their habitats, life style, lifetime, their development and behavior.

For assessment of the efficiency of the electrochemical removal of mercury from the soil, the experiments were carried out using water at anode and KI solutions at cathode during 15-day-long period. The research was run with the two types of soils: 1) sand and clay mixture (ratio 1:2) artificially contaminated with mercury (as control), and 2) sample taken from Bandar-e-Imam petrochemical site. The Hg removal in the control sample was more than in the BIPC sample. Using the catholyte and giving the voltage gradient of  $1\text{V}/\text{cm}^2$ , the Hg concentration of the control sample was decreased from 98 to 39 ppm and that of the BIPC sample was decreased from 110 to 56 ppm. The Hg removal was decreased with increasing of the voltage gradient from 1 to  $1.5\text{V}/\text{cm}^2$ . Changes of the amperage in the BIPC sample were less than in the control sample because of the soil characteristics. By adding water to the soils, the salts existing in it were dissolved and an ionic liquid was obtained. When electrical voltage was applied, the initial amperage was high due to the high ion concentrations.

For reducing mercury concentration in the BIPC sample to the permissible level, the experiment was repeated several times. In three stages (15 days for each stage), mercury concentration in BIPC soil was reduced to 11 ppm that was less than permissible level for soil depot. In the second stage, mercury concentration was reduced from 56 ppm to 25 ppm. In the third stage, mercury concentration was reduced from 25 ppm to 11 ppm.