ԱԳՐՈԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ
Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան
AGRISCIENCE AND TECHNOLOGY АГРОНАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ
Միջազգային գիտական պարբերական
ISSN 2579-2822

ՀՏԴ 664:635(479.25) doi: 10.52276/25792822-2024.3-268

# ՀԱՆՔԱԼԵՌՆԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ԱՃԵՑՎԱԾ ԲԱՆՋԱՐԵՂԵՆՈՒՄ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ ԹՈՒՆԱՎՈՐ ՏԱՐՐԵՐԻ ՌԻՍԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

**Դավիթ Պիպոյան** *ան.գ.թ.*, **Եպրաքսյա Արշակյան**, **Տարոն Կարեյան**, **Մելինե Բեգլարյան** *տ.գ.թ.*

*ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն*

david.pipoyan@cens.am, yepraqsya.arshakyan@cens.am, taron.kareyan@cens.am, meline.beglaryan@cens.am

## ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆ

**Բանալի բառեր՝**
*առողջական ռիսկեր, բանջարեղեն, թունավոր տարր, հանքարդյունաբերություն, ներգործություն*

## ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Հետազոտության շրջանակում գնահատվել են հանքալեռնային տարածքներում աճեցված բանջարեղենի (կարտոֆիլ, գազար, լոբի, սամիթ, դդում) սպառման դեպքում թունավոր (*Pb, Cd, As, Hg*) և պոտենցիալ թունավոր (*Mo, Cu*) տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված առողջական ռիսկերը: Կիրառվել է ներգործության սահմանի (MOE) հաշվարկման մեթոդը, և արդյունքները համեմատվել են նախկինում կիրառված թիրախային վտանգի գործակցի (THQ) արժեքների հետ: Հիմք են ընդունվել պարբերաբար թարմացվող թունաբանական տվյալները, մասնավորապես առողջապահական ուղեցուցային արժեքները: Ուսումնասիրված բանջարեղենի սպառման դեպքում գրանցվել են *Pb, Mo* և *Cu*-ի, իսկ կարտոֆիլի և սամիթի սպառման դեպքում՝ նաև *As*-ի ռիսկային արժեքներ (MOE<10): Երկու մեթոդների կիրառման արդյունքների համեմատությունը ցույց է տալիս, որ THQ հաշվարկման մեթոդի կիրառումը թեև արդյունավետ է բարձր աղտոտվածությամբ տարածքներում, սակայն չաղտոտված շրջաններում առավել նպատակահարմար է կիրառել MOE հաշվարկման մեթոդը: Վերջինս թույլ է տալիս բացահայտել անգամ նվազագույն պարունակությամբ թունավոր տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը:

### Նախաբան

Թեև հանքարդյունաբերությունը ՀՀ տնտեսության գերակա ճյուղերից է, սակայն, ինչպես ցույց են տալիս ուսումնասիրությունները, կարող է անբարենպաստ ազդեցություն գործել շրջակա միջավայրի և հանրային առողջության վրա: Հարկ է նշել, որ հանքավայրերի շահագործման հետ մեկտեղ հանքերից մեծ քանակությամբ թթվային դրենաժ և թափոններ են արտանետվում շրջակա միջավայր, ինչը հանգեցնում է հողերի ու ջրային ռեսուրսների աղտոտման (Tepanosyan, et al., 2018): Ուշագրավ է, որ աղտոտված հողում աճեցված բանջարեղենի արմատային համակարգով թունավոր (ԹՏ) և պոտենցիալ թունավոր տարրերը (ՊԹՏ) կլանվում ու կուտակվում են բույսի տարբեր հատվածներում, այդ թվում՝ ուտելի մասում (Pipoyan, et al., 2019): Ընդհանուր առմամբ սննդի շղթայում թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի առկայությունը կարող է պայմանավորված լինել արդյունաբերական տարբեր պրոցեսներով, շրջակա միջավայրի աղտոտվածությամբ, մասնավորապես հողի աղտոտվածության ֆոնային մակարդակով, այն է՝ դրանում աղտոտող նյութերի պարունակությամբ (Nieder, et al., 2018):

Հետազոտությունները փաստում են, որ բնակչության կողմից մթերքի սպառման դեպքում թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերը կարող են բացասական ներգործութ-

յուն ունենալ առողջության վրա (Ćwieląg-Drabek, et al., 2020, Liang, et al., 2019, Zhou, et al., 2016): Թունավոր տարրերից առավել հայտնի են կապարը (*Pb*), արսենը (As), կադմիումը (*Cd*) և սնդիկը (*Hg*), իսկ պոտենցիալ թունավոր տարրերից՝ մոլիբդենը (*Mo*) և պղինձը (*Cu*): Կապարը թունավոր ազդեցություն է գործում կենտրոնական և ծայրամասային նյարդային, սրտանոթային, ստամոքսաաղիքային, տղամարդկանց վերարտադրողական համակարգերի և երիկամների վրա (EFSA, 2010): Անօրգանական արսենի բարձր չափաքանակներով երկարատև ներգործությունը կարող է առաջացնել մաշկի, թոքերի և միզապարկի քաղցկեղ (EFSA, 2009), իսկ կադմիումի քրոնիկ ազդեցությունը կարող է խաթարել իմունային համակարգի ֆունկցիան (EFSA, 2012a, He, et al., 2021): Սնդիկը բացասական ազդեցություն է գործում ուղեղի աշխատանքի վրա (Matta, et al., 2016, EFSA, 2012b): Մոլիբդենի և պղնձի ցածր կոնցենտրացիաները կարող են կարևոր նշանակություն ունենալ օրգանիզմի կենսագործունեության համար, իսկ դրանց ավելցուկը կարող է խաթարել օրգանիզմի բնականոն աշխատանքը (EFSA NDA, 2013, EFSA NDA, 2015, Zhou et al., 2016):

Սննդի սպառմամբ պայմանավորված հիվանդությունները նվազեցնելու նպատակով ՄԱԿ-ի Առողջապահության համաշխարհային կազմակերպությունը (ԱՀԿ), ինչպես նաև Պարենի և գյուղատնտեսության կազմակերպությունը մշակել են ռիսկի վերլուծության գործիքակազմ (WHO/FAO, 2006), որի առաջին փուլը ռիսկի գնահատումն է (WHO, 2009): ԵՄ Սննդամթերքի անվտանգության լիազոր մարմինը (ԵՄ ՍԱԼՄ) առաջարկում է սննդում պարունակվող քաղցկեղածին և գենոտոքսիկ նյութերի ներգործությամբ պայմանավորված առողջական ռիսկերը գնահատել ըստ ներգործության սահմանի (MOE) հաշվարկման մեթոդի: Վերջինիս կիրառությունը թույլ է տալիս բացահայտել անգամ նվազագույն քանակությամբ թունավոր տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը (EFSA, 2012c):

Հարկ է նշել, որ նախկինում ՀՀ տարբեր լեռնահանքային շրջաններում, այդ թվում՝ Քաջարանում՝ Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարակից շրջաններում, թեև իրականացվել են մի շարք թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի ռիսկի գնահատման հետազոտություններ (Pipoyan, et al., 2018, Pipoyan, et al., 2019), սակայն դրանց ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդը չի կիրառվել: Այդ հետազոտություններն իրականացվել են թիրախային վտանգի գործակցի (THQ) հաշվարկման մեթոդով, որի համաձայն՝ կիրառվում է տվյալ ուսումնասիրվող տարրի օրալ ռեֆերենս չափաքանակը (RfD) (US EPA, 1997), այլ ոչ թե վերջին տարիներին թարմացված թունաբանական տվյալները, մասնավորապես առողջապահական ուղեցուցային արժեքները: Վերջիններս կիրառվում են տարրի ներգործության սահմանը հաշվարկելիս: Հետևաբար սույն հետազոտության նպատակն է գնահատել հանքալեռնային տարածքներում աճեցված բանջարեղենի (կարտոֆիլ, գազար, լոբի, սամիթ, դդում) սպառման դեպքում թունավոր (*Pb, Cd, As, Hg*) և պոտենցիալ թունավոր տարրերի (*Mo, Cu*) ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը՝ կիրառելով ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդը և այն համեմատելով թիրախային վտանգի գործակցի արժեքների հետ:

## Նյութը և մեթոդները

Հանքալեռնային շրջանում աճեցված բանջարեղենում թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի պարունակության վերաբերյալ տվյալները վերցվել են ՀՀ ԳԱԱ Էկոկենտրոնի սննդի շղթայի ռիսկերի գնահատման տեղեկատվական-վերլուծական կենտրոնի կողմից իրականացված նախկին հետազոտության տվյալներից (Pipoyan, et al., 2019): Ուսումնասիրության համար բանջարեղենը (կարտոֆիլ, գազար, լոբի, սամիթ, դդում) նմուշառվել է Քաջարանի հանքավայրի շահագործման ազդեցությանը ենթարկվող գյուղատնտեսական հողահանդակներից:

Թունավոր (*Pb, Cd, As, Hg*) և պոտենցիալ թունավոր տարրերի (*Mo, Cu*) ռիսկերը գնահատվել են ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդով՝ հետևյալ բանաձևի կիրառմամբ.

$$MOE = \frac{HBGV}{EDI},$$

**Աղյուսակ 1.** Թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի առողջապահական ուղեցուցային արժեքները (*HGBV*)*

| Տարրեր | *HGBV* | Արժեքը, մգ/կգ/օր | Թունավոր ազդեցությունը | Աղբյուրը |
|---|---|---|---|---|
| *Pb* | BMDL10 | 6,30E-04 | Մեծահասակների մոտ երիկամների քրոնիկ հիվանդությունների առաջացման հավանականության բարձրացում | EFSA, 2010 |
| *As* | BMDL01 | 3,00E-04 | Մաշկի, թոքերի և միզապարկի քաղցկեղի առաջացում | EFSA, 2009 |
| *Cd* | TWI | 2,50E-03 | Երիկամային անբավարարություն | EFSA, 2012a |
| *Hg* | TWI | 4,00E-03 | Երիկամային անբավարարություն և քաշի ավելացում | EFSA, 2012b |
| *Mo* | UL | 1,00E-02 | Փորկապություն, սակավարյունություն, էրիթրոցիտների ոչ նորմալ զարգացում | EFSA NDA, 2013 |
| *Cu* | UL | 7,00E-02 | Լյարդի և ստամոքսաաղիքային համակարգի վրա ազդեցություն | EFSA NDA, 2015 |

*Ծանոթություն:* *HGBV* - առողջապահական ուղեցուցային արժեք, *BMDL* - չափաբաժնի կողմնորոշիչ շեմ, *TWI* - շաբաթական ընդունման տանելի չափաքանակ, *UL* - առավելագույն մակարդակ:

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

որտեղ $HBGV$-ն յուրաքանչյուր տարրի առողջապահական ուղեցուցային արժեքն է (աղ. 1), $EDI$-ն՝ տարրի օրական ընդունման հաշվարկված չափաքանակը, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$EDI = \frac{C \cdot IR}{BW},$$

որտեղ $C$-ն մթերքում յուրաքանչյուր տարրի պարունակությունն է, մգ/կգ, $IR$-ը՝ մթերքի օրական ընդունման ծավալը, կգ/օր, $BW$-ն՝ մարմնի միջին զանգվածը, կգ:

## Արդյունքները և վերլուծությունը

Հետազոտության շրջանակում նոր մեթոդական մոտեցմամբ գնահատվել են թունավոր (*Pb, Cd, As, Hg*) և պոտենցիալ թունավոր տարրերի (*Mo, Cu*) սննդակարգային ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը հանքալեռնային տարածքներում աճեցված բանջարեղենի (կարտոֆիլ, գազար, լոբի, սամիթ, դդում) սպառման դեպքում: Ներգործության սահմանի հաշվարկման արդյունքները ներկայացված են աղյուսակներ 2-3-ում:

**Աղյուսակ 2.** Թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի ներգործության սահմանը տղամարդկանց կողմից բանջարեղենի սպառման դեպքում*

| Բանջարեղեն | Ներգործության սահմանը (MOE) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Pb* | *As* | *Cd* | *Hg* | *Mo* | *Cu* |
| Կարտոֆիլ | 0,51 | 4,38 | - | 87,5 | 0,16 | 2,55 |
| Գազար | 0,91 | - | - | 400 | 1,44 | 12,11 |
| Լոբի | 0,48 | - | - | - | 0,15 | 4,08 |
| Սամիթ | 0,83 | 4,2 | 350 | 56 | 0,30 | 3,55 |
| Դդում | 0,62 | - | - | - | 0,40 | 6,2 |

*Ծանոթություն:* «-» - մթերքում տարրի պարունակություն չի հայտնաբերվել, հետևաբար MOE-ն չի հաշվարկվել:

**Աղյուսակ 3.** Թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի ներգործության սահմանը կանանց կողմից բանջարեղենի սպառման դեպքում*

| Բանջարեղեն | Ներգործության սահմանը (MOE) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Pb* | *As* | *Cd* | *Hg* | *Mo* | *Cu* |
| Կարտոֆիլ | 0,47 | 4 | - | 80 | 0,15 | 2,33 |
| Գազար | 0,61 | - | - | 266,7 | 0,96 | 8,07 |
| Լոբի | 0,38 | - | - | - | 0,11 | 3,18 |
| Սամիթ | 0,71 | 3,6 | 300 | 48 | 0,26 | 3,04 |
| Դդում | 0,64 | - | - | - | 0,42 | 6,38 |

*Ծանոթություն:* «-» - մթերքում տարրի պարունակություն չի հայտնաբերվել, հետևաբար MOE-ն չի հաշվարկվել:

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Տարբեր մթերքների սպառման դեպքում կոնկրետ տարրի հաշվարկված ներգործության սահմանի արժեքները խիստ տատանվում են: Ներգործության սահմանը ցույց է տալիս մթերքում տվյալ տարրի առկայության դեպքում մարդու առողջության վրա դրա ազդեցության մտահոգիչ մակարդակը, սակայն այն չի չափում ռիսկը (EFSA, 2012c): Ըստ ԵՄ ՍԱԼՄ գիտական կարծիքի՝ ներգործության սահմանի ցածր արժեքներն ավելի ռիսկային են, քան բարձր արժեքները: Ուսումնասիրված թունավոր տարրերի ներգործության սահմանի 10-ից փոքր արժեքները (MOE<10) փաստում են, որ կոնկրետ մթերքի սպառման դեպքում տվյալ տարրի ազդեցությունը հանրային առողջության տեսանկյունից մտահոգիչ է: Քանի որ կադմիումի և սնդիկի հաշվարկված ներգործության սահմանի արժեքները 10-ից մեծ են, ուստի այդ տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված ռիսկեր առկա չեն (աղ. 2, 3): Նմանատիպ արդյունք է գրանցվել նաև տղամարդկանց կողմից գազարի սպառման դեպքում պղնձի ներգործության սահմանը հաշվարկելիս: Մնացած դեպքերում բանջարեղենի բոլոր տեսակների սպառման արդյունքում կապարի, մոլիբդենի և պղնձի ներգործության սահմանի արժեքները ինչպես տղամարդկանց, այնպես էլ կանանց համար կազմել են 10-ից փոքր (MOE<10), ինչը նշանակում է, որ առկա են հնարավոր առողջական ռիսկեր: Բնակչության կողմից կարտոֆիլի և սամիթի սպառման արդյունքում գրանցվել են նաև արսենի ներգործության սահմանի ռիսկային արժեքներ:

Ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդով ռիսկի գնահատման արդյունքները համեմատվել են նախկինում նույն վայրում աճեցված բանջարեղենի հետազոտության արդյունքների հետ (Pipoyan, et al., 2019): Պետք է նշել, որ նախկին հետազոտության ժամանակ կիրառվել է թիրախային վտանգի գործակցի (THQ) հաշվարկման մեթոդը (Pipoyan, et al., 2019): Այս գործակիցը, ինչպես ներգործության սահմանը, թվային ցուցանիշ է, սակայն, ի տարբերություն վերջինիս, ռիսկային են դրա 1-ից մեծ արժեքները (THQ>1):

Բնակչության կողմից՝ լեռնահանքային տարածքներում աճեցված բանջարեղենի (կարտոֆիլ, գազար, լոբի, սամիթ, դդում) սպառման դեպքում թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի առաջացրած առողջական ռիսկերի՝ տարբեր մեթոդներով (THQ, MOE) գնահատման արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 4-ում:

Ըստ թիրախային վտանգի գործակցի և ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդների՝ մոլիբդենը հանրային առողջության տեսանկյունից պատկանում է ռիսկային տարրերի թվին: Ռիսկային տարր է նաև պղինձը, սակայն միայն կարտոֆիլի և լոբու սպառման դեպքում: Ներգործության սահմանի տվյալների դիտարկման համաձայն՝

ռիսկային տարրերի շարքին են դասվում նաև կապարը (բանջարեղենի բոլոր տեսակների սպառման դեպքում) և արսենը (կարտոֆիլի և սամիթի սպառման դեպքում):

Այսպիսով՝ ներգործության սահմանի հաշվարկման մեթոդը թույլ է տալիս բացահայտել անգամ նվազագույն պարունակությամբ թունավոր տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը:

**Աղյուսակ 4.** Բնակչության կողմից բանջարեղենի սպառման դեպքում առողջական ռիսկեր առաջացնող տարրերի գնահատումն ըստ տարբեր մեթոդների*

| Մեթոդ | Հնարավոր առողջական ռիսկեր առաջացնող տարրեր | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | կարտոֆիլ | գազար | լոբի | սամիթ | դդում |
| THQ>1 | *Mo, Cu* | *Mo* | *Mo, Cu* | *Mo* | *Mo* |
| MOE<10 | *Pb, Mo, Cu, As* | *Pb, Mo, Cu* | *Pb, Mo, Cu* | *Pb, Mo, Cu, As* | *Pb, Mo, Cu* |

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

## Եզրակացություն

Հետազոտության արդյունքների համաձայն՝ տարբեր մեթոդների կիրառմամբ թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերի ռիսկի գնահատման տվյալներն ու ռիսկի բնութագրումը կարող են տարբերվել, ինչը հիմնականում պայմանավորված է տվյալ մեթոդի առանձնահատկություններով և կիրառվող թունաբանական տվյալներով: Ուսումնասիրված տարածքում նախկինում՝ թիրախային վտանգի գործակցի (THQ) և ներկայումս՝ ներգործության սահմանի (MOE) մեթոդների կիրառման արդյունքների համեմատությունը ցույց է տալիս, որ առաջին մեթոդի կիրառումը թեև արդյունավետ է բարձր աղտոտվածությամբ տարածքներում, սակայն չաղտոտված շրջաններում առավել նպատակահարմար է կիրառել երկրորդ մեթոդը: Վերջինս թույլ է տալիս բացահայտել անգամ նվազագույն պարունակությամբ թունավոր տարրերի ներգործությամբ պայմանավորված հնարավոր առողջական ռիսկերը՝ հիմք ընդունելով պարբերաբար թարմացվող թունաբանական տվյալները, մասնավորապես առողջապահական ուղեցուցային արժեքները:

Ընդհանուր առմամբ, թունավոր և պոտենցիալ թունավոր տարրերով աղտոտվածության աստիճանի, մասշտաբների ու աղբյուրների բացահայտումը կարևոր նշանակություն ունի սննդամթերքի անվտանգության ապահովման և մարդու առողջությանը սպառնացող ռիսկերը նվազեցնելու համար: Ուստի հանքերի հարակից տարածքներում անհրաժեշտ է իրականացնել շարունակական հետազոտություններ, որոնց հիման վրա մշակված ռիսկերի կառավարման միջոցառումները թույլ կտան նվազեցնել պտուղ-բանջարեղենի աղտոտումը և սննդակարգային ներգործության մակարդակները:

## Գրականություն


1. Ćwieląg-Drabek, M., Piekut, A., Gut, K., Grabowski, M. (2020). Risk of cadmium, lead and zinc exposure from consumption of vegetables produced in areas with mining and smelting past. Scientific reports, 10(1), 3363.
2. EFSA NDA. (2013). EFSA Panel on dietetic products, nutrition and allergies. Scientific opinion on dietary reference values for molybdenum. EFSA Journal 11 (8), 35. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3333 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
3. EFSA NDA. (2015). EFSA Panel on dietetic products, nutrition and allergies. Scientific opinion on dietary reference values for copper. EFSA Journal 13 (10), 51. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4253 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
4. EFSA. (2009). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Scientific Opinion on arsenic in food, EFSA Journal 2009; 7(10):1351. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.1351 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
5. EFSA. (2010). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Scientific opinion on lead in food, EFSA Journal 2010; 8(4):1570. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1570 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
6. EFSA. (2012a). Cadmium dietary exposure in the European population. EFSA Journal 10 (1), 2551. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2551 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
7. EFSA. (2012b). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methyl mercury in food. EFSA Journal 10 (12), 2985. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2985 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).
8. EFSA. (2012c). EFSA Scientific Committee; Scientific opinion on the applicability of the Margin of Exposure approach for the safety assessment of impurities which are both genotoxic and carcinogenic in substances added to food/feed. EFSA Journal 2012;10(3):2578. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2578 (դիտվել է՝ 25.09.2024 թ.).

9. He, B., Wang, W., Geng, R., Ding, Z., Luo, D., Qiu, J., Fan, Q. (2021). Exploring the fate of heavy metals from mining and smelting activities in soil-crop system in Baiyin, NW China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 207, 111234. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111234.

10. Liang, G., Gong, W., Li, B., Zuo, J., Pan, L., Liu, X. (2019). Analysis of heavy metals in foodstuffs and an assessment of the health risks to the general public via consumption in Beijing, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(6), 909. http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16060909.

11. Matta, G., Gjyli, L. (2016). Mercury, lead and arsenic: impact on environment and human health.JChem Pharm Sci, 9(2), 718-725.

12. Nieder, R., Benbi, D.K., Reichl, F. X., (2018). Role of potentially toxic elements in soils. Soil components and human health, 375-450. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2.

13. Pipoyan, D., Beglaryan, M., Costantini, L., Molinari, R., Merendino, N. (2018). Risk assessment of population exposure to toxic trace elements via consumption of vegetables and fruits grown in some mining areas of Armenia. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24(2), 317-330. http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2017.1381019.

14. Pipoyan, D., Stepanyan, S., Stepanyan, S., Beglaryan, M., Merendino, N. (2019). Health risk assessment of potentially toxic trace and elements in vegetables grown under the impact of Kajaran mining complex. Biological trace element research, 192, 336-344. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-019-01675-w.

15. Tepanosyan, G., Sahakyan, L., Belyaeva, O., Asmaryan, S., Saghatelyan, A. (2018). Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. Science of the Total Environment, 639, 900-909. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.211.

16. US EPA. (1997). Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002F. Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary, Washington, DC, USA. https://iris.epa.gov/Document/&deid=12464 (դիտվել է՝ 25.06.2024 թ.).

17. WHO. (2009). Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44065/?sequence=9 (դիտվել է՝ 25.06.2024 թ.).

18. WHO/FAO. (2006). Food safety risk analysis: a guide for national food safety authorities. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/43718 (դիտվել է՝ 25.06.2024 թ.).

19. Zhou, H., Yang, W.T., Zhou, X., Liu, L., Gu, J.F., Wang, W.L., Zou, J.L., Tian, T., Peng, P.Q., Liao, B.H., 2016. Accumulation of heavy metals in vegetable species planted in contaminated soils and the health risk assessment. International journal of environmental research and public health, 13(3), - p. 289.

---

## Оценка риска потенциально токсичных элементов в овощах, выращиваемых в горнодобывающих районах

**Давид Пипоян, Епраксия Аршакян, Тарон Кареян, Мелине Бегларян**
*Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА*

**Ключевые слова:** *воздействие, горнодобывающая промышленность, овощи, риски для здоровья, токсичный элемент*

**Аннотация.** В рамках исследования выявлены риски для здоровья, обусловленные воздействием токсичных (*Pb, Cd, As, Hg*) и потенциально токсичных (*Mo, Cu*) элементов при употреблении в пищу овощей (картофеля, моркови, фасоли, укропа, тыквы), выращенных в горнодобывающих районах. Был применен метод расчета предела воздействия (MOE), результаты сравнены с ранее полученными значениями целевого коэффициента опасности (THQ). За основу были приняты обновляемые токсикологические данные, в частности ориентировочные значения, установленные нормативами по охране здоровья. В случае употребления всех исследуемых овощей зафиксированы высокие значения риска (MOE<10) от воздействия *Pb, Mo* и *Cu*, а при употреблении картофеля и укропа – также *As*. Сравнение результатов двух методов показывает, что THQ эффективен на территориях с высоким уровнем загрязнения, в то время как в незагрязненных районах целесообразнее использовать метод MOE. Последний позволяет выявить потенциальные риски для здоровья даже при воздействии минимального количества токсичных элементов.

## Risk Assessment of Toxic and Potentially Toxic Elements in Vegetables Grown in Mining Areas

**Davit Pipoyan, Yepraqsya Arshakyan, Taron Kareyan, Meline Beglaryan**
*Center for Ecological-Noosphere Studies, NAS RA*

**Keywords:** *exposure, mining industry, risk, toxic element, vegetables*

**Abstract.** This research assesses the health risks associated with exposure to toxic (*Pb, Cd, As, Hg*) and potentially toxic elements (*Mo, Cu*) through the consumption of vegetables (potato, carrot, bean, fennel, pumpkin) grown near mining areas. Using the Margin of Exposure (MOE) method for risk assessment, this study provides a more accurate evaluation compared to previous studies that relied on the Target Hazard Quotient (THQ) calculation method. The results of the current research indicated concerning risk values (MOE<10) for lead, molybdenum and copper associated with the consumption of the studied vegetables, and for arsenic in the case of potato and fennel consumption among the adult resident population in the studied area. By comparing the results obtained using the target hazard ratio (THQ) and the current margin of exposure (MOE) methods, we note that while the first method is effective in highly polluted areas, it is more appropriate to use the MOE calculation method in non-polluted areas. This method allows for the identification of potential public health risks caused by exposure to toxic elements, even at minimal levels, based on regularly updated toxicological data, particularly health-based guideline values. Overall, the study findings highlight the potential health risks associated with consuming locally grown produce in contaminated areas, indicating a need for continuous monitoring and effective risk management strategies. The study emphasizes the importance of addressing environmental pollution in agricultural areas to protect public health and ensure food safety. As the impacts of mining extend beyond economic benefits, this research shows the necessity of mitigating exposure to harmful elements in the food chain.

**Շահերի հայտարարագիր**

*Հեղինակները հայտարարում են, որ այս հոդվածի հետազոտության, հեղինակության և/կամ հրապարակման հետ կապված շահերի բախում առկա չէ:*

*Ընդունվել է՝ 16.07.2024 թ.*
*Գրախոսվել է՝ 30.07.2024 թ.*