

## ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

MFTAP 87.21.00; 87.21.09

DOI: 10.51886/1999-740X\_2025\_2\_5

Г.Р. Кекілбаева<sup>1\*</sup>, А. Касипхан<sup>2\*</sup>, Г.А. Звягин<sup>1</sup>, А.К. Иман-Махмутова<sup>1</sup>,А.Ж. Назарова<sup>2</sup>, А.С. Шойынбаева<sup>2</sup>**АСТАНА ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ КӨМУ ПОЛИГОНЫ  
АЙМАҒЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН  
БАҒАЛАУ**

<sup>1</sup>«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»  
КеАҚ, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62, Қазақстан, \*e-mail: kekilbaeva@mail.ru

<sup>2</sup>Агроэкологиялық сынақ орталығы (зертхана),

010000, Астана, Ы. Алтынсарин, 2, Қазақстан, \*e-mail: scesco\_katu@mail.ru

**Аннотация.** Мақала Астана қаласында орналасқан қатты қалдықтарды көму полигонының аумағында топырақтың ауыр металдармен ластану деңгейін анықтауға бағытталған. Зерттеу барысында Астана қаласының әкімшілік аумағында, Алаш тас жолының 6-шақырымында орналасқан «Эко Полигон Астана» ЖШС басқаратын тұрмыстық қатты қалдықтарды көму полигонына жақын іргелес аумақтардан алынған топырақ үлгілерінің химиялық құрамын талдау жүргізіліп, ауыр металдардың жылжымалы мөлшері мен олардың экологиялық қауіптілік дәрежесі бағаланды. Ауыр металдардың қауіптілігі бойынша 1- класқа жататын сынап, мырыш, мышьяк және 2 - класқа жататын мыс, никель, кобальт, сурьма, хром және қорғасынның жылжымалы мөлшері анықталды. Топырақтың ластану дәрежесі қауіптілік коэффициенті ( $K_o$ ) және ластанудың жиынтық коэффициенті ( $Z_c$ ) арқылы бағаланып, рұқсат етілген шекті рауал концентрациясымен салыстырылды. Зерттеу көрсеткендей, полигон аумағында және оған жақын аймақтарда ауыр металдардың мөлшері рұқсат етілген шекті рауал концентрациясынан асып, экологиялық қауіптілік деңгейі «қауіпті» және «қауіптілігі әлсіз» деп бағаланды. Зерттеу нәтижелері полигонның экологиялық әсерін, оның маңайындағы топырақтардың экологиялық жағдайын және қоршаған ортаға зиянды әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** күңгірт қара-қоңыр топырақ, ауыр металдар, топырақтың ластануы, қауіптілік коэффициенті, тұрмыстық қатты қалдықтар, экологиялық қауіптілік.

## КІРІСПЕ

Тұрмыстық қатты қалдықтарды (ТҚҚ) көму алаңы техногендік геоэкологиялық жүйе болып табылады, оның экологиялық әсері көптеген компоненттерге, соның ішінде гидрогеологиялық, биологиялық, атмосфералық және топырақтық жүйелерге теріс ықпал етеді. Қатты тұрмыстық қалдықтар анаэробты жағдайда ыдырағанда, олар токсинді газдар мен химиялық қосылыстар бөледі, бұл қосылыстар жаңбыр немесе еріген қар суы, желдің әсерінен топыраққа және ауаға тарайды. Тұрмыстық қатты қалдықтар полигондарының топырақ жамылғысына әсер ететін экологиялық қауіптерінің

бірі – ауыр металдармен ластану ықтималдығы. Тұрмыстық қалдықтардың құрамында металл компоненттері бар бұйымдардың кездесуі олардың сақталуы немесе өңделуі барысында ауыр металдардың топыраққа миграциясына алып келуі мүмкін [1].

Ауыр металдардың топырақта трансформациясы күрделі әрі көп факторлы үдеріс болып табылады. Бұл топырақтың физика-химиялық қасиеттеріне, биологиялық белсенділікке, сондай-ақ, сыртқы орта факторларына, мысалы, температура, ылғалдылық және рН деңгейіне байланысты өзгеріп отырады. Жоғары температура полигондағы химиялық реакцияларды жыл-

дамдатуы мүмкін, бұл ауыр металдардың ерігіштігі мен жылжымалылығын арттыруға әкеледі. Сонымен қатар қатты жауын-шашын немесе қардың еруі де ауыр металдардың жылжымалылығын артырып, олар қоршаған ортаға таралады. Органикалық және тамақ қалдықтары ауыр металдармен әрекеттесіп, күрделі қосылыстар түзе отырып, жылжымалылығын төмендетеді, дегенмен анаэробты орта ауыр металдардың жылжымалылығын қайта арттырады. Осы үдерістердің нәтижесінде қорғасын, кадмий, сынап сияқты ауыр металдар топырақ арқылы жер асты суларына өтіп немесе атмосфераға тасымалдана отырып, қоршаған орта мен адам денсаулығына қауіп төндіреді [2-7].

1-ші және 2-ші қауіптілік класына жататын ауыр металдардың жылжымалы формаларының концентрациясын анықтау, олардың рұқсат етілген шекті концентрациялармен (РШК) салыстырылуы және топырақтағы ауыр металдармен ластанудың жалпы коэффициентін бағалау экологиялық мониторингтің негізгі міндеттері болып табылады [8-15].

Ауыр металдар топырақта абсорбция және адсорбция арқылы өзгерістерге ұшырайды, мұның нәтижесінде олардың жылжымалылығы мен қолжетімділігі төмендейді. Иондық алмасу үдерістері мен химиялық редукция және тотығу реакциялары ауыр металдардың ерігіштігі мен уыттылығын өзгертіп, олардың экологиялық қауіпін арттырады немесе төмендетеді. Сонымен қатар, ауыр металдар органикалық және бейорганикалық қосылыстармен кешендер түзеді, бұл олардың топырақта жиналуын немесе өсімдіктер мен микроорганизмдерге қолжетімді болуын қамтамасыз етеді. Осылайша, ауыр металдардың топырақтағы трансформациясы экожүйелердің тұрақтылығына, қоршаған ортаға және адам денсаулығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін, сондықтан олардың монито-

рингі мен зерттелуі экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды болып табылады. Осы себепті, ауыр металдардың концентрациясын бақылау мен бағалау қоршаған ортаның сапасын қамтамасыз ету үшін маңызды экологиялық міндет болып табылады [16-20].

Астана қаласында тұрмыстық қатты қалдықтардың (ТҚҚ) топырақ жамылғысына әсері экологиялық тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады. Қала халқының артуымен бірге қалдықтар көлемі де өсуде, 2024 жылдың 11 айында полигоннан 390 мың тоннадан астам қалдық шығарылған, бұл шамамен 40 Эйфель мұнарасының массасына тең келеді [21]. Алайда, Астана қаласында ТҚҚ-ның топырақтың физика-химиялық қасиеттеріне әсері бойынша нақты зерттеулер аз. Жалпы алғанда, Қазақстанда қалдықтардың тек төрттен бірі сұрыпталып, қайта өңделеді [22], бұл қалдықтарды басқарудың қазіргі жүйелерінің тиімділігі жеткіліксіз екенін көрсетеді. Сонымен қатар, ғарыштық мониторинг деректеріне сәйкес, Астанада 414 ретсіз қоқыс тастайтын орын анықталған [23], бұл топырақ жағдайына қосымша теріс әсерін тигізуі мүмкін. ТҚҚ-ның топыраққа әсерін толық түсіну үшін қалдықтар әсер ететін аймақтардағы топырақтың химиялық құрамын, ластану деңгейін және биоалуантүрлілікті бағалауға бағытталған қосымша зерттеулер қажет.

#### МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу нысаны – Астана қаласының әкімшілік аумағында, Алаш тас жолының 6-шақырымында орналасқан, жалпы ауданы 24 гектарды құрайтын «Эко Полигон Астана» ЖШС басқаратын тұрмыстық қатты қалдықтарды көму полигонына іргелес жатқан аумақ топырағы. Эко Полигон 2 үлкен сектордан тұрады, әр сектор 12 га аумақты алып жатыр.

Зерттеудің мақсаты – тұрмыстық қатты қалдықтардың, полигонға жақын маңдағы топырақтың ауыр металдар-

мен ластану дәрежесін анықтау. Бұл мақсатқа жету үшін оңтүстік-батыс жел бағытын ескере отырып үш нүктеден конверт әдісімен араластыру арқылы топырақ үлгілері 0-дан 100 см тереңдік аралығында алынды:

1. Эко Полигон аумағы ( $51^{\circ}9'55''N/71^{\circ}32'29''E$ ).

2. Эко Полигоннан 250 м қашықтықта ( $51^{\circ}13'0''N/71^{\circ}31'36''E$ ).

3. Эко Полигоннан 650 м қашықтықта ( $51^{\circ}13'14''N/71^{\circ}31'35''E$ ).

Аймақ топырағы орташа құмбалшықты күңгірт қара-қоңыр топырақ. Топырақ үлгілерін талдауға дайындау 29269-91 МеМСТ сай жүргізілді. Ауыр металдар беткі 0-20 см, 20-50 см қабат аралығындағы топырақ үлгілерінде анықталынды. Топырақ үлгілерінен ауыр металдардың жылжымалы мөлшерін экстракциялау  $0,5 \text{ моль/дм}^3$  азот қышқылы көмегімен жүргізілді. Дайын болған топырақ сүзінділері Agilent 4200 MP-AES микро-толқынды плазмалы атомдық-эмиссиялық спектрометрде талданды.

Ауыр металдардың қауіптілігі бойынша 1- класқа жататын сынап, мырыш, мышьяк және 2-класқа жататын мыс, никель, кобальт, сурьма, хром және қорғасынның жылжымалы мөлшері анықталды. Әр элемент 4 қайталанымда анықталып, бағалауда орташа көрсеткіші алынды.

Топырақ үлгілерінен анықталынған ауыр металдардың қауіптілік коэф-

фициенті  $K_0 = C_1/\text{ШРК}$ ,  $Z_c$  ластанудың жиынтық коэффициенті  $Z_c = \sum Z_{\text{оп}-(n-1)}$  теңдеуімен есептелінді [24-25].

Топырақтағы ауыр металдар мөлшерінің экологиялық қауіптілік деңгейін бағалау, анықталынған нақты мөлшерін рұқсат етілген шекті рауал концентрациясымен салыстыра отырып есептелінді. Анықталған ауыр металдардың қауіптілік коэффициентін анықтау үшін, 1-теңдеуде ШРК-ның келесі мөлшері қолданылды: Hg - 2,1; Zn - 23,0; As - 2,0; Pb - 32,0; Sb-4,5; Ni - 4; Cr - 6; Cu - 3,0; Co - 5 мг/кг [26, 27].

$$K_0 = C_1/\text{ШРК} \quad (1)$$

Мұнда,  $C_i$  - мг/кг топырақтағы ауыр металл мөлшері, ШРК - ауыр металдардың мг/кг түрінде рұқсат етілген шекті мөлшері.

Зерттеу жүргізілген аймақ топырақ үлгілерінен ауыр металдардың геохимиялық жылжу дәрежесін бағалау үшін ластанудың жиынтық коэффициенті  $Z_c$  мынадай теңдеу бойынша есептелінді:

$$Z_c = \sum Z_{\text{оп}-(n-1)} \quad (2)$$

Мұнда,  $Z_c$  - үлгілердегі ауыр металмен ластануының жиынтық коэффициенті,  $K_0$  - ауыр металдар сынамасында анықталатын қауіптілік коэффициенттері.

Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері, сонымен қатар, қауіптілік коэффициенттері есептелініп, анықталған ластану дәрежесі 1-кестеге сай бағаланды.

Кесте 1 - Топырақтың ластану категориясы

| Топырақтың ластану категориясы | ( $Z_c$ ) шамасы |
|--------------------------------|------------------|
| Рұқсат етілген                 | < 16             |
| Қауіптілігі әлсіз              | 16-32            |
| Қауіпті                        | 32-128           |
| Өте қауіпті                    | >128             |

### НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттеу нысанынан алынған топырақ үлгілерінен қауіптілігі бойынша 1- класс және 2-класқа жататын ауыр металдардың жылжымалы мөлшері анықталып, ластану деңгейі бағаланды (2, 3 кесте).

Жер қыртысында кездесетін мөлшері бойынша сынап сирек элемент болғанымен, қоршаған ортаны ең қатты ластайтын металдардың бірі болып табылады. Көптеген мемлекеттерде ол өте қауіпті деген химиялық заттардың тізіміне енгізілген. Негізгі сынаптың топыраққа түсу көзі – түсті металлургия кәсіпорындарының жұмысы, сондай-ақ, саңырауқұлақ ауруларына қарсы қолданылатын фунгицидтерді пайдалану болып табылады. Ал қоқыс полигондарында сынап мөлшерінің жоғары болуы, тұрмыста сынапты қамтитын бұйымдар мен құрылғылар кеңінен қолданылады, олар пайдалану мерзімі аяқталғаннан кейін жиі қоқыс жәшігіне тасталуымен байланысты. Талдау барысында полигон аймағы топрақтарының сынаппен қатты ластанбағандығы анықталды. Дегенмен, зерттеу жүргізілген топырақ үлгілерінде сынап тек Эко Полигоннан 650 м қашықтықтың 20-50 см қабат тереңдігінде 7,70 мг/кг шамасында анықталды, яғни ШРК-дан 5,6 мг/кг артық, қауіптілік коэффициенті 3,7.

Қазіргі кезеңде топырақтың мырыш элементімен ластануы маңызды экологиялық проблемалардың бірі ретінде қарастырылуда. Бұл элементпен ластану табиғи және антропогендік көздерден туындауы мүмкін, алайда ол көбінесе адамның өндірістік-шаруашылық қызметінің нәтижесінде орын алады. Талдау жүргізілген барлық топырақ үлгілерінде мырыштың ШРК-дан айтарлықтай жоғары көрсеткіші анықталғандығын атап өткен жөн. Мырыштың жылжымалы мөлшері Эко

Полигон аумағының 0-20 см тереңдігінде 250,53 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 10,89 болса, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш 166,98 мг/кг тең болып, 7,26 шамасында екендігі анықталды. Эко Полигоннан 250 м қашықтықта алынған топырақ үлгілерінің 0-20 см тереңдігінде мырыштың ең жоғары мөлшері анықталып 608,97 мг/кг құраса, қауіптілік коэффициенті 26,48 тең болды, ал 0-50 см тереңдікте сәйкесінше 376,18 мг/кг болып, коэффициент 16,35 құрады. Эко Полигон аумағынан қарағанда одан 250 м қашықтық аумағында мырыш көрсеткішінің шамамен 2,5 есеге жоғары болуын, жел соғу бағытымен, сонымен қатар желмен бірге топырақ түйіршіктерінің жылжуымен түсіндіруге болады. Ал Эко Полигоннан 650 м қашықтықтағы топырақ үлгілерінің 0-20 см қабатындағы мырыштың мөлшері 179,77 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 7,81 тең болса, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш 293,76 мг/кг дейін артып, коэффициент 12,77 құрады. Яғни Эко Полигон аумағы және оған жақын орналасқан аумақтың топырақ жамылғысында мырыштың мөлшері ШРК-дан кем дегенде 8,5 есеге артық.

Мышыяқтың барлық қосылыстары жоғары деңгейде токсикологиялық қауіптілікке ие. Аталған элементтің биологиялық қауіптілігі оның құнарлы топырақтың жыртылатын қабатында 60 см тереңдікке дейін аккумуляциялануы және тірі организмдердің тіңдерінде биоаккумуляциялану қабілетіне байланысты арта түсетіндігінде. Зерттеу нәтижесі бойынша жылжымалы мышыяқтың мөлшері 29,40 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті Эко Полигон аумағының 0-20 см қабатында 14,7 болса, ал 0-50 см қабатында оның мөлшері 7,56 мг/кг болып, коэффициент 3,8 тең екендігі анықталды. Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінің 0-20 см қаба-

тында мышьяқтың жылжымалы мөлшері полигон аумағымен салыстырғанда 9,5 мг/кг төмен болып, қауіптілік коэффициенті 10,5 құрады. Ал 0-50 см қабатында бұл көрсеткіш 15,1 мг/кг жоғары болып, қауіптілік коэффициенті 11,3 шамасын көрсетті. Айта кетерлік жайт, Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінің 0-20 см қабатында мышьяк мүлде анықталған жоқ, есесіне 20-50 см тереңдікте мышьяқтың жылжымалы мөлшері 24,49 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 12,3 тең екендігі анықталды.

Егер топырақтың 5 см-ге дейінгі тереңдік қабатында қорғасын мысқа, молибденге, темірге, никель мен хромға қарағанда әлдеқайда қарқынды жиналатындығын ескерер болсақ, бұл өте қауіпті жағдай, себебі осы элементтердің ішінде ең зияндысы — қорғасын. Алайда біздің зерттеулерде, талдау жүргізілген топырақ үлгілерінде анықталған қорғасынның мөлшері ШРК-дан аспайтындығын атап өткен жөн. Дегенмен Эко Полигон аумағы мен одан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінің беткі қабатындағы қорғасын мөлшерінің бір шамада екендігі анықталды. Ал Эко Полигоннан 250 м қашықтықта алынған топырақ үлгісінің беткі қабатындағы қорғасын мөлшері, жоғарыда аталған екі нұсқадан шамамен 3 есеге төмен екендігін байқауға болады.

ТМД мемлекеттері арасында қолданылатын ауыр металдардың жіктелу класында сурьма қауіптілігі бойынша 2 класқа жатқызылады, алайда қазіргі заманғы экотоксикологиялық деректерге сәйкес, Нидерланд экологтарының мәліметтері бойынша, топырақтағы ең қауіпті ауыр металдар мен металлоидтар ішінде алғашқы орында сурьма элементі келтірілген [28]. Зерттеу жұмыстарының нәтижесі бойынша, топырақтағы сурьманың жылжымалы мөлшерінің орташа есеппен, полигон аумағының төменгі қабатын ескерме-

генде, ШРК-дан аспағандығын байқауға болады. Сурьманың ең жоғары мөлшері Эко Полигон аумағының 20-50 см тереңдігіндегі 7,09 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,5 болса, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгісінде сурьманың жылжымалы мөлшері анықталмады.

Никель қоршаған табиғи ортаның басым антропогенді ластаушы компоненттерінің бірі ретінде қарастырылғандығымен, Эко полигон аумағы мен оған жақын орналасқан аумақтарда никельдің топырақтағы жылжымалы мөлшері зерттеу жүргізілген топырақ үлгілерінде ШРК-дан аспағандығын айқын атап өткен жөн. Тек Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақтың беткі 0-20 см қабатында болмашы артқаны байқалды (0,92 мг/кг).

Жоғарыда атап өткен сурьма секілді, хром да қазіргі заманғы экотоксикологиялық деректерге сәйкес қауіптілігі өте жоғары металдар қатарына жатқызылатындығын ескерсек, біз зерттеу жүргізген барлық топырақ үлгілерінде жылжымалы хромның ШРК-дан мөлшерінің айтарлықтай жоғары екендігі ерекше атап өткен жөн. Әсіресе, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінде Эко Полигон аумағынан алынған топырақ үлгілерімен салыстырғанда шамамен 4 есеге жоғары. Эко Полигон аумағының беткі қабатында анықталған хромның мөлшері 11,30 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,9 болса, ал 0-50 см қабатындағы мөлшері 9,36 мг/кг болып, коэффициент 1,56 тең боды. Жылжымалы хромның ең жоғары мөлшері Эко Полигоннан 250 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілерінде анықталды, нақтырақ айтар болсақ, беткі қабатында хромның мөлшері 46,51 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 7,75 тең болса, 0-50 см қабатында оның мөлшері 30,59 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 5,1 тең. Эко

Полигоннан 650 м қашықтықтың 0-20 см қабатында хромның мөлшері 13,36 мг/кг болып, қауіптілік коэффициенті 2,2 болғанымен, 0-50 см тереңдікте бұл көрсеткіш ШРК-дан аспайды.

Мыс уыттылығы аз элементтер қатарына жатқызылғанмен, егер топырақта шамадан тыс көп болатын болса адам ағзасы мен өсімдіктерге өте зиянды болып келеді. Эко Полигон аумағының 0-20 см қабатында жылжымалы мыстың мөлшері ШРК-дан небары 0,6 мг/кг, ал 0-50 см қабатында 1,32 мг/кг шамасында жоғары екендігі анықталды. Ал Эко Полигоннан 250 м қашықтықтағы жылжымалы мыстың ШРК-дан айтарлықтай жоғары екендігін айқын байқауға болады, нақтырақ айтар болсақ, беткі қабатында оның мөлшері 5,38 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,8 тең болса, ал төменгі қабатында бұл көрсеткіштер 13,86 мг/кг мен 4,62 тең болды. Зерттеу жұмысы барысында Эко Полигоннан 650 м қашықтықтың 0-20 см қабатында жылжымалы мыстың полигон аумағындағы көрсеткіш деңгейінде екендігі анық-

талса, төменгі қабатында ШРК-дан айтарлықтай төмен деңгейде.

Кейбір ауыр металдар уытты қасиеттерге ие бола отырып, сонымен қатар биофильді функцияларды да атқарады. Осындай металдардың бірі — кобальт, ол жануарлар мен өсімдіктер организмдеріндегі биохимиялық үдерістерге қатысады. Зерттеу жұмысы жүргізілген Эко Полигон аумағының беткі және төменгі қабатындағы жылжымалы кобальттың мөлшері ШРК мөлшерінен аспағанмен одан тыс аумақтарда оның мөлшері біршама жоғары. Нақтырақ айтар болсақ, Эко Полигоннан 250 м қашықтықтың беткі қабатындағы кобальт мөлшері 7,55 мг/кг құрап, қауіптілік коэффициенті 1,5 тең, төменгі қабатында бұл көрсеткіштер 8,40 мг/кг мен 1,7 тең. Эко Полигоннан 650 м қашықтықтан алынған топырақ үлгілеріндегі жылжымалы кобальттің мөлшері 6,68 мг/кг сай келіп, қауіптілік коэффициенті 0-20 см қабатында 1,3 болса, ал 0-50 см қабатында ШРК-дан аспағандығы анықталды.

Кесте 2 - Ауыр металдардың жылжымалы мөлшері, мг/кг

| Топырақ тереңдігі, см                 | Hg      | Zn     | As    | Pb   | Sb      | Ni   | Cr    | Cu    | Co   |
|---------------------------------------|---------|--------|-------|------|---------|------|-------|-------|------|
|                                       | 1-класс |        |       |      | 2-класс |      |       |       |      |
| Эко Полигон аумағы                    |         |        |       |      |         |      |       |       |      |
| 0-20                                  | -       | 250,53 | 29,40 | 3,09 | 3,26    | 1,45 | 11,30 | 3,60  | 3,76 |
| 20-50                                 | -       | 166,98 | 7,56  | 1,35 | 7,09    | 0,95 | 9,36  | 4,32  | 2,75 |
| Эко Полигоннан 250 м қашықтықта       |         |        |       |      |         |      |       |       |      |
| 0-20                                  | -       | 608,97 | 20,90 | 1,02 | -       | 2,64 | 46,51 | 5,38  | 7,55 |
| 20-50                                 | -       | 376,18 | 22,66 | 3,64 | -       | 1,83 | 30,59 | 13,86 | 8,40 |
| Эко Полигоннан 650 м қашықтықта       |         |        |       |      |         |      |       |       |      |
| 0-20                                  | -       | 179,77 | -     | 3,57 | -       | 4,92 | 13,36 | 5,92  | 6,68 |
| 20-50                                 | 7,70    | 293,76 | 24,49 | 0,02 | 3,83    | 3,74 | 3,99  | 1,95  | 3,24 |
| ШРК                                   | 2,1     | 23,0   | 2,0   | 32,0 | 4,5     | 4,0  | 6,0   | 3,0   | 5,0  |
| Ескерту: талдау барысында анықталмады |         |        |       |      |         |      |       |       |      |

Кесте 3 - Ауыр металдардың қауіптілік коэффициенті ( $K_0$ ) мен химиялық ластанудың жиынтық көрсеткіші ( $Z_c$ ) және ластану деңгейі

| Топырақ тереңдігі, см                 | Hg      | Zn    | As    | Pb    | Sb      | Ni   | Cr   | Cu   | Co   | Zc   | Ластану деңгейі   |
|---------------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|------|------|------|------|------|-------------------|
|                                       | 1-класс |       |       |       | 2-класс |      |      |      |      |      |                   |
| Эко Полигон аумағы                    |         |       |       |       |         |      |      |      |      |      |                   |
| 0-20                                  | -       | 10,89 | 14,70 | 0,10  | 0,72    | 0,36 | 1,88 | 1,22 | 0,75 | 30,6 | қауіптілігі әлсіз |
| 20-50                                 | -       | 7,26  | 3,78  | 0,04  | 1,58    | 0,23 | 1,56 | 1,44 | 0,55 | 16,4 | рұқсат етілген    |
| Эко Полигоннан 250 м қашықтықта       |         |       |       |       |         |      |      |      |      |      |                   |
| 0-20                                  | -       | 26,48 | 10,45 | 0,03  | -       | 0,66 | 7,75 | 1,79 | 1,51 | 87,4 | қауіпті           |
| 20-50                                 | -       | 16,35 | 11,33 | 0,11  | -       | 0,46 | 5,10 | 4,62 | 1,68 | 65,1 | қауіпті           |
| Эко Полигоннан 650 м қашықтықта       |         |       |       |       |         |      |      |      |      |      |                   |
| 0-20                                  | -       | 7,81  | -     | 0,11  | -       | 1,23 | 2,22 | 1,97 | 1,34 | 25,8 | қауіптілігі әлсіз |
| 20-50                                 | 3,67    | 12,77 | 12,25 | 0,001 | 0,85    | 0,53 | 0,67 | 0,65 | 0,65 | 31,7 | қауіптілігі әлсіз |
| Ескерту: талдау барысында анықталмады |         |       |       |       |         |      |      |      |      |      |                   |

Топырақтағы ауыр металдардың мөлшері ШРК артқан сайын және қауіптілік коэффициенттері ( $K_0$ ) мәні 1 жоғары болған сайын топырақтың ластану қауіптілік дәрежесі де артады. Анықталынған мәліметтер бойынша сынап, мырыш, мышьяк, хром, мыс, кобальт мөлшерінің қауіптілік коэффициенттері ( $K_0$ ) жоғары, ал қорғасын мен никельдің қауіптілік коэффициенттері ( $K_0$ ) төмен болды. Атап айтар болсақ ең жоғары қауіптілік коэффициенті мырыш, хром және мышьяк элементтерінде анықталды.

Талдау жүргізілген үш аумақтың ішінде химиялық ластанудың жиынтық көрсеткіші ( $Z_c$ ) деңгейі бойынша, Эко Полигоннан 250 м қашықтығының беткі және төменгі қабаттары қауіпті деп бағаланса, Эко Полигон аумағы мен одан 650 м қашықтықтың беткі қабаттары қауіптілігі әлсіз деп бағаланды. Полигон аумағы мен оған жақын жатқан аумақтардың химиялық ластану деңгейінің әр түрлігіне көптеген фак-

торлар әсер етеді, соның ішінде бірінші кезекте соққан жел бағытымен байланыстыруға болады.

#### ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу нәтижелері бойынша, Эко Полигон аумағындағы топырақтар ауыр металдармен ластанған және бұл ластану деңгейі әртүрлі қауіптілік дәрежесіне ие. Топырақтағы сынаптың мөлшері, әсіресе 0-50 см тереңдікте, шекті рауал концентрациясынан асып, экологиялық қауіп туғызады. Мырыштың жылжымалы мөлшері де жоғары деңгейде байқалып, полигон маңы мен жақын аймақтарда оның концентрациясы ШРК шегінен бірнеше есе асып кеткен. Мышьяқтың жылжымалы мөлшері барлық зерттелген аумақтарда ШРК деңгейінен 10 есе көп болғандығы экологиялық қауіптіліктің жоғары екенін көрсетеді.

Қорғасынның жылжымалы мөлшері экологиялық қауіп тудырмайтын деңгейде болса да, оның топырақта шөгетін қасиетін ескере отырып, оны

бақылаудың маңыздылығы артады. Сурьма мен никельдің мөлшері ШРК деңгейінен аспаса да, олардың жылжымалы мөлшері белгілі бір аумақтарда жоғарыланған, бұл да экологиялық мониторингті талап етеді. Хром мен мыстың концентрациясы полигон маңында және 250 м қашықтықтағы аймақта ШРК деңгейінен асып, экологиялық қауіптің артуына себеп болды.

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, Эко Полигон аумағындағы топырақтардың ауыр металдармен ластануы келесідей қауіптілік дәрежелерінде бағаланды: Эко Полигон аумағынан алынған топырақ үлгілерінде ауыр металдардың жылжымалы мөлшеріне негізделген ластану деңгейі — қауіптілігі әлсіз. Бұл топырақта ауыр металдардың концентрациясы әлі де болса экологиялық қауіп тудырмайды, бірақ ұзақ уақыт кезеңінде бақылауды қажет етеді. Эко Полигоннан 250 м қашықтықтағы аймақ топырақтарының ластану деңгейі «қауіпті», себебі ауыр металдардың концентрациясы ШРК деңгейінен жоғары болған, нәтижесінде бұл аймақта экологиялық қауіптілік айтарлықтай артқан.

Эко Полигоннан 650 м қашықтықтағы аймақ топырағының ластану деңгейі «қауіптілігі әлсіз» болып бағаланды, бірақ бұл нәтижелер кейбір металдардың концентрациясының ШРК деңгейіне жақындағанын көрсетеді.

Жалпы, Эко Полигон маңындағы топырақтың ауыр металдармен ластануының қауіптілік дәрежесі өзгермелі екендігін, 250 м қашықтықтағы аймақта экологиялық қауіп жоғары болатындығын көрсетті. Бұл зерттеу қоршаған ортаның тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін экологиялық мониторингті жіте қадағалауды одан әрі жалғастыру қажеттілігін растайды.

Қорытындылай келгенде, зерттеу нәтижелері Эко Полигон маңындағы топырақтың ауыр металдармен ластануының айтарлықтай деңгейде екенін және бұл ластанудың экологиялық қауіптілік дәрежесінің өзгеру мүмкіндігін көрсетеді. Полигон маңы мен жақын аймақтарда экологиялық қауіптілік жоғары болғандықтан, ұзақ мерзімді экологиялық мониторинг жүргізу, ластану деңгейін бақылау және алдын алу шараларын қабылдау қажет.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. – М.: 2012. – С. 135–157.
2. Vigneswaran, S., et al. Impact of landfill leachate on groundwater quality: A case study in Sri Lanka// *Environmental Pollution*. – 2017. – Vol. 221. – P. 56–63.
3. Barton, J. R., et al. Landfill gas and leachate management: Environmental implications of solid waste disposal// *Journal of Environmental Management*. – 2020. – Vol. 261. – P. 110177.
4. Thompson, R. M., et al. Environmental impacts of solid waste disposal: A review of key issues// *Environmental Science & Technology*. – 2009. – Vol. 43. – № 17. – P. 7039–7051.
5. Christensen, T. H., et al. Landfilling of waste: A review of environmental impacts// *Waste Management & Research*. – 2001. – Vol. 19, № 5. – P. 401–411.
6. Alloway, B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. – 4th ed. – 2018. – P. 25–120.
7. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants. – 5th ed. – CRC Press, 2016. – P. 150–205.
8. Павлов П.Д., Решетников М.В., Ерёмин В.Н. Состояние почвенного покрова в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов (на примере Александровского полигона г. Саратова)// *Аграрный научный журнал*. – 2014. – № 11. – С. 34–38.

9. Габдрахманов А.И., Шамсутдинова Л.Р., Белан Л.Н., Зверева Т.И., Шепелевич И.С. Оценка загрязнения почвы металлами на территории полигона «Цветаевский» и свалки «Михайловская» в Республике Башкортостан// Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22. - № 1. – С. 93–97.
10. Ibanez J. J. The future of soil science / Ed. A. E. Hartemink. – Wageningen: IUSS, 2006. – P. 60–62.
11. Belan L. N., Akbalina Z. F., Zvereva T. I., Valiullina A. U., Koroleva A. V.// BEV. – 2013. – № 3–4. – P. 36–37.
12. Jin, X., Liu, X. Risk assessment of leachate migration from landfills and its environmental implications// Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 660. – P.826–834.
13. Zhou, X., et al. Assessment of heavy metal contamination in soils around a mining area and the risk to human health: A case study in Guizhou Province, China// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 711. – P. 135147.
14. Li, X., et al. Heavy metal contamination in agricultural soils and associated human health risks in a typical industrial city, China// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 246. – P. 288–295.
15. Wang, L., et al. Heavy metal contamination in soils and human health risk assessment around urban industrial areas in the Yangtze River Delta, China// Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – Vol. 193. - № 4. – P. 157.
16. Zhang, L., et al. Transformation of heavy metals in soils and their bioavailability: A review // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. - № 17. – P. 14058–14070.
17. Fang, M., et al. Transformation and bioavailability of heavy metals in contaminated soils and their risk assessment in an industrial area// Journal of Hazardous Materials. – 2018. – Vol. 357. – P. 132–142.
18. Kong, L., et al. Transformation and mobility of heavy metals in contaminated soils: Effect of pH and organic matter// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 254. – P. 113054.
19. Li, Y., et al. Biotransformation of mercury and its environmental risk in soils// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 706. – P. 135608.
20. Yang, Z., et al. Heavy metals in soils and their transformations in agricultural ecosystems: A review// Environmental Pollution. – 2021. – Vol. 274. – P. 115892.
21. [Электронный ресурс]: Рост отходов в Астане: масштабные проблемы утилизации. Режим доступа: [https://tengrinews.kz/kazakhstan\\_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm\\_source](https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm_source), свободный.
22. [Электронный ресурс]: В Казахстане сортируется и перерабатывается лишь четверть твёрдых бытовых отходов. Режим доступа: [https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvertvyordyk-bytovykh-otkhodov.html?utm\\_source](https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvertvyordyk-bytovykh-otkhodov.html?utm_source), свободный.
23. [Электронный ресурс]: Космический мониторинг стихийных свалок по Астане завершён. Режим доступа: [https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm\\_source](https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm_source), свободный.
24. Республика Казахстан. Министерство экологии, геологии и природных ресурсов. Приказ и.о. Министра от 13 августа 2021 года, № 327. Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий.
25. Кекілбаева Г.Р. Шайқорық елді мекенінің шалғынды боз топырағының ауыр металдармен ластану дәрежесін бағалау// С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы. – 2021. – № 1. – Б. 82–90.

26. Об утверждении Гигиенических нормативов к безопасности среды обитания: Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 21 апреля 2021 года № ҚР ДСМ-32. – Зарегистрирован в Министерстве юстиции РК 22.04.2021, № 22595.

27. Павличенко Л.М., Есполаева А.Р., Изтаева А.М. Содержание тяжелых металлов в почве «Мангистауской области»// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 2 (часть 1). – С. 53–58.

28. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 68. – С. 56–82.

#### REFERENCES

1. Vodyanitsky Yu.N., Ladonin D.V., Savichev A.T. Zagryazneniye pochv tyazhelymi metallami. – M.: 2012. – S. 135–157.
2. Vigneswaran, S., et al. Impact of landfill leachate on groundwater quality: A case study in Sri Lanka// Environmental Pollution. – 2017. – Vol. 221. – P. 56–63.
3. Barton, J. R., et al. Landfill gas and leachate management: Environmental implications of solid waste disposal// Journal of Environmental Management. – 2020. – Vol. 261. – P. 110177.
4. Thompson, R. M., et al. Environmental impacts of solid waste disposal: A review of key issues// Environmental Science & Technology. – 2009. – Vol. 43. – № 17. – P. 7039–7051.
5. Christensen, T. H., et al. Landfilling of waste: A review of environmental impacts// Waste Management & Research. – 2001. – Vol. 19, № 5. – P. 401–411.
6. Alloway B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. – 4th ed. – 2018. – P. 25–120.
7. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants. – 5th ed. – CRC Press, 2016. – P. 150–205.
8. Pavlov P.D., Reshetnikov M.V., Yeryomin V.N. Sostoyaniye pochvennogo pokrova v zone vliyaniya poligona tverdykh bytovykh otkhodov (na primere Aleksandrovskogo poligona g. Saratova)// Agrarny nauchny zhurnal. – 2014. – № 11. – S. 34–38.
9. Gabdrakhmanov A.I., Shamsutdinova L.R., Belan L.N., Zvereva T.I., Shepelevich I.S. Otsenka zagryazneniya pochvy metallami na territorii poligona «Tsvetayevsky» i svalki «Mikhaylovskaya» v Respublike Bashkortostan// Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2017. – T. 22. – № 1. – S. 93–97.
10. Ibanez J. J. The future of soil science / Ed. A. E. Hartemink. – Wageningen: IUSS, 2006. – P. 60–62.
11. Belan L. N., Akbalina Z. F., Zvereva T. I., Valiullina A. U., Koroleva A. V.// BEV. – 2013. – № 3–4. – P. 36–37.
12. Jin X., Liu, X. Risk assessment of leachate migration from landfills and its environmental implications// Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 660. – P. 826–834.
13. Zhou X., et al. Assessment of heavy metal contamination in soils around a mining area and the risk to human health: A case study in Guizhou Province, China// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 711. – P. 135147.
14. Li X., et al. Heavy metal contamination in agricultural soils and associated human health risks in a typical industrial city, China// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 246. – P. 288–295.
15. Wang L., et al. Heavy metal contamination in soils and human health risk

assessment around urban industrial areas in the Yangtze River Delta, China// Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – Vol. 193. - № 4. – P. 157.

16. Zhang L., et al. Transformation of heavy metals in soils and their bioavailability: A review // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. - № 17. – P. 14058–14070.

17. Fang M., et al. Transformation and bioavailability of heavy metals in contaminated soils and their risk assessment in an industrial area// Journal of Hazardous Materials. – 2018. – Vol. 357. – P. 132–142.

18. Kong L., et al. Transformation and mobility of heavy metals in contaminated soils: Effect of pH and organic matter// Environmental Pollution. – 2019. – Vol. 254. – P. 113054.

19. Li Y., et al. Biotransformation of mercury and its environmental risk in soils// Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 706. – P. 135608.

20. Yang Z., et al. Heavy metals in soils and their transformations in agricultural ecosystems: A review// Environmental Pollution. – 2021. – Vol. 274. – P. 115892.

21. [Elektronny resurs]: Rost otkhodov v Astane: masshtabnye problemy utilizatsii. Rezhim dostupa: [https://tengrinews.kz/kazakhstan\\_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm\\_source,svobodnyj](https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/okolo-40-eyfelevyih-bashen-skolko-musora-nakopilos-v-astane-556319/?utm_source,svobodnyj).

22. [Elektronny resurs]. V Kazakhstane sortiruyetsya i pererabatyvayetsya lish chetvert tvyordykh bytovykh otkhodov. Rezhim dostupa: [https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvert-tvyordykh-bytovykh-otkhodov.html?utm\\_source,svobodnyj](https://mk-kz.kz/economics/2023/05/10/v-kazakhstane-sortiruetsya-i-pererabatyvaetsya-lish-chetvert-tvyordykh-bytovykh-otkhodov.html?utm_source,svobodnyj).

23. [Elektronny resurs]: Kosmichesky monitoring stikhynykh svalok po Astane zavershyon. Rezhim dostupa: [https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm\\_source,svobodnyj](https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/810962?lang=ru&utm_source,svobodnyj).

24. Respublika Kazakhstan. Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnnykh resursov. Prikaz i.o. Ministra ot 13 avgusta 2021 goda, № 327. Ob utverzhdenii kriteriyev otsenki ekologicheskoy obstanovki territory.

25. Kekilbayeva G.R. Shaygoryq eldi mekeninin shalgyndy boz topyragnyn auyr metaldarmen lastanu darezhesin bagalau// S.Seyfullin atyndagy Qazaq agrotekhnikalgy universitetinin Gylm zharshysy. – 2021. – № 1. – B. 82–90.

26. Ob utverzhdenii Gigiyenicheskikh normativov k bezopasnosti sredy obitaniya: Prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 21 aprelya 2021 goda № QR DSM-32. – Zaregistrirovan v Ministerstve yustitsii RK 22.04.2021, № 22595.

27. Pavlichenko L.M., Yespolayeva A.R., Iztayeva A.M. Soderzhaniye tyazhelykh metallov v pochve «Mangistauskoy oblasti»// Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovany. – 2016. – № 2 (chast 1). – S. 53–58.

28. Vodyanitsky Yu.N. Ob opasnykh tyazhelykh metallakh/metallidakh v pochvakh// Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva. – 2011. – Vyp. 68. – S. 56–82.

## РЕЗЮМЕ

Г.Р. Кекілбаева<sup>1\*</sup>, А. Касипхан<sup>2\*</sup>, Г.А. Звягин<sup>1</sup>, А.К. Иман-Махмудова<sup>1</sup>, А.Ж. Назарова<sup>2</sup>,  
А.С. Шойынбаева<sup>2</sup>

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ЗОНЕ  
ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА АСТАНЫ

<sup>1</sup>НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени  
С. Сейфуллина», 010000, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан,  
\*e-mail: kekilbaeva@mail.ru

<sup>2</sup>Агроэкологический испытательный центр (лаборатория),  
010000, Астана, ул. Алтынсарина, 2, Казахстан, \*e-mail: sceco\_katu@mail.ru

Статья посвящена оценке уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами на территории полигона захоронения твёрдых бытовых отходов, расположенного в городе Астана. В ходе исследования был проведён химический анализ почвенных образцов, отобранных с прилегающих участков, находящихся в административной зоне города Астана, в 6 км вдоль трассы Алаш, вблизи полигона, управляемого ТОО «Эко Полигон Астана». Были определены подвижные формы тяжёлых металлов и дана их экологическая классификация по степени опасности. Установлено присутствие подвижных форм ртути, цинка, мышьяка (I класс опасности), а также меди, никеля, кобальта, сурьмы, хрома и свинца (II класс опасности). Степень загрязнения почв оценивалась с использованием коэффициента опасности (Ko) и суммарного коэффициента загрязнения (Zc), с последующим сравнением с предельно допустимыми концентрациями. Результаты показали, что содержание тяжёлых металлов на территории полигона и в прилегающих зонах превышает допустимые уровни, а уровень экологической опасности классифицируется как «опасный» и «слабоопасный». Полученные данные позволяют дать комплексную оценку экологического воздействия полигона, состояния почв в окружающей среде и потенциального вреда для окружающей среды.

**Ключевые слова:** темно-каштановые почвы, тяжёлые металлы, загрязнение почв, коэффициент опасности, твёрдые бытовые отходы, экологическая опасность.

## SUMMARY

G.R. Kekilbayeva<sup>1\*</sup>, A. Kassipkhan<sup>2\*</sup>, G.A. Zvyagin<sup>1</sup>, A.K. Iman-Makhmutova<sup>1</sup>,  
A.Zh. Nazarova<sup>2</sup>, A.S. Shoiynbayeva<sup>1</sup>

ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN THE AREA OF THE  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL IN ASTANA

<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, 010000, Astana,  
Zhenis Ave., 62, Kazakhstan, \*e-mail: kekilbaeva@mail.ru

<sup>2</sup>Agroecological research center (laboratory),  
010000, Astana, Altynsarina str., 2, Kazakhstan, \*e-mail: sceco\_katu@mail.ru

This article is devoted to assessing the level of soil contamination by heavy metals at the municipal solid waste landfill located in the city of Astana. During the study, chemical analysis was conducted on soil samples collected from adjacent areas within the administrative zone of Astana, 6 km along the Alash highway, near the landfill managed by LLP "Eco Polygon Astana". Mobile forms of heavy metals were identified and environmentally classified by their hazard levels. The presence of mobile forms of mercury, zinc, and arsenic (hazard class I), as well as copper, nickel, cobalt, antimony, chromium, and lead (hazard class II) was established. The degree of soil contamination was assessed using the hazard coefficient (Ko) and the total pollution coefficient (Zc), followed by comparison with the maximum permissible concentrations. The results showed that heavy metal concentrations in the landfill area and surrounding zones exceed acceptable

levels, with the environmental hazard level classified as "hazardous" and "slightly hazardous". The obtained data allow for a comprehensive assessment of the landfill's environmental impact, soil conditions in the surrounding environment, and the potential harm to nature.

*Keywords:* dark chestnut soils, heavy metals, soil contamination, hazard coefficient, municipal solid waste, environmental hazard.

#### АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1. Кекілбаева Гулнур Рахманкызы – топырақтану және агрохимия кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., б.ғ.к., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8817-9767>, e-mail: [kekilbaeva@mail.ru](mailto:kekilbaeva@mail.ru)

2. Касипхан Ақгул - агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) меңгерушісі, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>, e-mail: [a.kasipkhan@kazatu.edu.kz](mailto:a.kasipkhan@kazatu.edu.kz)

3. Звягин Григорий Александрович – топырақтану және агрохимия кафедрасының аға оқытушысы, PhD, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8779-5122>, e-mail: [regor1984111@rambler.ru](mailto:regor1984111@rambler.ru)

4. Иман-Махмутова Айгерим Карасайевна – топырақтану және агрохимия кафедрасының магистранты, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3242-5307>, e-mail: [imanmakmutova@mail.ru](mailto:imanmakmutova@mail.ru)

5. Назарова Айман Жадгеровна – агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) ғылыми қызметкері, а.ш.ғ.м., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2511-6099>, e-mail: [nazar\\_aiman@mail.ru](mailto:nazar_aiman@mail.ru)

6. Шойынбаева Айдана Сағатқызы – агроэкологиялық сынақ орталығының (зертхана) сапа жөніндегі менеджері, а.ш.ғ.м., ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4748-7253>, e-mail: [shoiynbaevva@mail.ru](mailto:shoiynbaevva@mail.ru)