

**Земельные ресурсы, ландшафтоведение
и рациональное природопользование
Жер ресурстары, ландшафттану
және қоршаған ортаны басқару
Land resources, landscape science
and environmental management**

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-2-42-52.19>

FTAMP 87.21.09
ӘӨЖ 504.054:504.53

Д. А. Мұса¹, Б. Х. Тусупова*², Л. С. Курбанова³, С. М. Нурмакова⁴, Қ. Т. Қырғызбай⁵

¹ Магистрант (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; musa.dilnaz@bk.ru)

^{2*} Т. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;
tussupova@yandex.ru);

³ Т. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; k_lau@mail.ru)

⁴ Т. ғ. к., қауымдастырылған профессор (Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; s.nurmakova@satbayev.university)

⁵ PhD, аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;
kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

**АҚТӨБЕ ҚАЛАСЫНЫҢ ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫНА
АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУДЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Аннотация. Мақалада Ақтөбе қаласының Құрмыш, Мәскеу, АФЗ (Ақтөбе ферроқорытпа зауыты), Авиақалашық, 41-шы разъезд аймақтары топырағының мырыш (Zn), кадмий (Cd), қорғасын (Pb) және мыс (Cu) сияқты ауыр металдармен ластану деңгейін зерттеу нәтижелері келтірілген. Элементтердің техногендік концентрация коэффициенттері (K_c), топырақтың ластануының жиынтық көрсеткіші (Z_c) есептелді. Атомды-абсорбциондық спектрометрия пайдалана отырып, қаланың әртүрлі аудандарынан алынған топырақ сынамаларына талдау жүргізілді. Бірқатар аймақтарда, атап айтқанда Құрмыш, Мәскеу аудандарында мырыш пен кадмийдің концентрациясы шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) көлемінен артық. Барлық аймақтар бойынша ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c < 16$ – ластанудың төменгі деңгейін көрсетті. Зерттеу нәтижелері жер жамылғысына әсер етуші уытты жүктемені азайту және экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіру шараларын енгізу қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: ауыр металдар, топырақ, ластану, топырақ сынамасы, микроэлементтердің жылжымалы формалары, ластану дәрежесі, елді мекен аумағы.

Кіріспе. Қазіргі таңда ғылыми-техникалық прогресс қарқынының тұрақты түрде артуына байланысты қоршаған ортаны, сонымен қатар өнеркәсіптік өндіріс орындарын бақылау мәселелері өте өзекті болып табылады. Өндіріс қалдықтары мен жанама өнімдері көлемінің үнемі артып отыруы, табиғи геожүйелерге әсер ететіні сөзсіз. Топырақтың құрамдас бөліктерінің көптігі және бөліктердің өзара әрекеттесуі мен кері байланысы топырақты басқарудың күрделі және көп салалы тұрақты тәсілін қажет етеді. Жалпы жерді пайдалану топырақтың қасиеттеріне және олардың азық-түлік немесе талшық өндіру, химиялық зауыттар, суды тазарту немесе климатты реттеу және тіршілік ету ортасы сияқты әлеуетті функцияларына байланысты [1]. Антропогендік жүктеме өнеркәсіп пен автокөлік жүйесі дамыған қала және қала агломерацияларына іргелес аймақтарда

анық байқалады. Зауыттардың, кәсіпорындар мен фабрикалардың қарқынды жұмыс істеу кезінде қоршаған ортаға әртүрлі ластаушы заттардың эмиссиясы түседі. Тау-кен өнеркәсібі жаһандық экономикалық прогрестің негізі ретінде қызмет ете отырып, әртүрлі секторлардағы таптырмас шикізат көзі болып табылады [2]. Алайда, тау-кен жұмыстарының қоршаған ортаға тигізетін әсері, әсіресе топырақтың ластанғанда, маңызды және өзекті экологиялық мәселелерге айналууда. Ауыр металдар – бұл топырақта ұзақ уақыт бойы сақталатын ең қауіпті және кең таралған ластау элементтерінің бірі болып табылады [3]. Тау-кен жұмыстары, әсіресе тиісті тазарту шаралары болмаған жағдайда, тау-кен орындарында ауыр металдардың айтарлықтай ластануына әкелуі мүмкін, бұл кейіннен жақын маңдағы ауылшаруашылық немесе елді мекен аймақтарына таралуы мүмкін. Зерттеулер зауыттар мен тау-кен орындарына жақын орналасқан топырақтарда ауыр металдардың ластану деңгейінің жоғарылағанын көрсетті [4].

Ақтөбе қаласы – Қазақстанның ірі өнеркәсіптік орталығы. Қалада Ақтөбе феррокорытпа зауыты (АФЗ), «Ақтөбемұнай» химиялық комбинаты (АХК), Ақтөбе хром қосындылары зауыты (АХКЗ), Ақтөбе рельс-арқалық зауыты (АРЗ), Ақтөбе ЖЭО сияқты ірі кәсіпорындар жұмыс істейді. Олар қоршаған орта компоненттерінің оның ішінде топырақтың техногендік ластануының негізгі көздеріне жатады. Топырақты негізгі ластайтын зат – қорғасын [5].

Көлемі мен ұзақтығына байланысты ауыр металдар мен металлоидтар қоршаған ортаға және адам денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіреді. Табиғи экожүйелердің ластану дәрежесі шекті рұқсат етілген концентрациялар (ШРК) жүйесінің негізінде бағаланады. Ол қоршаған ортаның сапасына қойылатын және нақты заттар үшін белгіленетін ең жоғары талаптар жүйесіне жатады. Топырақтағы ауыр металдар концентрациясының табиғи фондық деңгейінен асып кетуі табиғи экожүйелерді нашарлатып қана қоймай, оның биологиялық жолмен ыдырамайтын қасиеттері, уыттылығы және тұрақтылығы сияқты сипаттамаларына байланысты әлеуметтік-экономикалық жүйелерге де әсер етеді [6].

Табиғи экожүйелердің ластану дәрежесі шекті рұқсат етілген концентрациялар (ШРК) жүйесінің негізінде бағаланады. 1973 жылы БҰҰ-да қабылданған жаһандық мониторинг бағдарламасында үш ауыр металл болды: қорғасын, кадмий және сынап, бірақ кейінірек БҰҰ Қоршаған ортаны қорғау бағдарламасының (UNEP) есебінде ең қауіпті жеті ауыр металл (мыс, қалайы, ванадий, хром, молибден, кобальт, никель) және үш металлоид (сүрме, мышьяк, селен) атап көрсетілді. Мышьяк, кадмий, хром, қорғасын және сынап сияқты ауыр металдар жүйелік уыттылықты тудырады [7]. Кейбір металдар (марганец, қорғасын, ванадий) шекті рұқсат етілген концентрациясы, екінші металдар (кадмий, мыс, никель, мырыш) болжамды рұқсат етілген концентрациясы, үшінші металдар (кобальт, хром) топырақтың ластану дәрежесінің эмпирикалық критерий бойынша бағаланады және тіпті төмен деңгейде әсер еткенде де адамның көптеген мүшелерін зақымдауы мүмкін [8]. Топырақтың ауыр металдармен ластануының ауқымды мониторингіне қол жеткізу үшін кейбір зерттеулер гиперспектрлік маркалар мен элементтердің концентрациясы арасындағы сандық қатынастарды орнатуға тырысты [9]. Ластану көздері мен ластану әсері арасындағы байланысты сандық бағалау ауыр металдардың ластануын бақылау стратегияларын әзірлеу үшін дәлірек анықтама бере алады. Дәстүрлі статистикалық модельдер көбінесе бұл қатынасты дәл талдай алмайды. Соңғы жылдары ауыр металдардың ластануын талдау үшін көп қабатты перцептрон (MLP) және жасанды нейрондық желілер (ANN) сияқты машиналық оқыту әдістері кеңінен қолданылды, өйткені олардың жоғары болжау дәлдігі мен экономикалық тиімділігі жоғары [10].

Зерттеу жұмысының мақсаты – Ақтөбе қаласының әртүрлі аудандарында топырақтың ауыр металдармен (Zn, Cu, Cd, Pb) ластану деңгейін бағалау.

Материалдар мен әдістер. Ақтөбе қаласының солтүстік аумағы қоңыржай құрғақ дала субзонасының шегіндегі оңтүстік қарашірік топырақтарда, ал қалған бөлігі құрғақ дала субзонасының дала аймағының қара қоңыр топырақтарында орналасқан. Оңтүстік қарашірік субзонасындағы топырақтар оңтүстік сортаңды қарашірік және оңтүстік сортаңды қарашіріктің сортаң қарашірігінің кешенінен тұрады. Қаланың солтүстік-шығыс бөлігін қара қоңыр, дамымаған және толық дамымаған (ксероморфты) қиыршық тасты топырақтар алып жатыр. Батыс, оңтүстік және шығыс бөліктерінде сортаңды қара қоңыр топырақтың сортаң топырағымен кешені кеңінен таралған. Елек өзенінің жайылмалы және террасалы учаскелері шалғынды топырақтардан құралған.

Оңтүстік сортаңды қара топырақтар гумус қабатының шегінде құрамында сыйымдылығының 5 %-дан артық алмасатын Na бар тығыздалған сортаң горизонттың болуына байланысты сортаң болып табылады. Бұл топырақ кешендері биік террасалардағы ауыр жыныстарға немесе жер бетіне жақын орналасқан ауыр тұзды жыныстарға тән болады. Қара қоңыр, дамымаған және толық дамымаған (ксероморфты) қиыршық тасты топырақтарда 90-110 см тереңдіктен гипс және тез еритін тұздар кездеседі. Гумус қабатының қалыңдығы 30-50 см аралығында, ал гумус пен азот мөлшері сәйкесінше 2,5-4,5 % және 0,15-0,30 % аралығында өзгеріп отырады [11].

Механикалық құрамы бойынша қала топырақтары делювиалды саздар мен ауыр саздақтарды болып келеді, сонымен қатар орташа сазды, жеңіл саздақ, құмдақ, қиыршық тасты топырақтардан да кездеседі. Сазды және ауыр сазды топырақтар әдетте қарашірік пен қара қоңыр топырақтарына тән. Механикалық құрамы жағынан жеңіл жыныстар – физикалық саз бөлшектерінің мөлшері шамамен 25-30% болатын орташа және жеңіл саздақ негізінен Ақтөбе қала агломерациясының шығыс бөлігінде таралған. Құмдақ топырақтар Ақтөбе қала агломерациясының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан. Қиыршық тасты топырақ қаланың солтүстік және шығыс бөлігінде дамыған [11].

Топырақ сынамаларын алу үшін қала аумағынан бес аудан таңдалды: Құрмыш, Мәскеу, АФЗ (Ақтөбе феррокорытпа зауыты), Авиакалашық, 41-ші разъезд (1-сурет). Үлгілердің барлығы мемлекетаралық стандартқа [12] сәйкес алынды. Сынамалар 0-15 см тереңдікте алынды, бұл топырақтың жоғарғы гумус горизонтына сәйкес келеді.



1-сурет –
Топырақ сынамаларын алу орындары
Figure 1 –
Soil sampling sites

Ақтөбе қаласы топырағының ауыр металдармен ластанудың әсерін бағалау төрт микро-элементтердің (Zn, Cu, Cd, Pb) жылжымалы формаларының негізінде жүргізілді. Олардың концентрациялары «Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС сертификацияланған сынақ зертханасының базасында атомды-абсорбциондық спекторметрия Spесrоrd 210 PLUS құралының (1-кесте) көмегімен анықталды.

1-кесте – Топырақ құрамын өлшеуге қолданылған құралдар

Table 1 – Instruments used for measuring soil composition

Р/н №	Құрылғы түрі	Зауыт нөмірі	Тексеру туралы куәліктің №	Жарамдылық мерзімі
1	Specord 210 PLUS	223F1426/1199	№ BA-11-24-580127 14.06.2024 ж.	14.06.2025 ж.
2	Зертханалық иономер И-160 МИ типі	0451	№ BA-09-24-648291 26.06.2024 ж.	26.06.2025 ж.
3	Жалынды фотометр FLAPHO-4 типі	779792/б/н	№ BA-11-24-579500 14.06.2024 ж.	14.06.2025 ж.
4	Электронды таразы AR 2140	1227250240	№ BA-02-02-35682 06.12.2023 ж.	06.12.2024 ж.
5	Электронды таразы ScoutProSPS202 F	7132211951	№ BA-02-02-35693 06.12.2023 ж.	06.12.2024 ж.

Зерттелетін аумақтың топырақ жамылғысының ластануын экологиялық бағалау кезінде элементтер концентрациясының коэффициенті (K_c) және ластанудың жиынтық көрсеткіші (Z_c) қолданылады. Бұл шамалар Ақтөбе қаласы топырағының ауыр металдармен ластанудың әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Топырақтың ластану қаупі неғұрлым жоғары болса, K_c көрсеткіші бірліктен асады ($K_c > 1$).

Химиялық элементтің концентрация коэффициенті (K_c) келесі формула бойынша есептеледі:

$$K_c = C_i / C_{фон}, \quad (1)$$

мұндағы, C_i – анықталатын элементтің іс жүзіндегі концентрациясы, мг/кг; $C_{фон}$ – элементтің топырақтағы фондық концентрациясы, мг/кг [13].

Топырақ жамылғысының экологиялық жағдайын бағалаудың қолданыстағы тәжірибесі топырақтағы элементтердің геохимиялық фонын қолдануға, сондай-ақ ластануының жиынтық коэффициентін есептеуге негізделген және нормативтік-әдістемелік құжаттарда бекітілген Z_c пайдаланылады [14]. Ол (Z_c) адам денсаулығына қолайсыз әсер етудің индикаторы және ауыр металдардың топырақтың ластануына жалпы қосатын үлесін анықтайтын интегралды көрсеткіш ретінде кеңінен пайдаланылатын коэффициент [15]. Оны фондық көрсеткіштерге қатысты токсикологиялық қауіптіліктің I, II, III сыныптарына жататын токсиканттардың (ластаушы заттардың) шоғырлану коэффициенттерінің қосындысы ретінде анықтайды және келесі формула бойынша есептейді:

$$Z_c = (\sum_{i=1}^n K_c) - (n - 1), \quad (2)$$

мұндағы, K_c – i -ші химиялық элементтің концентрация коэффициенті; n – есептелетін элементтердің саны.

Ауыр металдармен ластанудың әсерін сипаттайтын Z_c мәнінің диапазондары келесідей болады:

$Z_c < 16$ – төменгі ластану деңгейі;

$16 < Z_c < 33$ – орташа ластану деңгейі;

$32 < Z_c < 64$ – жоғары ластану, қауіпті деңгей;

$64 < Z_c < 128$ – максималды ластану, төтенше қауіпті деңгей [16].

Нәтижелер және оларды талдау. Алынған мәндер нормативтік деректермен, атап айтқанда шекті рұқсат етілетін концентрация [17] және өңірлік фондық деңгеймен салыстырылды (2-кесте) [18].

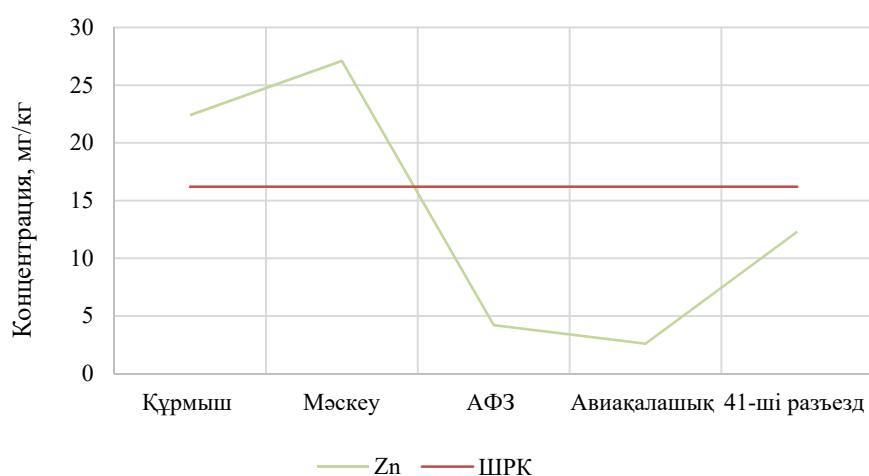
Мырыш (Zn). Ең жоғары концентрация Құрмыш (22,4 мг/кг) және Мәскеу (27,1 мг/кг) аймағында тіркелген, бұл геохимиялық фон концентрациясынан асып түседі. Ең төменгі концентрация Авиакалашық аймағында анықталған (2,6 мг/кг), яғни фоннан 6,2 есе төмен, бұл басқа аудандарға қарағанда айтарлықтай төмен (2-сурет).

Мыс (Cu). Мыс концентрациясы барлық зерттеу аймақтарында нормативтен төмен болды (3-сурет).

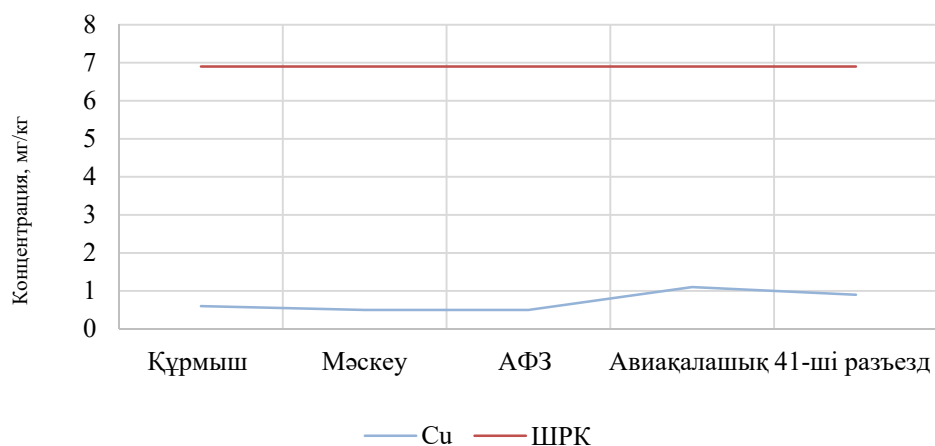
2-кесте – Ақтөбе қаласы топырағындағы ауыр металл концентрациясы

Table 2 – Concentration of heavy metals in the soil of Aktobe City

Топырақ сынамасын алу орны	Zn	Cu	Cd	Pb
	Геохимиялық фон, мг/кг			
	16,2	6,9	1,1	1,6
Топырақ сынамаларындағы концентрация, мг/кг				
Құрмыш	22,4	0,60	1,10	1,10
Мәскеу	27,1	0,50	0,90	1,00
АФЗ	4,2	0,50	0,90	1,10
Авиақалашық	2,60	1,10	0,70	1,00
41-ші разъезд	12,30	0,90	0,60	1,00

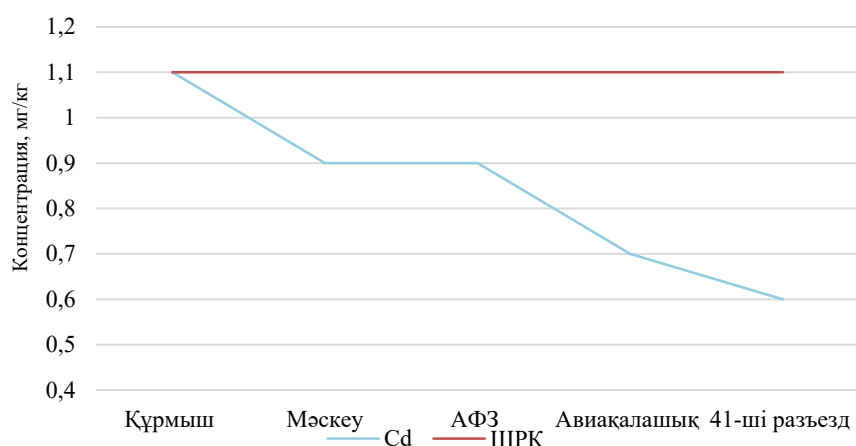


2-сурет – Ақтөбе қаласы топырағындағы мырыштың концентрациясын ШРК-мен салыстыру
Figure 2 – Comparison of zinc concentrations in Aktobe City soil with Maximum Permissible Concentrations (MPC)



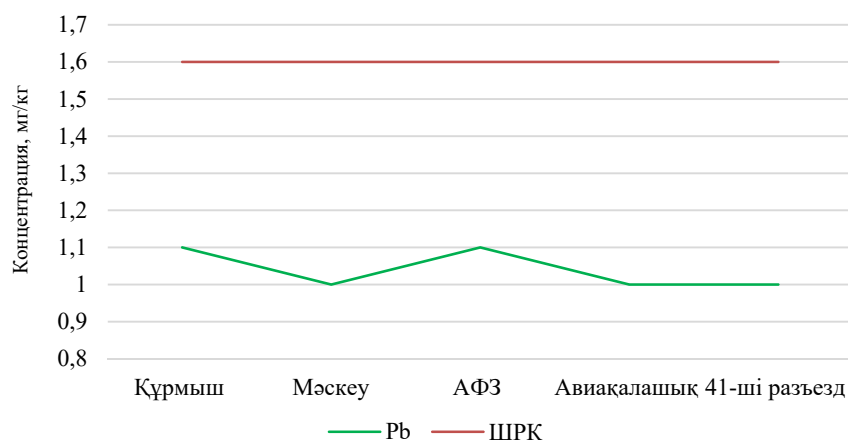
3-сурет – Ақтөбе қаласы топырағындағы мыстың концентрациясын ШРК-мен салыстыру
Figure 3 – Comparison of copper concentrations in Aktobe City soil with Maximum Permissible Concentrations (MPC)

Кадмий (Cd). Құрмыш ауданындағы (1,10 мг/кг) кадмий концентрациясы геохимиялық фонға тең, ал Мәскеу және АФЗ аудандарындағы ауыр металдармен ластану мөлшері (0,90 мг/кг) біршама төмен болғанын көрсетті. Жалпы топырақ сынамасы алынған аудандарда кадмий концентрациясы қалыпты мөлшерде (4-сурет).



4-сурет – Ақтөбе қаласы топырағындағы кадмийдің концентрациясын ШПК-мен салыстыру
 Figure 4 – Comparison of cadmium concentrations in Aktobe City soil with Maximum Permissible Concentrations (MPC)

Қорғасын (Pb). Барлық сынама алу нүктелеріндегі қорғасын концентрациясы 1,00–1,10 мг/кг аралығында болды, бұл ластану деңгейінің төмендігін көрсетеді (5-сурет).



5-сурет – Ақтөбе қаласы топырағындағы қорғасынның концентрациясын ШПК-мен салыстыру
 Figure 5 – Comparison of lead concentrations in Aktobe City soil with Maximum Permissible Concentrations (MPC)

1. *Құрмыш (Керей хан көшесі).* Сынама алынған нүктелердегі топырақ құрамындағы мырыштың C_i концентрациясы фондық көрсеткіштен жоғары және кадмий концентрациясы фоннан 10%-ға көп. Ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c=0,16$ ($Z_c<16$ – ластанудың төменгі деңгейі).

2. *Мәскеу (Беркімбаева көшесі).* Сынама алынған нүктелердегі топырақ құрамындағы мырыштың C_i концентрациясы фондық көрсеткіштен жоғары. Ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c=0,19$ ($Z_c<16$ – ластанудың төменгі деңгейі).

3. *АФЗ (312 Атқыштар Дивизиясы даңғылы).* Зерттеу қорытындысы сынамада ауыр металдардың концентрациясы төмендігін көрсетті, бұл аталған аймақта антропогендік жүктеменің төмендігіне байланысты болуы мүмкін. Ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c= -1,16$ ($Z_c<16$ – ластанудың төменгі деңгейі).

4. *Авиақалашық (Бөкенбай батыр көшесі).* Нәтиже қорытындысы бойынша топырақ құрамында ауыр металдардың концентрациясы төмен. Ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c=-1,41$ ($Z_c<16$ – ластанудың төменгі деңгейі).

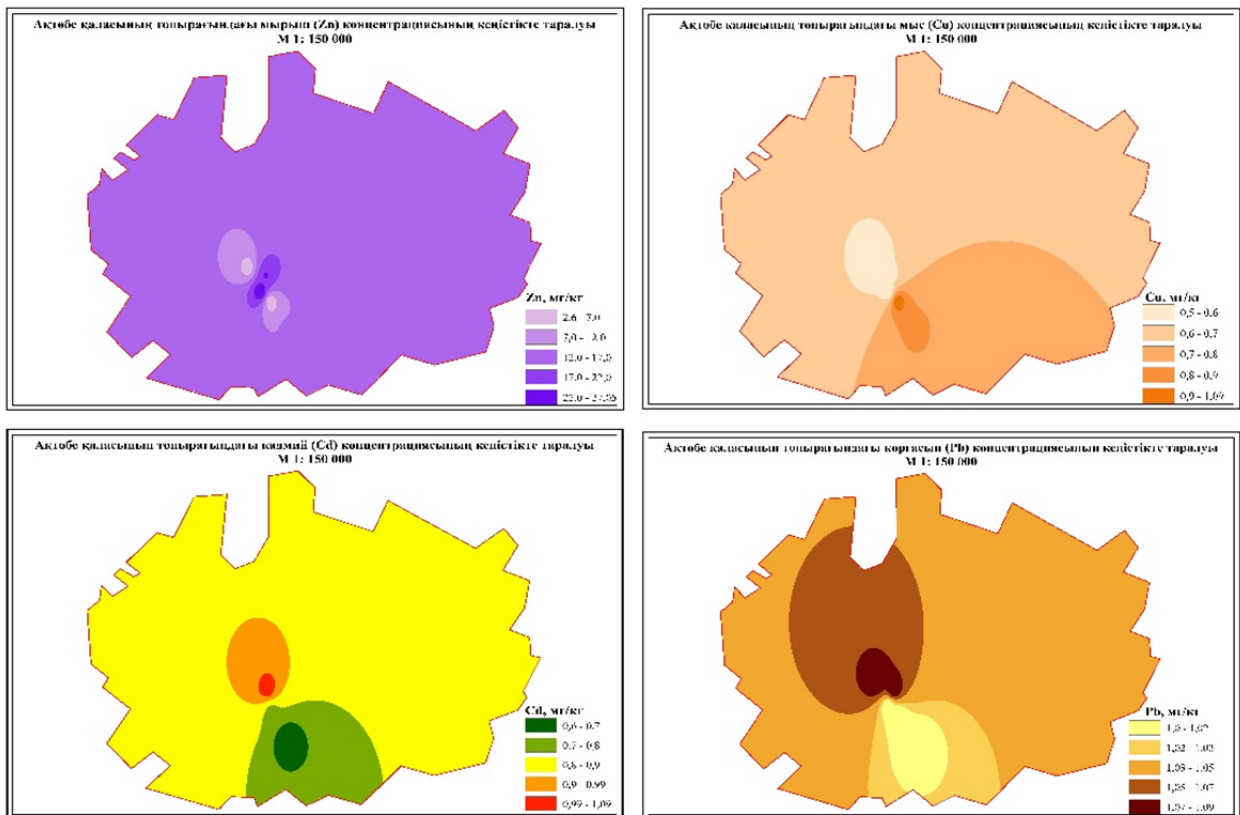
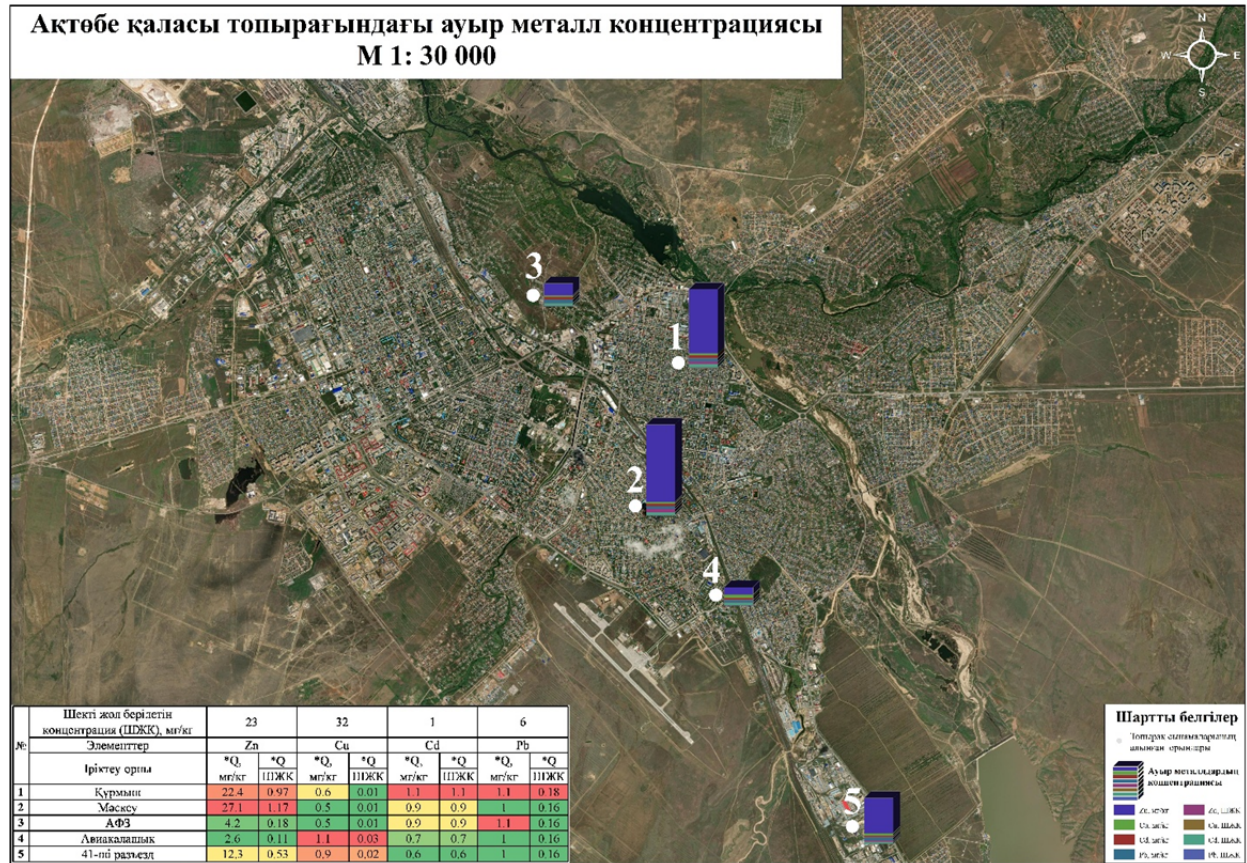
5. *41-ші разъезд (Атаниязова көшесі).* Ластанудың қосынды көрсеткіші $Z_c= -0,93$ ($Z_c<16$ – ластанудың төменгі деңгейі) (3-кесте) (6-сурет).

3-кесте – Зерттеу аймақтары топырағындағы ауыр металдардың жылжымалы формалары, концентрация коэффициенттері және ластанудың жиынтық көрсеткіштері

Table 3 – Mobile forms of heavy metals, concentration coefficients, and integrated pollution indices in the soil of study areas

Элементтер	Zn	Cu	Cd	Pb
Фондық концентрация	16,2	6,9	1,1	1,6
Құрмыш (Керей хан көшесі)				
Микроэлементтердің жылжымалы формалары, мг/кг	22,4	0,60	1,10	1,10
K_c	1,38	0,09	1	0,69
Z_c	0,16			
Мәскеу (Беркімбаева көшесі)				
Микроэлементтердің жылжымалы формалары, мг/кг	27,1	0,50	0,90	1,00
K_c	1,67	0,07	0,82	0,63
Z_c	0,19			
АФЗ (312 Атқыштар Дивизиясы даңғылы)				
Микроэлементтердің жылжымалы формалары, мг/кг	4,2	0,50	0,90	1,10
K_c	0,26	0,07	0,82	0,69
Z_c	-1,16			
Авиақалашық (Бөгенбай батыр көшесі)				
Микроэлементтердің жылжымалы формалары, мг/кг	2,60	1,10	0,70	1,00
K_c	0,16	0,16	0,64	0,63
Z_c	-1,41			
41-ші разъезд (Атаниязова көшесі)				
Микроэлементтердің жылжымалы формалары, мг/кг	12,30	0,90	0,60	1,00
K_c	0,76	0,13	0,55	0,63
Z_c	-0,93			

Қорытынды. Зерттеу жұмысында Ақтөбе қаласы топырағының мырыш (Zn), кадмий (Cd), қорғасын (Pb) және мыс (Cu) сияқты ауыр металдармен ластану деңгейін зерттелді. Авторлар зерттеу жүргізу үшін топырақтағы ауыр металдардың концентрациясын дәл анықтауға мүмкіндік беретін атомдық абсорбциялық спектрометрия әдісін қолданды. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде Ақтөбе қаласы топырағының ауыр металдармен, әсіресе мырыш (Zn) пен кадмиймен (Cd) айтарлықтай ластануы анықтады. Құрмыш және Мәскеу аудандарында мырыш пен кадмий концентрациясы геохимиялық фоннан асатыны анықталған, бұл өнеркәсіптік нысандар мен көлік магистральдарының жақындығына байланысты. Ал АФЗ, Авиақалашық, 41-ші разъезд сияқты басқа аймақтарда антропогендік жүктеме мен ауыр металдармен топырақтардың ластану деңгейі төмен болды. Ақтөбе қаласының зерттелген аймақтарындағы ластанудың жалпы көрсеткіші (Z_c) 16-дан аз болды, бұл ластанудың төмен деңгейде екендігін көрсетеді. Техногендік концентрация коэффициенттері (K_c) және ластанудың жиынтық көрсеткіші (Z_c) есептелді, бұл өнеркәсіптік белсенділігі жоғары аудандар ең ластанғанын растады. Ластанудың жалпы көрсеткіші (Z_c) төмен болғанмен, кейбір ластаушы заттардың нормадан асып кетуі шығарындыларды азайтуға және топырақ жағдайын жақсартуға бағытталған экологиялық бағдарламаларды әзірлеу және іске асыру қажеттілігін көрсетеді, сонымен қатар жоғарыда айтылған аудандардағы ауыр металл концентрациясының жоғарылауы топыраққа уытты жүктемені азайту шараларын ұйымдастыруды қажет етеді. Зерттеу нәтижелері экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіру үшін мониторинг пен технологиялық шараларды енгізу қажеттілігін көрсетеді. Бұл әсіресе аймақтың қарқынды өнеркәсіптік дамуы жағдайында халықтың денсаулығы мен қоршаған ортаны сақтау үшін өте маңызды. Нәтижелер мониторинг және технологиялық шараларды қоса алғанда, экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтірудің кешенді тәсілінің қажеттілігін көрсетеді.



6-сурет – Топырақтың ауыр металдармен ластану картасы

Figure 6 – Map of soil pollution by heavy metals

ӘДЕБИЕТ

- [1] Erdogan H. E., Havlicek E., Dazzi C., Montanarella L., Van Liedekerke M., Vrščaj B., Krasilnikov P., Khasankhanova G., Vargas R. (2021). Soil conservation and sustainable development goals (SDGs) achievement in Europe and Central Asia: Which role for the European soil partnership? // *International Soil and Water Conservation Research*, 9(3), 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.02.003>
- [2] Soltani N., Keshavarzi B., Moore F., Sorooshian A., Ahmadi M. R. (2017). Distribution of potentially toxic elements (PTEs) in tailings, soils, and plants around gol-E-Gohar iron mine, a case study in Iran // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 18798-18816. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9342-5>
- [3] Неведров Н. П., Белоконов А. Л., Анненков С. А., Проценко А. А., Проценко Е. П., Балабина Н. А., Пученкова А. В. Содержание тяжёлых металлов в почвах с различным уровнем антропогенной нагрузки на территории Курской области // *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки.* – 2015. – № 30(3). – С.117–125.
- [4] Ping Wen, Shi-wei Feng, Jie-Liang Liang, Pu Jia, Bin Liao, Wen-sheng Shu, Jin-tian Li, Xinzhu Yi. Heavy metal pollution in farmland soils surrounding mining areas in China and the response of soil microbial communities // *Soil Security*. Vol. 17, 2024, 100173, ISSN 2667-0062, <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100173>
- [5] Берденов Ж. Г., Джаналеева Г. М. Применение ГИС-технологий при изучении геосистем техногенного происхождения Актобинской агломерации // *Материалы международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС».* – 2015. – С. 133-138. DOI:10.24057/2414-9179-2015-1-21-133-138
- [6] Jiang H. H., Cai L. M., Wen H. H., Hu G. C., Chen L.G., & Luo J. (2020). An integrated approach to quantifying ecological and human health risks from different sources of soil heavy metals // *Science of The Total Environment*, 701, 134466. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134466>
- [7] Singh V., Singh N., Verma M., Kamal R., Tiwari R., Sanjay Chivate M., Rai S. N., Kumar A., Singh A., Singh M. P., Vamanu E., Mishra V. (2022). Hexavalent-Chromium-Induced Oxidative Stress and the Protective Role of Antioxidants against Cellular Toxicity Antioxidants, 11(12), 2375. <https://doi.org/10.3390/antiox11122375>
- [8] Xu W., Jin Y., Zeng G. (2024). Introduction of heavy metals contamination in the water and soil: A review on source, toxicity and remediation methods // *Green Chemistry Letters and Reviews*, 17 (1), 2404235. <https://doi.org/10.1080/17518253.2024.2404235>
- [9] Haicheng Wang, Shuqun Xiao, Ruiwen Shen, Qiuming Cheng, Shengyuan Zhang, Rapid detection of soil heavy metal pollution using hyperspectral data and multiscale spatial network // *Environmental Technology & Innovation*. Vol. 37, 2025, 104031, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104031>
- [10] Tao Wen, Yibo Cheng, Yali Yuan, Ruilian Sun. Quantitative analysis and risk assessment of heavy metal pollution in an intensive industrial and agricultural region // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 289, 2025, 117634, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117634>
- [11] Агроклиматические ресурсы Актобинской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С. С. Байшолонова. – Астана, 2017. – 136 с.
- [12] ГОСТ 17.4.4.02 2017. Межгосударственный стандарт. «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».
- [13] Копылова Л. В. Оценка уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами и интенсивность поглощения их древесными растениями // *Ученые записки ЗабГУ. Серия: биологические науки.* – 2012. – № 1(42). – С. 70-75.
- [14] Сагт Ю. Е. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
- [15] Аумақтардың экологиялық ахуалын бағалау өлшемшарттарын бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің м.а. 2021 жылғы 13 тамыздағы № 327 бұйрығы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100023994>
- [16] Середина В. П. Загрязнение почв: Учебное пособие. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2015. – 346 с.
- [17] Тіршілік ету ортасының қауіпсіздігіне гигиеналық нормативтерді бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің 2021 жылғы 21 сәуірдегі № ҚР ДСМ-32 бұйрығы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100022595>
- [18] Сарсембин У. Қ., Батырова Г. А., Умарова Г. А., Ургушбаева Г. М., Айкенова Н. Е. Ақтөбе қаласының топырағының ауыр металдармен ластануын экологиялық бағалау // *Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География».* – 2022. – № 3(107). – С.109-116. <https://doi.org/10.31489/2022bmg3/109-116>

REFERENCES

- [1] Erdogan H. E., Havlicek E., Dazzi C., Montanarella L., Van Liedekerke M., Vrščaj B., Krasilnikov P., Khasankhanova G., Vargas R. (2021). Soil conservation and sustainable development goals (SDGs) achievement in Europe and Central Asia: Which role for the European soil partnership? // *International Soil and Water Conservation Research*, 9(3), 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.02.003>
- [2] Soltani N., Keshavarzi B., Moore F., Sorooshian A., Ahmadi M. R. (2017). Distribution of potentially toxic elements (PTEs) in tailings, soils, and plants around gol-E-Gohar iron mine, a case study in Iran // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 18798-18816. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9342-5>
- [3] Nevedrov N. P., Belokon A. L., Annenkov S. A., Protsenko A. A., Protsenko E. P., Balabina N. A., Puchenkova A. V. Heavy metal content in soils with different levels of anthropogenic stress in the Kursk region // *Scientific bulletin of BelSU. Natural sciences.* 2015. № 30(3). 117-1125 p. (in Russ.).

[4] Ping Wen, Shi-wei Feng, Jie-Liang Liang, Pu Jia, Bin Liao, Wen-sheng Shu, Jin-tian Li, Xinzhu Yi, Heavy metal pollution in farmland soils surrounding mining areas in China and the response of soil microbial communities, *Soil Security*. Vol. 17, 2024, 100173, ISSN 2667-0062, <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100173>

[5] Berdenov Zh. G., Dzhanaliev G. M. Application of GIS technologies in the study of geosystems of man-made origin of the Aktobe agglomeration // *Materials of the International conference "InterCarto. InterGIS"*, 2015. P. 133-138. DOI:10.24057/2414-9179-2015-1-21-133-138 (in Russ.).

[6] Jiang H. H., Cai L. M., Wen H. H., Hu G. C., Chen L. G., Luo J. (2020). An integrated approach to quantifying ecological and human health risks from different sources of soil heavy metals // *Science of The Total Environment*, 701, 134466. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134466>

[7] Singh V., Singh N., Verma M., Kamal R., Tiwari R., Sanjay Chivate M., Rai S. N., Kumar A., Singh A., Singh M. P., Vamanu, E., Mishra, V. (2022). Hexavalent-Chromium-Induced Oxidative Stress and the Protective Role of Antioxidants against Cellular Toxicity Antioxidants, 11(12), 2375. <https://doi.org/10.3390/antiox11122375>

[8] Xu W., Jin Y., Zeng G. (2024). Introduction of heavy metals contamination in the water and soil: A review on source, toxicity and remediation methods // *Green Chemistry Letters and Reviews*, 17 (1), 2404235. <https://doi.org/10.1080/17518253.2024.2404235>

[9] Haicheng Wang, Shuqun Xiao, Ruiwen Shen, Qiuming Cheng, Shengyuan Zhang, Rapid detection of soil heavy metal pollution using hyperspectral data and multiscale spatial network // *Environmental Technology & Innovation*. Vol. 37, 2025, 104031, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104031>

[10] Tao Wen, Yibo Cheng, Yali Yuan, Ruilian Sun, Quantitative analysis and risk assessment of heavy metal pollution in an intensive industrial and agricultural region // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 289, 2025, 117634, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117634>

[11] Agroclimatic resource of Aktobe region: scientific and practical application / *Scientific and Applied Reference Book*. Astana, 2017. 136 p. (in Russ.).

[12] GOST 17.4.4.02 2017. International Standard. Nature Protection. Soils. Methods of treatment and preparation of the test for chemical, bacteriological, helminthological analysis (in Russ.).

[13] Kopylova L. V. Description of the level of contact with hard metals and the intensity of their destruction with heavy metals // *Baikalsu Scientific notes. Series: Biological Sciences*. 2012. No. 1(42). P. 70-75 (in Russ.).

[14] Saet Yu. E. and others. *Geochemistry of the Earth's crust*. M.: Nedra, 1990. 335 p. (in Russ.).

[15] On approval of criteria for assessing the environmental situation of territories. Order of the Acting Minister of Ecology, geology and natural resources of the Republic of Kazakhstan dated August 13, 2021, No. 327. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100023994> (in Kaz.).

[16] Seredina V. P. *Soil Pollution: Textbook*. Tomsk: Izdatelsky Dom Tomsk State University, 2015. 346 p. (in Russ.).

[17] On approval of hygienic standards for Habitat safety. Order of the Minister of health of the Republic of Kazakhstan dated April 21, 2021, No. 32 of the Ministry of health of the Republic of Kazakhstan. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100022595> (in Kaz.).

[18] Sarsembin U. K., Batyrova G. A., Umarova G. A., Lerushbaeva G. M., Aikenova N. E. Environmental assessment of soil pollution of Aktobe city by heavy metals. // *Vestnik of Karaganda University. Series "Biology. Medicine. Geography"*. 2022. No. 3(107). P. 109-116. <https://doi.org/10.31489/2022bmg3/109-116> (in Kaz.).

Д. А. Муса¹, Б. Х. Тусупова^{*2}, Л. С. Курбанова³, С. М. Нурмакова⁴, К. Т. Кыргызбай⁵

¹ Магистрант (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; musa.dilnaz@bk.ru)

^{2*} К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; tussupova@yandex.ru);

³ К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; k_lau@mail.ru)

⁴ К. т. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; s.nurmakova@satbayev.university)

⁵ PhD, старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА АКТОБЕ

Аннотация. Приводятся результаты исследования уровня загрязнения почвы районов Курмыш, Москва, АФЗ (Актюбинский ферросплавный завод), Авигородок, 41-й разъезд города Актобе тяжелыми металлами, такими, как цинк (Zn), кадмий (Cd), свинец (Pb) и медь (Cu). Рассчитаны коэффициенты техногенной концентрации элементов (Кс), суммарный показатель загрязнения почвы (Zс). С помощью атомно-абсорбционной спектроскопии проведен анализ проб почвы из разных районов города. В ряде районов, таких, как Курмыш, Москва, концентрация цинка и кадмия превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). Суммарный показатель загрязнения по всем регионам Zс<16 показал низкий уровень загрязнения. Необ-

ходимо осуществлять меры по снижению токсической нагрузки на почвенный покров и восстановлению экологического равновесия.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, загрязнение, пробы почв, подвижные формы микроэлементов, степень загрязнения, территория населенного пункта.

D. A. Musa¹, B. H. Tussupova^{*2}, L. S. Kurbanova³, S. M. Nurmakova⁴, K. T. Kyrgyzbay⁵

¹ Master student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *musa.dilnaz@bk.ru*)

² *Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *tussupova@yandex.ru*)

³ Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *k_lau@mail.ru*)

⁴ Candidate of Technical Sciences, Associated Professor (Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; *s.nurmakova@satbayev.university*)

⁵ PhD, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com*)

ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION IMPACT ON SOIL CONDITIONS OF AKTOBE CITY

Abstract. This article presents the results of a study on soil contamination levels in several districts of Aktobe – Kurmysh, Moscow, AFP (Aktobe Ferroalloy Plant), Aviakalashyk, and the 41st siding – by heavy metals such as zinc (Zn), cadmium (Cd), lead (Pb), and copper (Cu). The coefficients of anthropogenic concentration (Kc) and total pollution (Zc) were calculated. Soil samples from various areas were analyzed using atomic absorption spectrometry. In certain districts, particularly Kurmysh and Moscow, zinc and cadmium concentrations were found to exceed the maximum permissible concentrations (MPC). However, the total pollution index across all areas remained below $Zc < 16$, indicating a low overall level of contamination. The study highlights the need to implement measures aimed at reducing the toxic load on soils and restoring ecological balance.

Keywords: heavy metals, soil, pollution, soil samples, mobile forms of microelements, pollution degree, settlement territory.