

Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ жамылғысындағы ауыр металдардың таралуын геоақпараттық үлгілеу (Қазгидромет РМК 2019-2023 жж. мәліметтері негізінде)

Нургуль Сиханова¹, Ерлан Шынбергенов^{1*}, Нурила Тоғызбаева¹, Айман Карабалаева²

¹Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан; sihanova.nurgul@mail.ru; shynbergenov.erlan@mail.ru; nurila2009@mail.ru

²Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан; aiman_jan@mail.ru

*Корреспонденция: shynbergenov.erlan@mail.ru

Дәйексөз: Сиханова, Н., Шынбергенов, Е., Тоғызбаева, Н., Карабалаева, А. (2025). Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ жамылғысындағы ауыр металдардың таралуын геоақпараттық үлгілеу (Қазгидромет РМК 2019-2023 жж. мәліметтері негізінде). Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-нің хабаршысы. Химия. География. Экология сериясы, 152(3), 157-174. <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2025-152-3-157-174>

Академиялық редактор:
Н.Е. Рамазанова

Редакцияға түсті: 13.04.2025
Түзетілді: 24.09.2025
Қабылданды: 26.09.2025
Басылымға шықты: 30.09.2025



Copyright: ©2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

Аңдатпа. Топырақтың ластану үрдісі адам әрекеті салдарынан соңғы екі ғасырда қарқындылығы бірнеше есе артып, көлемі үлкейді. Оның салдарын бақылауда ұстап, экологияны тұрақтандыру мақсатында әлем елдері химиялық қосылыстар мен уытты элементтердің табиғи ортаға шығу мөлшерін белгілі бір нормативтерге сәйкестендіреді. Елімізде топырақтың ластануының негізгі экологиялық нормативі – шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) болып табылатыны белгілі, яғни белгілі бір уақыт аралығында тұрақты байланыс немесе өзара әрекеттесу кезінде жануарларға, өсімдіктерге, микроорганизмдерге және жалпы табиғи қауымдастыққа әсер етпейтін топырақтағы поллютанттың мөлшері. Алпауыт өндіріс орындары орналасқан әкімшілік-аумақтық бірліктердің топырақ қабатының ауыр металдармен ластану деңгейін қадағалау мақсатында «Қазгидромет» РМК тарапынан еліміздің ірі қалаларында үздіксіз мониторинг жүргізеді. Нәтижесі қадағалаушы мекеменің ресми басылымы – бюллетендерде жарияланады. Мақала бюллетендердің бес жылдағы (2019-2023) бақылау нәтижесін сараптау мақсатында ұйымдастырылған. Мониторинг нәтижелерін статистикалық түрлендіру барысында хром, мыс, мырыш, кадмий және қорғасын элементтерінің урбандалған аймақтар топырағында таралу сипаты сарапталып, анықталды. Мұнан кейін деректер геоақпараттық технология көмегімен электронды карта бетіне түсіріліп, қауіптілік дәрежесіне сәйкес топтастырылды. Қалалардың топырағындағы ауыр металдардың кеңістік пен уақыт аралығында таралуына ғылыми тұрғыда сараптама жүргізіліп, әлемдік трендтермен салыстыру және талдау жасалды. Бюллетендермен сараптама жүргізу барысында уақыт өте келе басылымның сапасы артып, ондағы ақпараттың бірізділігі мен жүйелену деңгейі едәуір жақсарғандығы байқалды, дегенмен көп жерлерде мәліметтердің объективтілігіне күмәнді жайттар кездеседі және ауыр металдың мөлшері бірнеше жыл қатарынан көктем және күз мезгілінде өзгеріссіз шаманы көрсету фактілері тіркелді.

Түйін сөздер: топырақтағы ауыр металдар; мемлекеттік мониторинг; урбандалған аймақтар топырағы; ГАЖ.

1. Кіріспе

2005 жылы адамзаттың 49 пайызы, яғни 3,2 миллиард адам, қалаларда өмір сүрді, 2020 жылғы жағдай бойынша жер халқының 56,2 пайызы қалаларда тұрды. БҰҰ болжамының орташа нұсқасы бойынша 2050 жылы қалаларда жер халқының 68,6 пайызы тұратын болса, 2070 жылға қарай әлем халқының шамамен 70 пайызы қалаларда тұрады деп күтілуде (Desa, 2014). Ең дамыған аймақтардың халқының жартысынан көбі 1950 жылы қалаларда тұрды және 2030 жылға қарай бұл көрсеткіш шамамен 80% жетеді деп болжануда. Еуропалық қоршаған ортаны қорғау агенттігінің (Aurambout et al., 2018) соңғы есебі қалалық аумақтарды кеңейтудің қоршаған ортаға әсеріне баса назар аударды.

Табиғи ортаның ластануының жай-күйі мен деңгейін бақылау және қадағалау мәселелеріне әлемнің көптеген елдері 1972 жылғы Стокгольм конференциясынан кейін назар аударып келеді. Жаһандық антропогендік микроэлементтер шығарындыларының негізгі бөлігі Азияның дамушы елдерінен келеді (Fouzia et al., 2024). Бұл елдерге әлемдегі кадмий шығарындыларының 49%, мыс шығарындыларының 50%, қорғасынның 43% және мырыштың 61% тиесілі, ал Азияның төрт елі (Қытай, Жапония, Оңтүстік Корея және Қазақстан) кадмий мен сынаптың өндірістік қалдықтарынан әлемдегі көшбасшы ондыққа кіреді (Расуна et al., 2001; Li et al., 2009; Kismelyeva et al., 2021).

Топырақ адамзаттың жалпы өмір сапасына тікелей немесе жанама түрде үлес қосатын қалалық экожүйенің маңызды құрамдас бөлігі (de Hollander et al., 2003; Van Kamp et al., 2003). Қалалық жағдайда ол табиғи немесе ауылшаруашылық топырақтарына қатысты қосымша функцияларды атқарады. Ландшафт элементі ретінде ол саябақтар мен бақтарда эстетикалық және рекреациялық функцияларды орындайды, биоәртүрлілікті сақтауға ықпал етеді (Berdenov et al., 2024). Қалалық топырақ жиі пайдалану барысында жылдам өзгерістерге ұшырайды, олар көбінесе экожүйенің басқа бөліктерімен, ауамен, сумен және биотамен қарым-қатынасын өзгертетін нығыздалумен аяқталады (Farooq et al., 2021; Bahetnur et al., 2023; Zhalmagambetova et al., 2024; Dyussebayeva et al., 2025). Оның субстратын оның жұмысын өзгерте алатын басқа антропогендік материалдармен араластыруға болады (Morel et al., 2005; Efremov et al., 2021). Өнеркәсіп, жол қозғалысы, жанармай жағу және қоқыстарды шығару сияқты антропогендік әрекеттер көбінесе топырақтың ластануына әкеледі (Akhmetov et al., 2022; Temirbekov et al., 2023). Басқаша айтқанда, Еуропалық комиссия тізімдеген топырақты сақтаудың негізгі қауіптерінің көпшілігі, атап айтқанда: эрозия, тұздану, тығыздау, нығыздау және ластану қалалық аймақтарда тым белсенді жүреді.

Қалалық топырақтың ластануына арналған әдебиеттердің саны өте көп (Zhang et al., 2022). Көлік қозғалысы, жылу, өнеркәсіп және қоқыс шығару сияқты көздер көбінесе топырақтың органикалық және бейорганикалық ластаушы заттармен ластануына әкеледі (Kozhagulov et al., 2025). Басқа нәрселермен қатар, алаңдаушылықтың негізгі себептері полициклді хош иісті көмірсутектер, полихлорланған дифенилдер, диоксиндер, металдар және металлоидтар. Бұл ластанудың типтік диффузиялық сипаты және топырақтың адамдарға жақындығы халық денсаулығы үшін қауіпті арттырады.

Топырақтың жоғары деңгейде ластануының негізгі көздері атмосфераға түсетін ластаушы заттардың, негізінен тау-кен өндірісі кезінде, металлургия зауыттары, химиялық өндірістер орналасқан аудандарда, қазба отындарын жағу және басқа да бірқатар өндірістер, техногендік апаттар, соның ішінде атом өнеркәсібі және энергетика объектілерінде, қаруды сынау кезінде түсуі мүмкін (Yang et al., 2018; Khan et al., 2021).

Қалалық аумақтардың заманауи топырағы қарқынды техногендік жүктемелерге ұшырайды. Табиғи жағдайдағы топырақтан айқын ерекшеленетін жеке топ қалыптастырады. Мегаполис топырақтарына келесі белгілер тән: қоршаған орта реакциясының сілтіленуге қарай ауысуы, тотығу-тотықсыздану әлеуетінің төмендеуі, органикалық заттардың, жалпы

азоттың, калийдің және фосфордың жоғарылауы және ауыр металдарды қоса алғанда, ластаушы заттардың жинақталуы.

Қалалық топырақтар маңызды экологиялық функцияларды орындайды. Олар антропогендік поллютанттардың жинақталу сыйымдылығы жоғары қуатты күрделі геохимиялық тосқауыл болады, дегенмен бұл сыйымдылықтың шегі әлі анықталған жоқ. Қалалық топырақтарда аз зерттелгендерге заттардың сорбциясы, десорбциясы, трансформациясы және көші-қон процестері жатады.

Қазіргі уақытта қалалық топырақты мониторингтік зерттеудің өзектілігі абиотикалық каталитикалық белсенділік сияқты жаңа зерттелмеген қасиеттердің пайда болуы, топырақтың органикалық қосылыстарымен ауыр металдардың және олардың кешендерінің жоғары концентрациясымен байланысты (Sharma et al., 2017). Қалалардағы халықтың тығыздығы жоғары болуы мегаполистердің топырақтарын халықтың денсаулығына қауіп төндіретін табиғи факторлардың бірі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді (Zhang et al., 2020). Сондықтан тәжірибелік зерттеулерді дамыту үшін мониторингтік зерттеулер ыңғайлы қалалық ортаны қалыптастыру және экологиялық апаттардың алдын алу үшін оларды детоксикациялау бойынша ұсыныстар, технологиялар мен модельдер қажет (Zamotaev et al., 2017).

2. Материалдар мен әдістер

«Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендерін мониторинг жасау барысында еліміздің ірі 23 қаласының топырақ қабатында ауыр металдардың (Cr, Cu, Zn, Cd және Pb) шоғырлану мөлшері анықталып, статистикалық өңдеу (минималды-максималды шама, орташа±стандартты ауытқу) жүргізілді (кесте 1).

Ауыр металдар мен металлоидтардың геологиялық жіктелуінде Cr – сидерофил, Cu, Zn, Cd және Pb – халькофилді элементтер тобына біріктірілген (Гринвуд, Эрншо, 2008). Кестеде берілген қалаларды таңдауға келесі себептер негіз болды: Бурабай, Щучинск қалалары ірі өнеркәсіп ошақтары жоқ, туристік мақсатта даму траекториясын ұстанған әкімшілік бірліктер. Көкшетау қаласы – жоғарыдағы туристік аймақтың 100 шақырымдық буферлік зонасында орналасқан, өнеркәсіп орындары дамыған қоныстану аймағы. Кестедегі қалған қалалар – облыс орталықтары және/немесе металлургия кешені дамыған урбандалған территориялар.

Кестедегі мәліметтерді визуалды айқындау мақсатында OpenStreetMap (OSM) деректері – сандық векторлы картографиялық материалдарының әлемдік мемлекеттер деректер қорынан ArcGIS пакетінде келтірілген геоақпараттық жүйелер мүмкіндіктерін қолданып, Қазақстан Республикасының шекарасы мен қалаларының орналасу картасы жасақталды. Дайындалған қалыптан электронды тақырыптық карта қабаттары құрастырылды. Ол үшін зерттеу нысаны – әр ауыр металға жеке электронды карта құрастырылып, қалалар бойынша 5 жылдық мониторинг барысында анықталған поллютанттың максималды мөлшері бағаналы диаграмма түрінде карта бетіне түсірілді. Нақты көрсеткіштің ластану деңгейін айқындау мақсатында Қазақстан Республикасында қабылданған ауыр металдардың топырақ жамылғысында таралуының ШРК мөлшері де диаграмма түрінде қоса берілді.

Кесте 1. Қазақстан Республикасы қалаларының топырақ жамылғысында ауыр металдардың шоғырлану мәндері, мг/кг (минималды-максималды шама), орташа±стандартты ауытқу («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде)

Қала атауы, сынама алынған жер	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb
Балқаш, «Балқаштүстіметалл», Ленин–Әлімжанов көш. қиылысы, саябақ	(0,67- 18,02*) 7,004±5,8	(6,12-526,7) 120,4±125,8	(74,2-1327,8) 417,5±420,47	(0,27- 70,5) 18,3±25	(5,54- 1010) 433,3±326,5
Риддер, №3 мектеп, Қорғасын зауыты шекарасы	(0,07- 108,5) 7±24	(0,14- 27,2) 6,27±8,2	(23,8-1145,3) 310,6±384,4	(1,2-17,6) 5,5±4,8	(77,4-1055,6) 514,4±352
Өскемен, Трактор–Абай көшелері қиылысы	(0,01-5,6) 1,54±1,7	(0,33- 137,9) 29,4±40,7	(3,3- 951,9) 312,5±361,1	(0,28- 36,1) 9,8±11,7	(2,5- 1605,8) 460,5±512,7
Шымкент, «Южполиметалл» ЖАҚ	(0,2-3,41) 1,17±1,001	(0,12- 84,3) 16,81±22,95	(0,5- 221) 61,14±68,006	(0,1- 32,5) 12,1±12,84	(14,7- 1515) 374,07±554,75
Астана	(0,0001- 17,7) 1,9±5,2	(0- 22,6) 4,02±7,25	(0-7,1) 2,6±6,8	(0,001- 2,2) 0,5±0,6	(0-24,3) 4,1±8,0
Бурабай, «Бурабай» кешенді фондық мониторинг станциясы	(0,0001-1,5) 0,17±0,4	(0- 22,1) 2,5±5,4	(0,0019-1,5) 0,4±0,5	(0,0002- 2,1) 0,3±0,6	(0-24,5) 1,87±5,7
Щучинск	(0,0001-1,5) 0,2±0,46	(0- 23,2) 2,9±5,76	(0-1,6) 0,5±0,6	(0- 1,9) 0,36±0,62	(0-10,2) 0,8±2,3
Кокшетау	(0-1,3) 0,18±0,3	(0- 21,1) 3,2±7,3	(0-1,7) 0,4±0,5	(0- 1,1) 0,16±0,3	(0-30,3) 6,6±10,8
Ақтөбе, №16 мектеп, Тургенев көш., авиақалашық, т/ж вокзалы	(0-0,15) 0,06±0,04	(0,04-1,04) 0,3±0,2	(1,3-4,7) 2,37±1,0	(0-0,2) 0,1±0,06	(0-0,25) 0,1±0,07
Алматы, Абай–Сейфуллин даңғылы қиылысы, әуежай, «Меркур» автоорталығы, Сайран көлі	(0,11-2,36) 0,87±0,7	(0,3- 6,89) 1,7±2	(2,13-19,8) 9,5±6,4	(0,04- 0,62) 0,3±0,2	(9,4- 105,6) 37,3±28,2
Талдықорған, Киров, Индустриалды, Тәуелсіздік көш., №18 мектеп, Кардиология ауруханасы	(0,04- 10,3) 2,4±2,8	(0,3- 45,8) 4,6±10,0	(1,12- 83,4) 18,05±20,8	(0,1- 17,5) 2,2±4,05	(10,03- 1183,5) 267,4±303,67
Атырау, №19 мектеп ауласы, Демалыс саябағы, Атырау–Орал а/ж., АМӨЗ	(0,01-2,49) 0,3±0,6	(0,01-3) 0,5±0,8	(1,18-4) 2,1±0,7	(0,025-0,35) 0,1±0,08	(0-3,39) 0,36±0,87
Семей, «Семейцемент»	(0,05-4,5) 1,18±1,3	(0,06- 6,4) 2,5±2,5	(1,6- 29,98) 12,9±11,3	(0,02- 0,62) 0,25±0,2	(5,5- 65,66) 28±17
Тараз, №40 мектеп	(0,16-1,8) 0,6±0,4	(0,3-2,36) 1,0±0,6	(3,02-12,9) 6,8±2,7	(0,1- 0,6) 0,26±0,1	(13,9- 189,53) 57,7±52,6
Орал, №11 мектеп ауласы, «Киров» саябағы, «Зенит» зауыты	(0,01-0,15) 0,06±0,04	(0,06-0,81) 0,3±0,2	(0,81-6,38) 2,4±1,4	(0,01-0,22) 0,1±0,1	(0-0,3) 0,1±0,07
Қарағанды, «Қазақмыс» корпорациясы, ЖЭО–3, №101 мектеп	(0,2-4,25) 1,26±1,3	(0,54- 7,67) 3,5±2,4	(6,2- 150,5) 26,1±30,7	(0,1- 1,54) 0,5±0,5	(1,2- 38,1) 20,6±10,6

Жезқазған, автомагистраль, «Жезқазған мыс балқыту зауыты», №3 мектеп, Кеңгір суқоймасының бөгеті	(0,9-17) 5,4±5,5	(0,1- 511,8) 70,2±114,46	(26,9-448,1) 144,03±122,6	(0,34- 5,34) 2,4±1,8	(3,6- 310,2) 130,2±103
Теміртау, наубайхана, автомагистраль, ЖЭО-2, №11 мектеп	(0,52- 9,3) 3,5±2,9	(0,11- 15,4) 5,1±5,2	(14,6- 311,3) 38,5±64,7	(0,13- 1,8) 0,6±0,5	(0,8- 52,8) 30,01±14,4
Қостанай, Кондитерлік фабрика	(0,02-1,2) 0,565±0,3	(0,1-5) 2,5±2,3	(8,1-19,3) 13,2±3,4	(0,1-0,4) 0,21±0,1	(2,96- 60,46) 25,2±22,1
Қызылорда, Күл-қож үйіндісі, т/ж вокзалы – ескі өткел, Пионер саябағы демалыс орны	(0,07-1,8) 0,675±0,55	(0,3- 5,45) 2,4±1,8	(2,3-22,6) 10,17±7,45	(0,08-0,33) 0,17±0,07	(7,1- 97,06) 28,56±25,9
Ақтау, «Қошқар-Ата» қалдыққоймасы	(0,01-0,067) 0,03±0,01	(0,483-1,8) 0,85±0,35	(0,156-0,51) 0,3±0,1	(0,0061-0,064) 0,03±0,01	(0,001-0,028) 0,004±0,006
Павлодар, Назарбаев-Торайғыров, Естай-Бөкейхан көшелері қиылысы, «Қазақстан алюминийі» АҚ	(0,08-4,7) 1,2±1,47	(0,2- 4,3) 1,084±1,3	(1,4-20,3) 8,27±5	(0,05- 0,69) 0,2±0,17	(7,4- 64,2) 22,6±16,6
Петропавл, №4 мектеп ауласы	(0,08-4,4) 2,03±1,65	(0,1- 20) 9,175±7,6	(0,01-5,6) 1,76±2,09	(0,04- 0,8) 0,31±0,25	(0,1-31,8) 20,18±10,47
Қазақстан*	6	3	23	0,5	32

Ескерту. ***қою қара түспен** ерекшеленген шама – ШРК мөлшерінен жоғары мәндер; *Қазақстан – ауыр металдардың еліміздің топырақ жамылғысында таралуының қабылданған ШРК мөлшері

3. Нәтижелер

3.1. Қазақстандағы ірі қалалардың топырақ қабатының ластануы

2000 жылдардың басында Қазақстан халқының 56% қалалық жерлерді мекендесе (Almaganbetov et al., 2008), соңғы деректер бойынша көрсеткіш 62,9% теңелген. Қазақстанның урбанизацияланған аумақтарының топырақ жамылғысының ластану проблемалары негізінен өнеркәсіптік қалдықтармен байланысты (Saparov, 2014; Askarova, et al., 2018; Krasilnikov et al., 2018), мәселен елімізде жыл сайын шығатын 900 млн.т. қалдықтың 99,4% өнеркәсіптік қалдықтар, бұл ретте қатты қалдықтардың ең көп жиналуы Қостанай, Қарағанды және Павлодар облыстарында байқалады (Dahl et al., 2001; Iztileu et al., 2013; Aiman et al., 2018; Faurat et al., 2025).

Еліміздің қалалық аймақтарының топырақ жамылғысы техногендік ластанудың келесі түрлеріне бейім: тау-кен өндірісі, жылу энергетикалық станциясы және автокөліктердің улы түтіні (Saparov, 2014; Askarova et al., 2018; Krasilnikov et al., 2018).

Жалпы, елімізде қалалық жерлердің топырақ жамылғысының ластануын бағамдайтын нақты стандарт немесе ереже қалыптаспаған. Бұл мәселеге көз жеткізу үшін электронды деректер қорында сақталған еркін қол жетімді ғылыми әдебиеттерге шолу жүргізіп көрдік. Мәселен, бір жағдайда авторлар қалалардағы тазалықтың 5 деңгейі бар шкаланы басшылыққа алады, екінші зерттеуде химиялық ластанудың жиынтық көрсеткішіне (Zc) негізделген рейтинг әдісі қолданылған, ол ауыр металдардың жиынтық ластануы бойынша топырақ жамылғысының ластану деңгейімен іс жүзінде бірдей (Revich et al., 1990). Zc мәндері ШРК немесе Кларк санынан жоғары концентрациясы бар барлық элементтер үшін есептелген (Salim et al., 2023).

Ашық көздерден алынған Қазақстан Республикасында топырақтың ластануын саралауды айқындауға қабылданған тәсілдердің жиынтық кестесін жасау кезінде көрсеткіштердің белгілі бір мәндерін түсіндірудің кейбір дәлсіздіктері анықталды (кесте 2).

Кесте 2. Топырақтың ластануын анықтау тәсілдері

Шкала	Жиынтық тазалық деңгейі ¹⁹	Ластану деңгейі ²²	Ластану деңгейі ²³	Топырақтың ластану дәрежесін бағалау критерийі ²⁴		Санитарлық-химиялық көрсеткіштер бойынша топырақты бағалау ²⁵	
				Мәні	Класы	Химиялық заттардың ШРК асып кету жиілігі	Қауіптілік дәрежесі / ауыр металдар шоғырлануы ²⁶
< 2	өте таза	рұқсат етілген	төмен	I geo < 0	ластанбаған	<1	қауіпсіз / аз ластанған
2...8	таза			0 < I geo < 1	ластанбаған немесе орташа ластанған		
8...16	рұқсат етілген			1 < I geo < 2	орташа ластанған		
16...32	орташа қауіпті	орташа қауіпті	орташа	2 < I geo < 3	орташа және қатты ластанған	1...10	қауіпті / орташа ластанған
32...128	қауіпті	қауіпті	жоғары	3 < I geo < 4	қатты ластанған		
> 128	-	өте қауіпті	өте жоғары	4 < I geo < 5	қатты немесе өте қатты ластанған	10...25	өте қауіпті / қатты ластанған

				I geo > 5	өте қатты ластанған	>25	ЭКОЛОГИЯЛЫҚ апат / өте ластанған
--	--	--	--	-----------	------------------------	-----	--

Ескерту. ¹⁹Iztileu et al., 2013; ²²Salim et al., 2023; ²³Гребенева и др., 2014; ²⁴Woszczyk, Spychalski & Boluspaeva, 2018; ²⁵Тіршілік ету ортасы ..., 2021; ²⁶Baubekova, Akindykova, Mamirova, 2021.

Ұсынылған кестенің соңғы бағанында топырақты санитарлық-химиялық көрсеткіштер бойынша бағалау келтірілген, мұнда асып кету жиілігі мен қауіптілік дәрежесінің мәндері топырақтың ластануының тиісті рейтингтік параметрлеріне сәйкестендірілді (Тіршілік ету ортасы..., 2021). Жалпы, жоғарыдағы 1 кестені әдебиеттерден жинақтап, осы жұмыста пайдалануымыздың басты себебі – Қазақстан Республикасының ірі қалаларындағы топырақ жамылғысының ластану деңгейін зерттеуге байланысты қолжетімді әдебиеттерде шығарылған ғылыми мақалалар мен бюллетендерден материалдарды жинақтап, бір шамаға келтіру.

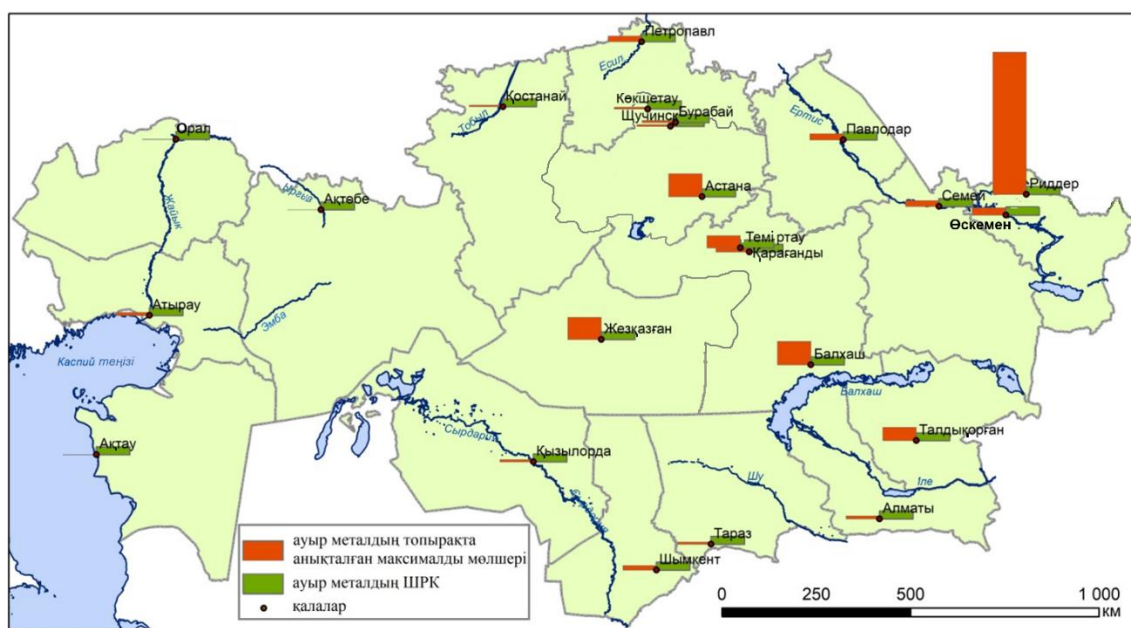
«Қазгидромет» РМК тарапынан еліміздің 23 ірі қаласының топырақ жамылғысында 5 ауыр металдың (Pb, Cd, Cu, Zn және Cr) шоғырлануына үздіксіз бақылау жүргізіледі, мәселен 2011-2018 жж. аралығындағы топырақта тіркелген поллютанттарды сараптау нәтижелері отандық және шетелдік ғалымдардың мақаласында берілген (Ramazanova et al., 2021).

4. Талдау

4.1. Хром

Қалалық жерлерде хром көздері негізінен металлургия және гальваникалық өнеркәсіп болады, өйткені ол коррозияға төзімділік үшін қорытпа компоненті ретінде қолданылады. Бояғыштар мен бояулардың құрамында хром болуы мүмкін. Атмосфераға шығарындылар автомобильдерден шығатын газдардан, қалдықтарды жағудан және мұнай мен көмірді жағудан туындауы мүмкін. Алайда, көбінесе хром литогендік субстраттан түзіледі. Ультрамафикалық жыныстардан, әсіресе серпентиниттерден түзілген топырақтарда көбінесе хром мөлшері жоғары болады (Adriano, 2001 Achmad et al., 2017).

Хромның топырақта жиі байқалатын мәні – 40 мг/кг (Adriano, 2001), ал (Alekseenko et al., 2014) мәліметі бойынша елді мекендердің топырағында кездесетін Cr кларк мөлшері – 80 мг/кг. Негізі, еліміздегі ірілі-ұсақты елді-мекендер мен қалалардың топырағындағы кездесетін хромның кларк мәні 42,2-82,7 мг/кг аралығында (Alekseenko et al., 2014). Ресми бұйрыққа сәйкес хромның ШРК мөлшері 6 мг/кг деңгейінде қабылданған (Тіршілік ету ортасы..., 2021). Төмендегі суретте Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cr максималды мөлшері ШРК мәнімен салыстырмалы түрде берілген (сурет 1).

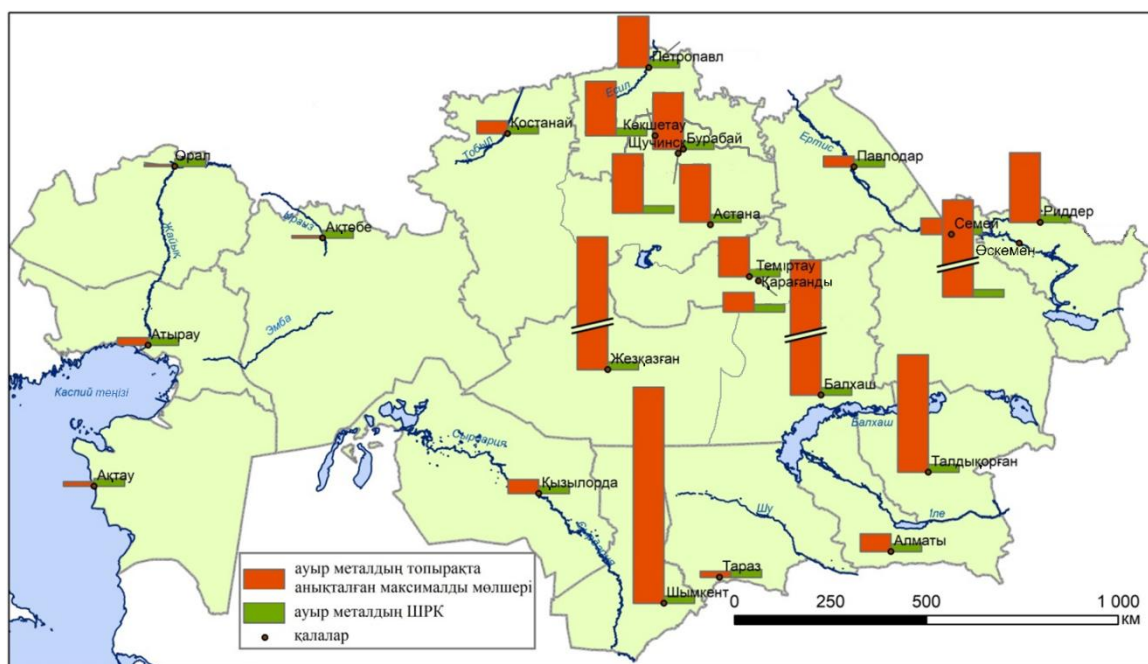


Сурет 1. Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cr максималды мөлшері («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде) (авторлар құрастырған)

Еліміздегі урбандалған аймақтардың топырағын зерделеу барысында 2019-2023 жж. аралығында хромның ең жоғарғы мөлшері Риддер қаласында тіркелген – 108,5 мг/кг, бұл 18,1*ШРК-ға тең, яғни Санитарлық-химиялық көрсеткіштер бойынша топырақты бағалаудың «өте қауіпті» дәрежесіне сәйкес келеді. Балқаш (18,02 мг/кг), Астана (17,7 мг/кг), Жезқазған (17 мг/кг), Талдықорған (10,3 мг/кг) және Теміртаудан (9,3 мг/кг) басқа қалалардың топырағы хроммен «қауіпті» деңгейде ластанбағандығы анықталып отыр.

4.2. Мыс

Бұл элемент электр сымдарын жасау үшін кеңінен қолданылады. Электрондық жабдық сонымен қатар мыс көзіне айналады (Lincoln et al., 2007; Wong et al., 2007). Сондықтан мыс қалалық жерлерде жиналуға бейім (Chen et al., 2022). Шын мәнінде, АҚШ-тың Нью-Хейвен қаласында жан басына шаққанда 144 кг мыс қорын есептеді (Drakonakis et al., 2007). Мыстың топырақтағы кларк саны 20 мг/кг, орташа әлемдік мөлшері ғалымдардың пайымдауынша 30 мг/кг құрайды (Adriano, 2001), ресейлік геохимиктер елді мекендер топырағындағы кларк саны 80 мг/кг шамасында деп мәлімдейді (Aleksenko et al., 2014). Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cu максималды мөлшері ШРК мәнімен салыстырмалы түрде берілген (сурет 2).



Сурет 2. Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cu максималды мөлшері («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде) (авторлар құрастырған)

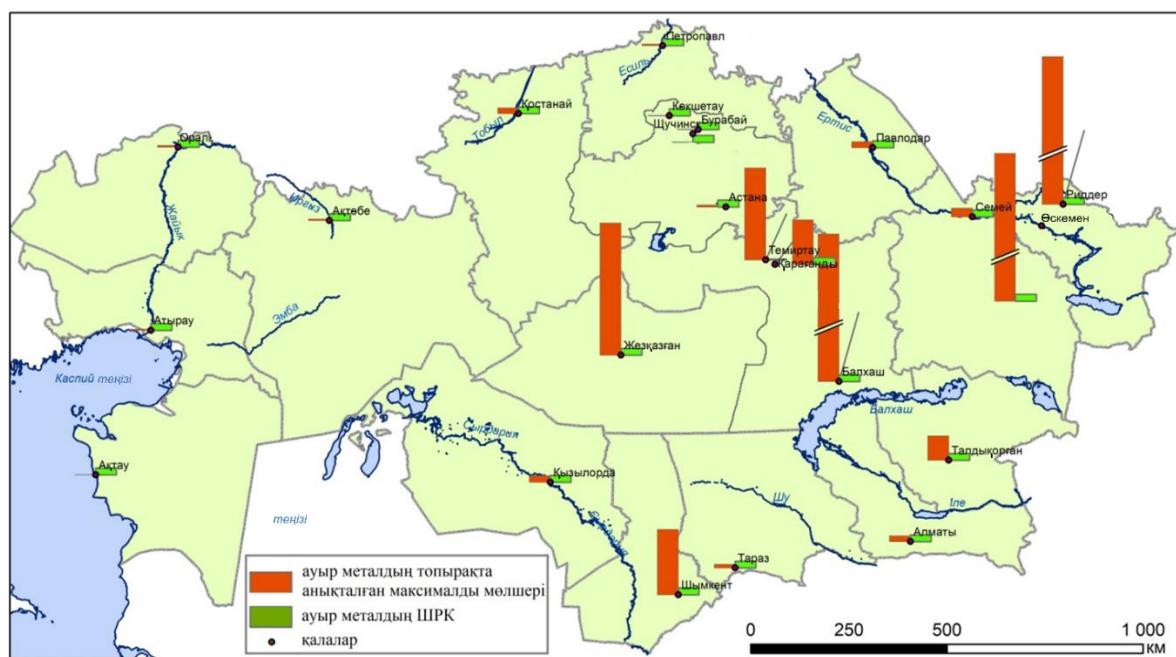
«Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендерін мониторинг жасау барысында мыспен топырақтың ластануы бойынша максималды шама Балқаш қаласында тіркелген – 526,7 мг/кг, немесе 175,6*ШРК (ШРК – 3 мг/кг), яғни санитарлық-химиялық көрсеткіштер бойынша топырақты бағалаудың «экологиялық апат» дәрежесіне сәйкес келеді. Келесі сатыда Жезқазған, Өскемен және Шымкент қалаларының топырақ мониторинг нәтижесі – сәйкесінше 511,8 мг/кг (170,6 ШРК), 137,9 мг/кг (46 ШРК) және 84,3 мг/кг (28,1 ШРК). Жалпы,

урбандалған аймақтардың топырағының мыспен ластану дәрежесі – «таза» шамасына сәйкес келетін 4 қала анықталған, олар – Тараз (2,36 мг/кг), Ақтау (1,8 мг/кг), Ақтөбе (1,04 мг/кг) және Орал (0,81 мг/кг) қалалары. Атап өту керек, бұл аталған қалаларда тіркелген мыстың ең жоғарғы шамасы. Еліміздің басқа қалаларының барлығында 2019-2023 жж. аралығында жүргізілген мониторинг нәтижелеріне сәйкес топырақтың мыспен ластануы анықталып отыр.

4.3. Мырыш

Қалалық жерлерде мырыштың әртүрлі көздері шоғырланған. Металлургия және гальваникалық өнеркәсіптен және қалдықтарды өңдеу және жанармай жағу сияқты металдармен ластанудың қарапайым көздерінен басқа, мырыш шиналарда, батареяларда, электронды жабдықтарда (Lincoln et al., 2007) және қорытпалардан жасалған көптеген заттарда бар. Сиднейдің орталық бөлігіндегі мырыш қоры жан басына шаққанда 420 кг деп бағаланды.

Мырыштың елімізде бекітілген топырақтағы ШРК мәні – 23 мг/кг (Тіршілік ету ортасы..., 2021), топырақтағы әлемдік орташа концентрациясы 50 мг/кг құрайды (Alloway, 2012), дегенмен елді мекендер топырағындағы кларк саны – 158 мг/кг тең (Alekseenko et al., 2014). Еліміздің ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Zn максималды мөлшері ШРК мәнімен салыстырмалы түрде берілген (сурет 3).



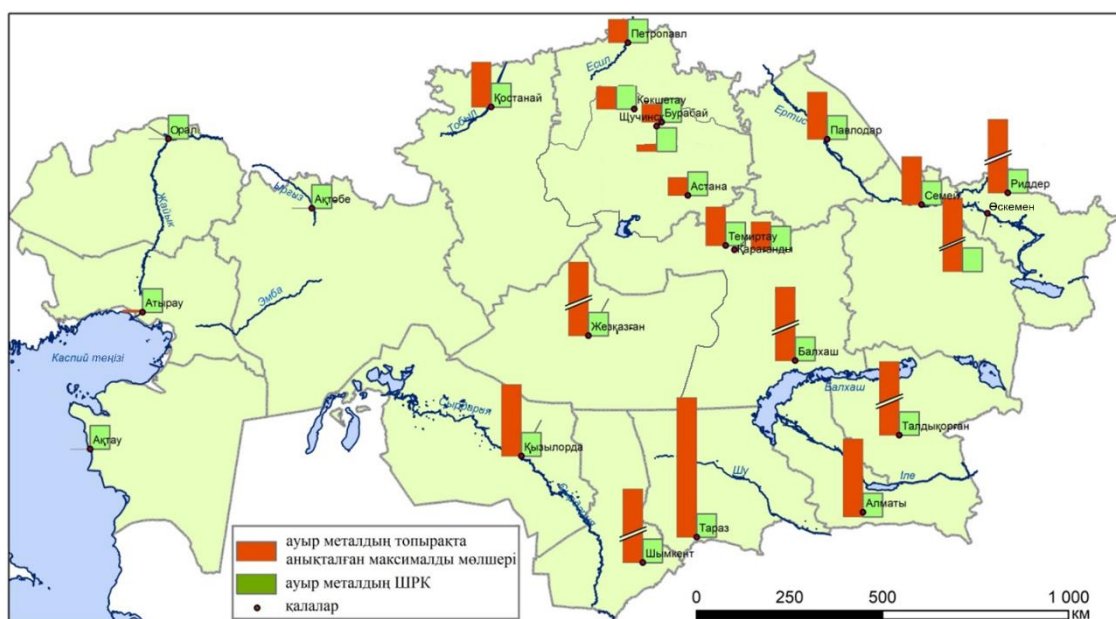
Сурет 3. Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Zn максималды мөлшері («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде) (авторлар құрастырған)

Мониторинг нәтижесіне сәйкес мырыштың шоғырлануы ең жоғары шама 1327.8 мг/кг – Балқаш қаласында тіркелген, мырыштың ШРК – 23 мг/кг екендігін ескерсек, 57,7*ШРК – санитарлық-химиялық көрсеткіштер бойынша топырақты бағалаудың «экологиялық апат» дәрежесіне сәйкес келеді, мұнан бөлек Риддер (1145,3 мг/кг) және Өскемен (951,9 мг/кг) қалаларының топырағының да орасан зор мөлшерде мырышпен ластанғаны анықталып отыр. Жалпы, 2019-2023 жж. аралығында еліміздің 13 қаласының топырағы мырышпен ластанбағандығы тіркелген.

4.4. Кадмий

Қалалық ортада Cd жинақтаудың бірнеше көздері бар. Шын мәнінде, әлемде өндірілетін кадмийдің көп бөлігі никель-кадмий батареяларын өндіруде қолданылады, қалғаны гальваникалық жабындар үшін, пигменттер мен пластмассаларда қолданылады. Кадмий сонымен қатар автомобиль радиаторларын өндіруде, электронды компоненттер өндірісінде және фотографияда қолданылады. Шиналар, бензин, дизель және қозғалтқыштар майларының құрамына кіреді.

ҚР топырақтағы кадмий ШРК мөлшері – 0,5 мг/кг деңгейінде бекітілген (Тіршілік ету ортасы..., 2021), топырақтағы әлемдік орташа мөлшері 0,3 мг/кг құрайды (Adriano, 2001; Vodjanickij, 2008), еліміздегі урбандалған аймақтар топырағындағы Cd кларк саны 0,2-2,9 мг/кг аралығында, ал елді мекендерде тіркелген орташа кларк саны 0,9 мг/кг (Alekseenko et al., 2014). Еліміздің ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cd максималды мөлшері ШРК мәнімен салыстырмалы түрде берілген (сурет 4).



Сурет 4. Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Cd максималды мөлшері («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде) (авторлар құрастырған)

ЮНЕП-тің топтауы бойынша «ерекше қауіпті» ауыр металл болып есептелетін кадмийдің еліміздегі қалалық аймақтар топырағынан табылуы бойынша мониторинг нәтижесі төмендегідей:

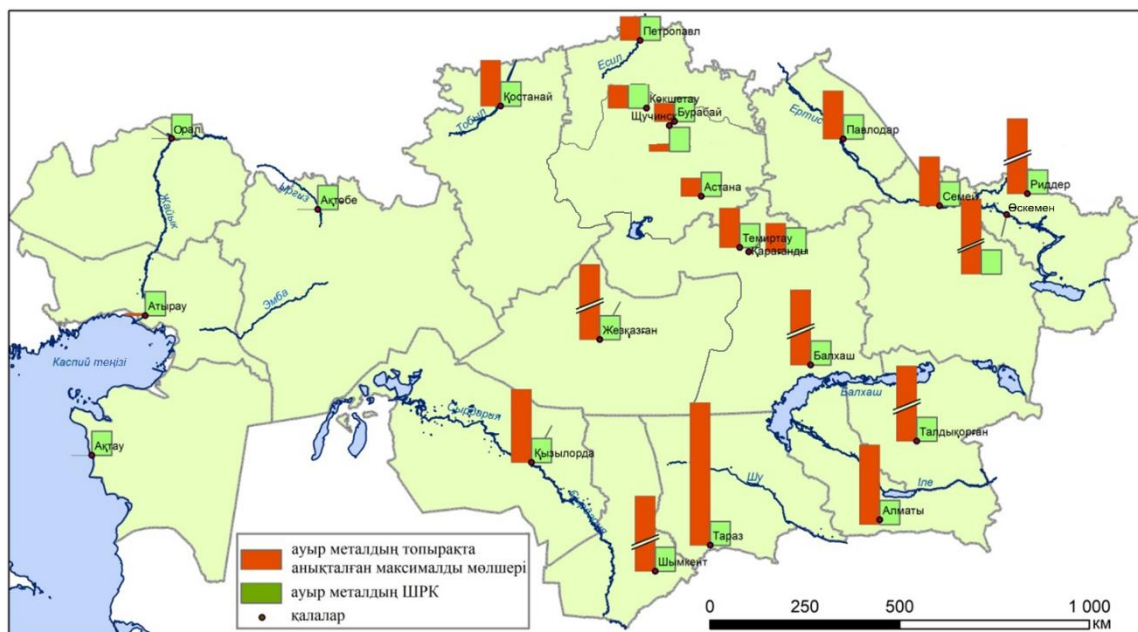
Балқаш қаласы – 70,5 мг/кг (ШРК – 0,5 мг/кг) немесе 141*ШРК – «экологиялық апат», Өскемен қаласы – 36,1 мг/кг – 72,2*ШРК – «экологиялық апат», Шымкент қаласы – 32,5 мг/кг – 65*ШРК – «экологиялық апат», Риддер (17,6 мг/кг) және Талдықорған (17,5 мг/кг) – «экологиялық апат».

4.5. Қорғасын

Қорғасын 1920 жылдан бастап бензинде дүмбібасқы ретінде қолданылып келеді және бояуларда қолданылатын қорғасынмен бірге қалалардағы ластанудың негізгі көздерінің бірі. Pb-нің басқа көздері – автокөлік батареялары, әйнектер, радиациядан қорғау және дәнекерлеу. Соңғы жылдары электронды өнімдер, электронды қалдықтар Pb-нің маңызды көзіне айналды (Lincoln et al., 2007; Terazono et al., 2006). Оның айқын уытты әсерлері оны қолданудың барынша төмендеуіне әкелді. Қазіргі уақытта құрамында қорғасын қосылмаған бензин көптеген елдерде қолданылады және 1978 жылдан бастап бояуларда Pb қолдануға тыйым

салынған. Дегенмен, оның ұзақ мерзімді қолданылуы мен қоршаған ортаға төзімділігі қалаларда Pb шоғырлануына әкелді, ықтимал токсикологиялық әсерлерді зерттеу немесе жай ғана топырақ құрамын бақылау үшін көптеген зерттеулер жүргізілді.

Қорғасын – негізгі халькофил, әдебиеттердің көпшілігінде кадмиймен бірге уыттылығы жоғары ауыр элементтер қатарында (Савич и др., 2002), дегенмен топыраққа түскен Pb белсенділігін төмендетіп, уыттылығын жоғалтады (Елькина, 2007). Қазақстандық нормативтерге сәйкес оның ШРК мөлшері 32 мг/кг, топырақтағы әлемдік орташа кларк саны 10 мг/кг, елді мекендер топырағындағы кларк 54,5 мг/кг тең (Aleksenko et al., 2014). Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Pb максималды мөлшері ШРК мәнімен салыстырмалы түрде берілген (сурет 5).



Сурет 5. Қазақстан Республикасы ірі қалаларының топырақ қабатында тіркелген Pb максималды мөлшері («Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. бюллетендері негізінде) (авторлар құрастырған)

«Қазгидромет» бюллетендері 2019-2023 жж. аралығындағы мәліметтеріне сәйкес қорғасынмен топырағы едәуір ластанған – Өскемен (1605,8 мг/кг), Шымкент (1515 мг/кг), Талдықорған (1183,5 мг/кг), Риддер (1055,6 мг/кг) және Балқаш қалалары (1010 мг/кг), «Тіршілік ету ортасының қауіпсіздігіне арналған гигиеналық нормативтерге» (2021) сәйкес «экологиялық апат» аймағы болып есептеледі (Тіршілік ету ортасы..., 2021). Мониторингпен қамтылған 23 қаланың тоғызы қорғасынмен топырақтың ластануы санатында – «таза» дәрежесінде.

«Қазгидромет» РМК 2019-2023 жж. арналған бюллетендерін сараптау барысында еліміздің ауыр металдармен топырақ жамылғысы ластанбаған, яғни Cr, Cu, Zn, Cd, Pb концентрациясы бойынша «таза» дәрежесіндегі әкімшілік бірліктердің тізімі жасақталды (Тіршілік ету ортасы ..., 2021). Олар: Ақтөбе, Орал, Ақтау қалалары.

Ауыр металдардың өте жоғары концентрациясы тіркелген қалалардың барлығында металлургия өнеркәсібі дамыған, әсіресе полиметалл кенін өндіру және өңдеу ошақтары орналасқан. Мәселен, Балқаш қаласында «Балқаштүстіметалл» өндірістік бірлестігі («Қазақмыс» корпорациясы), Риддер қаласында «Риддер металлургия кешені» («Қазмырыш» ЖШС), Өскемен қаласында «Өскемен Қорғасын-Мырыш Комбинаты» («Қазмырыш» ЖШС), Шымкент қаласында бұрынғы «Шымкент қорғасын зауыты» («Оңтүстікполиметалл» өнеркәсіптік корпорациясы), Талдықорған қаласында «Қайнар» аккумулятор зауыты,

Жезқазған қаласында «Қ.И. Сәтпаев атындағы Жезқазған кен-металлургия комбинаты» («Қазақмыс» корпорациясы) және т.б. Әрине, поллютанттардың аталған қалалардың топырағында бір мезетте жиналмағаны айдан анық. Зерттеу барысында еліміздің үлкен қалаларында бұған дейін жүргізілген ғылыми зерттеулер мен олардың нәтижесіне сараптау жұмыстары жүргізілді, сонда байқалғаны – ауыр металдар жоғарыда көрсетілген өндіріс орындары бар қалалардың топырақ жамылғысында бұрыннан жоғары концентрацияда екендігі анықталды. Яғни, кумулятивтік әсердің салдарынан ластаушы элементтер топырақтың беткі 0-30 см қабатында жинақтала береді, рас, топырақ бойымен төменгі қабатқа қарай жылыстап жылжуы мүмкін, дегенмен, ауыр металдардың негізгі бөлігі сол беткі қабатта қала береді. Және бір назар аударатын жайт, үлкен өндіріс орындары немесе өнеркәсіп орталықтары өз жұмысын тоқтатқанның өзінде ауыр металдардың топырақтағы шоғырлану мөлшері жоғары деңгейде қала береді. Мәселен, Кентау қаласында орналасқан кен-байыту комбинатының жабылғанына 30 жылға жуық уақыт өтсе де, мониторинг барысында қауіпті деңгейде ластану деректері анықталған. Геохимик, экохимик ғалымдарды алаңдататыны ауыр металдардың топырақ → жерасты суы → өсімдік → жануар → адам ағзасы трофикалық тізбегі арқылы патологиялық ауруға шалдықтыруында.

5. Қорытынды

Топырақ – жер бетіндегі кез-келген тіршілік иесінің өмір сүруіне қажетті қалпына келетін сарқыллатын 3 ресурстың (ауа, су, топырақ) бірі және ыждағаттылықпен күтім жасалған жағдайда әлі мыңдаған жылдар бойы пайдалануға жарамды. Дегенмен, топырақтың жай-күйіне жете мән бермей, оны ластау соңғы 200 жылда белең алып келеді. Негізі, топырақтың ластануы 2 топқа бөлінеді: табиғи және антропогендік, соның ішінде адам әрекеті салдарынан топырақтың техногендік ластануы қоршаған ортаға әкелетін орасан зор залалы бойынша көш бастап тұр. Топырақтың өнімділігіне антропогендік қысымның шағын аумақта бірнеше есе артуының айқын көрінісі урбандалған аймақтарда байқалады. Қалалардағы топырақтың ластануына әкелетін факторлар – ауыр металдар, жылу электр орталықтары, автомобиль жанармайының түтіндері және т.б. Қазақстандағы өндіріс ошақтары орналасқан ірі қалалар мен облыс орталықтарының экологиялық жай-күйін күнделікті мониторинг жасап, сараптама жасайтын басты ұйым – «Қазгидромет» РМҚ. Мекеменің шығарған көпжылдық бюллетендерін сараптап, талдау барысында урбандалған аймақтардың топырақ қабатында Сг, Сu, Zn, Cd, Pb өте жоғары концентрациясы анықталды. Бұл жерде жете назар аударатын жайт – топырағы ауыр металдармен өте жоғары деңгейде ластанып отырған қалалар – еліміздің полиметалл кен өндіру орталықтары. «Қазгидромет» ұйымының бюллетендерін жан-жақты талдап, мониторинг нәтижесін электронды карта бетіне түсіру – отандық геохимия, экохимия саласын цифрландыру элементтерінің бірі. Ауыр металдардың топырақтағы концентрациясының жоғары болуы – өнеркәсіптік кешендерден шыққан поллютанттардың ауа, су арқылы табиғи сүзгі – топыраққа сіңіп, субстрат бойында ұзақ уақыт аралығында жиналуында. Сонымен қатар, елімізде қабылданған нормативтік-құқықтық актілерге сәйкес топырақтағы ауыр металдардың шоғырлануын реттеу бойынша ШРК мәндері алыс-жақын шет мемлекеттердің, тіпті аталған элементтердің топырақтағы әлемдік орташа кларк санынан едәуір төмендігі анықталды. Бұл отандық ғалымдардың топшылауы бойынша Қазақстан Республикасының экологиялық ыждағаттылық, «жасыл экономика» ұстанымдарына сәйкес даму траекториясының көрінісі.

6. Қосымша материалдар: қосымша материалдар жоқ

7. Авторлық үлестер

Концептуализация - Н.С., Е.Ш.; әдістемесі - Н.С., А.Қ.; бағдарламалық қамтамасыз ету - Е.Ш.; валидация - Н.С., А.Қ.; формалды талдау - Е.Ш., Н.Т.; зерттеу - Е.Ш., Н.Т.; ресурстар - Е.Ш.; деректерді өңдеу - А.Қ.; жазу-түпнұсқа жобасын дайындау - Е.Ш., Н.Т.; жазу-шолу және

өңдеу - Н.С., А.Қ.; визуализация - Е.Ш., Н.Т.; жетекшілік - Н.С.; жоба жетекшілігі - Н.С. Барлық авторлар қолжазбаның жарияланған нұсқасымен танысып, келісті.

8. Авторлар туралы ақпарат

Сиханова, Нургуль – қауымдастырылған профессор м.а., Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Әйтеке би көшесі 29А, Қызылорда, Қазақстан, 120014; e-mail: sihanova.nurgul@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1605-4794>

Шынбергенов, Ерлан – аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Әйтеке би көшесі 29А, Қызылорда, Қазақстан, 120014; e-mail: shynbergenov.erlan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8412-434X>

Тоғызбаева, Нұрила – аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Әйтеке би көшесі 29А, Қызылорда, Қазақстан, 120014; e-mail: nurila2009@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4310-0661>

Қарабалаева, Айман – аға оқытушы, Астана Халықаралық университеті, Қабанбай батыр даңғылы 8, Астана, Қазақстан, 020000; e-mail: aiman_jan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6539-2541>

9. Қаржыландыру: Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант №BR21882415)».

10. Алғыстар: Авторлар ғылыми жұмыстың концепциясын жоспарлауда өлшеусіз үлес қосқан М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті Н.И. Маккавеев атындағы "Топырақ эрозиясы және арналық үдерістер" ҒЗЗ бас ғылыми қызметкері, г.ғ.д. В.Н. Голосовка, "В.В. Докучаев атындағы Топырақ институты" ФЗО "Топырақ эрозиясы" зертханасының меңгерушісі, жетекші ғылыми қызметкер, г.ғ.к. А.П. Жидкинге шексіз алғыс білдіреді. Бұл жобаны жүзеге асыруда олардың тәжірибесі мен адалдығы маңызды рөл атқарды.

11. Мүдделер қақтығыстары: Мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейміз.

12. Әдебиеттер тізімі

1. Achmad, R.T., Auerkari, E.I. (2017). Effects of chromium on human body. *Annual Research and Review in Biology* 13(2), ARRB-33462. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33462>
2. Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals, Vol. 860. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21510-5>
3. Aiman, N., Gulnaz, S., Alena, M. (2018). The characteristics of pollution in the big industrial cities of Kazakhstan by the example of Almaty. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 16, 81-88. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0299-1>
4. Akhmetov, L.I., Puntus, I.F., Narmanova, R.A., Appazov, N.O., Funtikova, T.V., Regepova, A.A., & Filonov, A.E. (2022). Recent Advances in Creating Biopreparations to Fight Oil Spills in Soil Ecosystems in Sharply Continental Climate of Republic of Kazakhstan. *Processes* 10(3), 549. <https://doi.org/10.3390/pr10030549>
5. Alekseenko, V., Alekseenko, A. (2014). The abundances of chemical elements in urban soils. *Journal of Geochemical Exploration* 147, 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.003>
6. Alloway, B.J. (Ed.). (2012). Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability, Vol. 22. Springer Science & Business Media.
7. Almagambetov, N., Grigoruk, V. (2008). Degradation of soil in Kazakhstan: Problems and Challenges. In *Soil chemical pollution, risk assessment, remediation and security*, 309-320. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27

8. Askarova, D.A., Glebov, V.V. (2018). Level of industrial pollution by heavy metals of soils of the Republic of Kazakhstan and the Caspian region. *Sovremennye podkhody i metody v zashchite rastenii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern approaches and methods in plant protection: *Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*] 178–179.
9. Aurambout, J.P., Barranco, R., Laval, C. (2018). Towards a simpler characterization of urban sprawl across urban areas in Europe. *Land* 7(1), 33. <https://doi.org/10.3390/land7010033>.
10. Bahetnur, Y., Lee, W. (2023). Trace heavy metal contamination of urban water bodies in Central Asia: Its distribution, source detection, and probabilistic health risk assessment for recreational and household use of water. *ACS ES&T Water* 3(8), 2765-2775. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00268>
11. Baubekova, A., Akindykova, A., Mamirova, A., Dumat, C., Jurjanz, S. (2021). Evaluation of environmental contamination by toxic trace elements in Kazakhstan based on reviews of available scientific data. *Environmental Science and Pollution Research* 28(32), 43315-43328. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14979-z>
12. Berdenov, Z.G., Yeginbayeva, A., Zinabdin, N., Beketova, A., Mendybayeva, G., Assylbekova, A., & Önal, H. (2024). Recreational and functional zoning of territories with technogenic impact for the purpose of sustainable development of the region. *GeoJournal of Tourism and Geosites* 55(3), 1354-1363. <https://doi.org/10.30892/gtg.55336-1308>
13. Chen, L., Zhou, M., Wang, J., Zhang, Z., Duan, C., Wang, X., Fang, L. (2022). A global meta-analysis of heavy metal (loid) s pollution in soils near copper mines: evaluation of pollution level and probabilistic health risks, *Sci. Total Environ.* 835, 155441 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155441>
14. Dahl, C., Kuralbayeva, K. (2001). Energy and the environment in Kazakhstan. *Energy Policy* 29(6), 429-440. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00137-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00137-3)
15. de Hollander, A.E., Staatsen, B.A. (2003). Health, environment and quality of life: an epidemiological perspective on urban development. *Landscape and urban planning* 65(1-2), 53-62. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00237-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00237-2)
16. Degnan, J.R., Lindsey, B.D., Levitt, J.P., Szabo, Z. (2020). The Relation of Geogenic Contaminants to Groundwater Age, Aquifer Hydrologic Position, Water Type, and Redox Conditions in Atlantic and Gulf Coastal Plain Aquifers, Eastern and South-Central USA. *Sci. Total Environ.* 723, 137835. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137835>
17. Desa, U.N. (2014). World urbanization prospects, the 2011 revision. Population Division, department of economic and social affairs, United Nations Secretariat.
18. Dyussebayeva, M., Tashekeva, A., Shakenov, Y., Kolbin, V., Nurgaisinova, N., Mamyrbayeva, A., Abisheva, M. (2025). Distribution characteristics and assessment of the content of heavy metals in small rivers of the Ulba riv. basin in the mining regions of East Kazakhstan. *RSC advances* 15(14), 11034-11044. <https://doi.org/10.1039/D5RA00801H>
19. Efremov, S., Nechipurenko, S., Tokmurzin, D., Kaiaidarova, A., Kalugin, S., Tassibekov, Kh. (2021). Remediation of soil contaminated by toxic rocket fuel components using modified carbon–mineral adsorbing material produced from shungite rock modified with Mn⁴⁺ and Fe³⁺, *Environ. Technol. Innovation* 24, 101962. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101962>
20. El'kina, G.Ja. (2007). Podhody k normirovaniyu soderzhaniya tjazhelyh metallov v podzolistyh pochvah [Approaches to the standardization of heavy metal content in podzolic soils]. *Sovremennye problemy zagryazneniya pochv*, 55-59.
21. Farooq, I., Shah, A. R., Salik, K. M., Ismail, M. (2021). Annual, seasonal and monthly trend analysis of temperature in Kazakhstan during 1970–2017 using non-parametric statistical methods and GIS technologies. *Earth Systems and Environment* 5, 575-595. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00244-3>
22. Faurat, A., Yessimova, D., Satybaldiyeva, G., Kuatbayev, A., Utarbayeva, A., Kaliyeva, A. Rakhmanov, S. (2025). Assessing the spatial distribution and sources of heavy metal pollution

- in the snow cover: A case study from Pavlodar, Northeastern Kazakhstan. *PloS One* 20(5), e0322300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322300>
23. Fouzia, M., Siddique, M., Waheed, T. (2024). Energy Consumption, Economic Growth and the Environmental Degradation in Asian Countries. *Journal of Education and Social Studies* 5(1), 140-145. <https://doi.org/10.52223/jess.2024.5113>
24. Grebeneva, O.V., Sakiev, K.Z., Otarbaeva, M.B., Zhanbasinova, N.M. (2014). Problemy zagrjaznenija pochvy tverdymi othodami promyshlennyh predpriyatij v Kazahstane [Problems of soil contamination with solid waste from industrial enterprises in Kazakhstan]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija* 8, 9-13.
25. Grinvud, N., Jernsho, A. (2008). Himija jelementov [The chemistry of elements].
26. Iztileu, A., Grebeneva, O., Otarbayeva, M., Zhanbasinova, N., Ivashina, E., Duisenbekov, B. (2013). Intensity of soil contamination in industrial centers of Kazakhstan. In *CBU International Conference Proceedings*, Vol. 1, pp. 374-380. <https://doi.org/10.12955/cbup.v1.60>
27. Khan, S., Naushad, M., Lima, E. C., Zhang, S., Shaheen, S. M., & Rinklebe, J. (2021). Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies - A review. *Journal of Hazardous Materials* 417, 126039. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126039>
28. Kismelyeva, S., Khalikhan, R., Torezhan, A., Kumisbek, A., Akimzhanova, Z., Karaca, F., Guney, M. (2021). Potential human exposure to mercury (Hg) in a chlor-alkali plant impacted zone: Risk characterization using updated site assessment data. *Sustainability* 13(24), 13816. <https://doi.org/10.3390/su132413816>
29. Kozhagulov, S., Adambekova, A.A., Quadrado, J.C., Salnikov, V., Rysmagambetova, A., Tanybayeva, A. (2025). Trends in Atmospheric Emissions in Central Asian Countries Since 1990 in the Context of Regional Development. [DOI:10.20944/preprints202503.0228.v2](https://doi.org/10.20944/preprints202503.0228.v2)
30. Krasilnikov, P., Khasankhanova, G., Abdullaev, U., Baibagyshov, E., Baliuk, S., Chervan, A., Saparov, A. (2018). Regional status of soil pollution: Eurasia. *TION* 17.
31. Li, P., Feng, X.B., Qiu, G.L., Shang, L.H., Li, Z.G. (2009). Mercury pollution in Asia: a review of the contaminated sites. *Journal of hazardous materials* 168(2-3), 591-601. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.031>.
32. Morel, J.L., Schwartz, C., Florentin, L., De Kimpe, C. (2005). Urban soils. In encyclopedia of soils in the environment. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00305-2>
33. Pacyna, J.M., Pacyna, E.G. (2001). An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. *Environmental reviews* 9(4), 269-298. <https://doi.org/10.1139/er-9-4-269>.
34. Ramazanov, E., Lee, S.H., Lee, W. (2021). Stochastic risk assessment of urban soils contaminated by heavy metals in Kazakhstan. *Science of the Total Environment* 750, 141535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141535>
35. Revich, B.A., Saet, Ju.E., Smirnova, R.S., Sorokina, E.P. (1990). Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagrjaznenija atmosfernogo vozduha naselennyh punktov metallami po ih soderzhaniju v snezhnom pokrove i pochve (utv. glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR ot 15.05.1990 № 5174-90) [Methodological recommendations for assessing the degree of air pollution in populated areas by metals based on their content in snow cover and soil (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on 15.05.1990 No. 5174-90)]. M.: IMGRJe, 1990.
36. Salim, Y., Yerimbetova, A., Baiduisenova, T., Uspabayeva, A., Abildayeva, R., Balgabekova, A., Tleukeyeva, A. (2023). Soil Pollution with Heavy Metals in the Turkestan Region. *Journal of Ecological Engineering* 24(2). <https://doi.org/10.12911/22998993/156801>
37. Saparov, A. (2013). Soil resources of the Republic of Kazakhstan: Current status, problems and solutions. In *Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land*

- and water resources in agricultural landscapes of Central Asia, 61-73 p. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2
38. Savich, V.I., Parahin, N.V., Sychev, V.G., Stepanova, L.P., Lobkov, V.T., Amerguzhin, H.A., Romanchik, E.A. (2002). Pochvennaja jekologija [Soil ecology]. Orel: Izd-vo OrelGAU.
39. Sharma, N., Singhvi, R. (2017). Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. *International journal of agriculture, environment and biotechnology* 10(6), 675-680. <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2017.00083.3>
40. Temirbekov, N., Malgazhdarov, Y., Tamabay, D., Temirbekov, A. (2023). Mathematical and computer modeling of atmospheric air pollutants transformation with input data refinement. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 32(3), 1405-1416. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v32.i3.pp1405-1416>
41. Tirshilik etu ortasynyng qauipsizdigine arналған gigenalyq normativterdi bekіtu turaly [Establishment of hygiene standards aimed at the safety of living space]. QR DSM 32 bujrygy (21.04.2021).
42. Van Kamp, I., Leidelmeijer, K., Marsman, G., De Hollander, A. (2003). Urban environmental quality and human well-being: Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. *Landscape and urban planning* 65(1-2), 5-18. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00232-3)
43. Vestnik Qazgidrometa. Jekologicheskij informacionnyj bjulleten' RK za 2019-2023 gg. RGP «Qazgidromet» [Bulletin of Kazgidromet. Environmental Information Bulletin of the Republic of Kazakhstan for 2019-2023. State Enterprise "Kazgidromet"]. MJeRK.
44. Vodjanickij, Ju.N. (2008). Tjazhelye metally i metalloidy v pochvah [Heavy metals and metalloids in soils]. M.: GNU Pochvennyj institut im. VV Dokuchaeva rashn, 86.
45. Woszczyk, M., Spychalski, W., Boluspaeva, L. (2018). Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan - implications for the assessment of environmental quality. *Environmental Monitoring and Assessment* 190, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6733-0>
46. Yang, Q., Li, Z., Lu, X., Duan, Q., Huang, L., Bi, J. (2018). A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment. *Science of the total environment* 642, 690-700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.068>
47. Zamotaev, I.V., Ivanov, I.V., Mikheev, P.V., Belobrov, V.P. (2017). Transformation and contamination of soils in iron ore mining areas (a review). *Eurasian Soil Science* 50, 359-372. <https://doi.org/10.1134/S1064229317030127>
48. Zhalmagambetova, U., Assanov, D., Neftissov, A., Biloshchytskyi, A., Radelyuk, I. (2024). Implications of water quality index and multivariate statistics for improved environmental regulation in the Irtysh River Basin (Kazakhstan). *Water* 16(15), 2203. <https://doi.org/10.3390/w16152203>
49. Zhang, Q., Wang, C. (2020). Natural and human factors affect the distribution of soil heavy metal pollution: a review. *Water, air, & soil pollution* 231, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04728-2>
50. Zhang, Y., Cai, Q. (2022). Impact mechanism of new urbanization on environmental pollution: Empirical analysis based on spatial panel model. *Frontiers in Public Health* 10, 928100. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.928100>

Geoinformation Modeling of the Distribution of Heavy Metals in the Soil Cover of Large Cities of the Republic of Kazakhstan (based on the data of RSE "Kazhydromet" for 2019-2023)

Nurgul Sihanova, Yerlan Shynbergenov, Nurila Togyzbaeva, Aiman Karabalayeva

Abstract: The trend towards soil pollution due to human activity has increased several times in intensity over the past two centuries, and the volume has increased. To control the consequences and stabilize the environment, countries around the world regulate the amount of chemical compounds and toxic elements released into the natural environment. It is known that the main environmental standard for soil pollution in the country is the MPC, that is, the amount of pollutant in the soil that does not affect animals, plants, microorganisms, and the natural community as a whole with constant contact or interaction over a certain period of time. In order to control the level of contamination of the soil cover with heavy metals in administrative units where giant production facilities are located, Kazhydromet conducts continuous monitoring in large cities of the country. The result is published in bulletins, the supervisory institution's own publication. The article is organized in order to analyze the results of the control of the ballots for the last five years (2019-2023). During the statistical transformation of the monitoring results, the nature of the distribution of chromium, copper, zinc, cadmium, and lead elements in the soils of urbanized zones was revealed. Then the data was applied to the surface of the electronic map using geoinformation technology and grouped according to the degree of danger. A scientific analysis of the spatial and temporal distribution of heavy metals in urban soils was conducted, as well as a comparison and analysis with global trends. During the analysis of the bulletins, it was noted that over time, the quality of the publications had improved, and the consistency and systematization of the information presented in them had significantly improved. However, in many places, doubts arose about the objectivity of the data, and there were cases where the amount of heavy metals showed unchanged values in spring and autumn for several years in a row.

Keywords: heavy metals in soil; state monitoring; soils of urbanized regions; GIS.

Геоинформационное моделирование распределения тяжелых металлов в почвенном покрове крупных городов Республики Казахстан (на основе данных РГП «Казгидромет» за 2019-2023 гг.)

Нургуль Сиханова, Ерлан Шынбергенов, Нурила Тогизбаева, Айман Карабалаева

Аннотация: Интенсивность загрязнения почв из-за деятельности человека за последние два столетия возросла в несколько раз. В целях контроля последствий и стабилизации окружающей среды страны мира нормируют количество химических соединений и токсичных элементов, выбрасываемых в природную среду, до определенных величин. Известно, что основной экологической нормой загрязнения почв в стране является предельно допустимая концентрация (ПДК), т.е. количество загрязняющих веществ в почве, не оказывающее воздействие на животных, растения, микроорганизмы и природное сообщество в целом в течение определенного периода времени, в период постоянного контакта или взаимодействия. В целях контроля уровня загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова административно-территориальных единиц, где расположены крупные производственные объекты, РГП «Казгидромет» осуществляет постоянный мониторинг крупнейших городов страны. Результаты публикуются в официальном издании учреждения – бюллетенях. Статья организована с целью анализа опубликованных материалов в бюллетенях за последние пять лет (2019-2023 гг.). В процессе статистической обработки результатов мониторинга проанализирован и определен характер распределения таких тяжелых металлов, как хром, медь, цинк, кадмий и свинец в почве городских территорий. Была создана электронная база данных и цифровая карта в векторном формате распространения ТМ с использованием геоинформационных технологий. Проведен научный анализ пространственно-временного

распределения тяжелых металлов в городских почвах, а также сравнение и анализ с мировыми тенденциями. В ходе анализа бюллетеней отмечено, что с течением времени качество публикации возросло, существенно улучшились согласованность и систематизация представленной в них информации, однако во многих местах возникают сомнения в объективности данных, а также отмечены случаи, когда количество тяжелых металлов показывало неизменные значения весной и осенью в течение нескольких лет подряд.

Ключевые слова: тяжелые металлы в почве; государственный мониторинг; почвы урбанизированных регионов; ГИС.