

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Innovative Technologies, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Bekturganova Aikumis Kadyrzhankyzy* – Master of Natural Sciences (Chem.), Senior Lecturer, Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., tel.: 87478914897 e-mail: aika_saken@mail.ru.

Irzhanov Zhassulan Bulatovich – 2nd year PhD student, “8D05101 – Biology” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e-mail: zhassulankru@gmail.com.

ХТАР 87.19.00; 68.33.29

ӨОЖ 550.4:631.4(574.22)

<https://doi.org/10.52269/SKVC2621167>

ДЕНИСОВ АУДАНЫНЫҢ (ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ) АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ТҮРЛЕРІНІҢ МӨЛШЕРІН ІСР-OES ӘДІСІМЕН БАҒАЛАУ

Нугманов А.Б. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, ауыл шаруашылығы ғылымдары факультетінің деканы, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Ысқақ А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, инновациялық технологиялар ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Муканов Т.М.* – биология мамандығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының магистрі. «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Дәулеткелді Г.Н. – «7M01503 Химия» БББ бағдарламасының 1 курс магистранты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы.

Индуктивті байланысқан плазмамен оптикалық-эмиссиялық спектрометрия (ICP-OES) әдісімен элементтердің жылжымалы түрлерінің мөлшерін анықтау негізінде Қазақстан Республикасы Қостанай облысы Денисов ауданының ауыл шаруашылығы топырақтарының геохимиялық және экологиялық жай-күйіне, оның ішінде олардың егістік горизонттындағы ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің құрамын зерттеуге бағалау жасалды. Зерттеу барысында шамамен 932 га ауыл шаруашылығы алқабынан алынған топырақтың 0–25 см қабатындағы 38 аралас үлгі талданды. Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe және As металлоидының мөлшері анықталды. Топырақтағы элементтердің таралу өзгергіштігін бағалауға мүмкіндік беретін сипаттамалық статистиканың негізгі көрсеткіштері, соның ішінде концентрациялардың орташа мәндері, элементтер мөлшерінің диапазоны және вариация коэффициенті есептелді. Элементтердің орташа концентрациялары: As – 0,176 мг/кг, Zn – 0,662 мг/кг, Cd – 0,042 мг/кг, Pb – 0,253 мг/кг, Ni – 3,357 мг/кг, Cr – 0,357 мг/кг, Fe – 25,89 мг/кг болды. Алынған нәтижелерді шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) нормативтерімен салыстыру ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің мөлшері белгіленген санитарлық-гигиеналық нормативтерден аспайтынын көрсетті; тек жалпы мөлшері бойынша нормаланатын As, Pb және Cd үшін салыстыру бағдарлы сипатта болады. Алынған мәліметтер зерттелетін аумақтың ауыл шаруашылығы топырақтарының геохимиялық жағдайының қолайлы екендігін көрсетеді, Солтүстік Қазақстанның далалық топырақтары үшін фондық көрсеткіштер ретінде пайдаланылуы мүмкін және өңірлік экологиялық мониторингтің негізі ретінде бола алады.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, шекті рұқсат етілген концентрациялар, фондық концентрациялар, ауыл шаруашылығы топырақтары, ICP-OES, топырақтың геохимиялық жағдайы, экологиялық бағалау.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВАХ ДЕНИСОВСКОГО РАЙОНА (КОСТАНАЙСКАЯ ОБЛАСТЬ) МЕТОДОМ ІСР-OES

Нугманов А.Б. – к.с.-х.н., декан факультета сельскохозяйственных наук, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Ысқақ А. – к.с.-х.н., директор научно-исследовательского института инновационных технологий, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Муканов Т.М.* – магистр естественных наук по специальности биология, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Дәулеткелді Г.Н. – магистрант 1 курса ОП «7M01503 Химия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

На основе определения содержания подвижных форм элементов методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) дана оценка геохимического и экологического состояния сельскохозяйственных почв Денисовского района Костанайской области Республики Казахстан, включая исследование содержания подвижных форм тяжёлых металлов в их пахотном горизонте. В ходе исследования проанализировано 38 смешанных образцов почвенного слоя 0–25 см, отобранных на участке сельскохозяйственных угодий площадью около 932 га. Определено содержание Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe и металлоида As. Рассчитаны основные показатели описательной статистики, включая средние значения концентраций, диапазон содержания элементов и коэффициент вариации, позволяющие оценить степень изменчивости их распределения в почвах. Средние концентрации элементов составили: As – 0,176 мг/кг, Zn – 0,662 мг/кг, Cd – 0,042 мг/кг, Pb – 0,253 мг/кг, Ni – 3,357 мг/кг, Cr – 0,357 мг/кг, Fe – 25,89 мг/кг. Сопоставление полученных результатов с нормативами предельно допустимых концентраций показало, что содержание подвижных форм тяжёлых металлов не превышает установленных санитарно-гигиенических нормативов; для As, Pb и Cd, нормируемых только по валовому содержанию, сравнение носит ориентировочный характер. Полученные данные свидетельствуют о благоприятном геохимическом состоянии сельскохозяйственных почв исследуемой территории, могут служить фоновыми показателями для степных почв Северного Казахстана и использоваться как основа для регионального экологического мониторинга.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, предельно допустимые концентрации, фоновые концентрации, сельскохозяйственные почвы, ICP-OES, геохимическое состояние почв, экологическая оценка.

ASSESSMENT OF THE CONTENT OF MOBILE FORMS OF HEAVY METALS IN AGRICULTURAL SOILS OF DENISOVKA DISTRICT (KOSTANAY REGION) USING THE ICP-OES METHOD

Nugmanov A.B. – Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of agricultural sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Yskak A. – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Innovative Technologies, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Mukanov T.M.* – Master of Natural Sciences (Biol.), Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Dauletgeldy G.N. – 1-st year Master's student, "7M01503 – Chemistry" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Based on the determination of the content of mobile forms of elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), the geochemical and ecological state of agricultural soils in the Denisovska district of the Kostanay region of the Republic of Kazakhstan is assessed, including the study of the content of mobile forms of heavy metals in their ploughed horizon. The study analyzed 38 mixed samples of 0-25 cm of soil layer selected on approximately 932 hectares of agricultural land. The content of Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe and As metalloid was determined. The main indicators of descriptive statistics, including the average values of concentrations, the range of content of elements and the coefficient of variation, are calculated, which makes it possible to assess the degree of variability of their distribution in the soil. Average concentration of elements: As – 0.176 mg/kg, Zn – 0.662 mg/kg, Cd – 0.042 mg/kg, Pb – 0.253 mg/kg, Ni – 3.357 mg/kg, Cr – 0.357 mg/kg, Fe – 25.89 mg/kg. Comparison of the results obtained with the maximum permissible concentration standards showed that the content of mobile forms of heavy metals does not exceed the established sanitary and hygienic standards; for As, Pb, and Cd, which are regulated only for total content, the comparison is indicative. The obtained data testify to the favorable geochemical state of agricultural soils of the studied territory, can serve as background indicators for steppe soils of Northern Kazakhstan and can be used as a basis for regional environmental monitoring.

Keywords: heavy metals, maximum permissible concentrations, background concentrations, agricultural soils, ICP-OES, geochemical state of soils, environmental assessment.

Кіріспе Топырақ жамылғысының ауыр металдармен және уытты элементтермен ластануы қазіргі заманның ең өзекті экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады. Ауыр металдар тұрақты ластанушы заттарға жатады, яғни олар биологиялық жолмен ыдырамайды және топырақта ұзақ уақыт жинақталуға қабілетті, соның нәтижесінде топырақ-өсімдік жүйесін бұзып, экожүйелерге теріс әсер етеді [1, 995 б.], [2, 85 б.]. Ауыр металдар мен металлоидтар өздерінің уыттылығы, тұрақтылығы және трофикалық тізбектердегі биоаккумуляция қабілетіне байланысты елеулі экологиялық қауіп төндіреді [3, 796 б.].

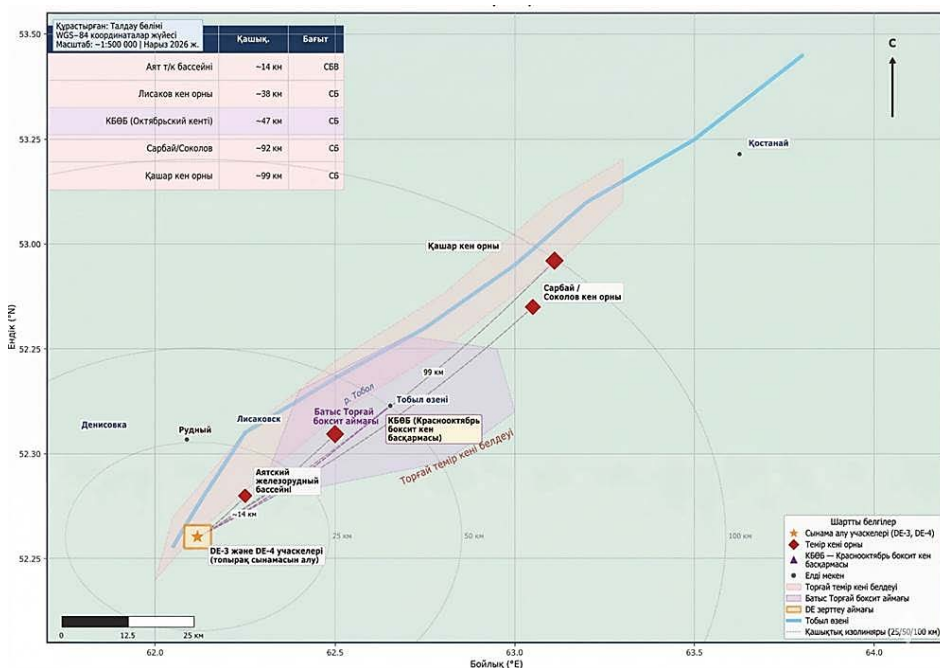
Бұл мәселенің жаһандық сипаты өнеркәсіп өндірісінің қарқынды дамуымен, көлік инфрақұрылымының дамуымен және ауыл шаруашылығы қызметінің ұлғаюымен байланысты, бұл әлемнің әртүрлі өңірлері топырақтарында кадмий, қорғасын, мышьяк және мырыш сияқты элементтердің концентрациясының тұрақты өсуіне әкеледі [4, 63 б.].

Антропогендік жүктемесі жүйелі әрі ұзақ мерзімді сипатқа ие агроөнеркәсіптік өңірлер топырақтарының ластануы ерекше экологиялық маңызға ие. Минералдық тыңайтқыштарды, пестицидтер және гербицидтерді қолдану, сондай-ақ ластанған суармалы суларды пайдалану ауыр металдардың топыраққа түсуінің негізгі көздері болып табылады [5, 5 б.]. Топырақтың жоғарғы қабаттарында жинақтала отырып, бұл элементтер табиғи биогеохимиялық циклдерді бұзады, топырақ микробиотасын тежейді және топырақтың биологиялық белсенділігін төмендетеді, бұл түптеп келгенде жер ресурстарының деградациясына әкеледі [6, 250 б.]. Ландшафттардың геохимиялық ерекшеліктері табиғи және техногендік жүйелердегі ауыр металдардың таралуы мен миграциясында шешуші рөл атқарады [7, 286 б.].

Қазақстан Республикасы елеулі жер-ресурстық әлеуетке ие бола отырып, ауыл шаруашылығы алқаптарының экологиялық жай-күйіне байланысты күшейіп келе жатқан проблемамен бетпе-бет келуде. Зерттеулер Қазақстан топырақтарының геохимиялық жағдайлары табиғи және антропогендік факторларға байланысты едәуір өзгеретінін көрсетеді [8, 10 б.; 9, 2 б.]. Топырақ жамылғысының ауыр металдармен ластану қаупін бағалау Қазақстанның қалалық аумақтар үшін де [10, 5 б.], агроөнеркәсіптік өңірлері үшін де жүргізілген [11, 2-7 б.]. Республикадағы дала экосистемалері ауыр металдардың жиналуына бейім, бұл елдің әртүрлі өңірлерінде жүргізілген геохимиялық зерттеулер нәтижелерімен расталады [12, 7 б.].

Қазақстанның негізгі астықты өңірлерінің бірі болып табылатын Қостанай облысы дала аймағына тән қара топырақтар мен қарақоңыр топырақтардың басымдығымен сипатталады [13, 315 б.]. Қолда бар деректер бойынша, Қостанай облысының жекелеген аудандарында негізінен As, Cd, Pb және Zn қосылыстарымен байланысты топырақтың экологиялық ластануының жоғары деңгейі тіркеледі. Денисов ауданы өсімдік және мал шаруашылығы дамыған типтік агроөнеркәсіптік өңір болып табылады, мұнда ауыл шаруашылығында ұзақ жылдар бойы пайдаланылу жергілікті геохимиялық ауытқулардың қалыптасуына жағдай жасайды. Ұқсас өңірлерде ауыр металдардың таралуын кеңістіктік талдау олардың жинақталуының біркелкі емес сипатын көрсетеді, бұл табиғи геохимиялық факторлармен де, антропогендік ластану көздерімен де байланысты [14, 15 б.].

Қостанай облысының топырақтары туралы жалпы мәліметтердің болуына қарамастан, Денисов ауданы аумағында заманауи жоғарғы сезімтал әдістерді (ICP-OES) қолдана отырып жүргізілген егжей-тегжейлі геохимиялық зерттеулер бұрын жүргізілмеген. Ауыр металдардың құрамы туралы өзекті деректердің болмауы ауыл шаруашылығы өнім өндіру үшін пайдаланылатын топырақтардың экологиялық жай-күйін объективті бағалауға мүмкіндік бермейді. Мұндай зерттеулердің маңыздылығын Аят темір кені бассейнінің, Лисаков, Соколов-Сарыбай және Қашар темір кені орындарының, сондай-ақ техногендік ластанудың әлеуетті көздері бола алатын Краснооктябрь боксит кен басқармасының жақын орналасуы ерекше маңызға ие (1-сурет). Осыған байланысты Денисов ауданы топырақтарына кешенді геохимиялық зерттеу жүргізу өзекті және ғылыми тұрғыдан негізделген болып табылады.



1 сурет – Геоологиялық шолу картасы. Денисов ауданының темір және боксит кен орындары және топырақты геохимиялық сынау учаскелері

Зерттеудің мақсаты – ICP-OES әдісі арқылы ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің мөлшерін анықтау негізінде Қостанай облысы Денисов ауданының ауыл шаруашылығы топырақтарының геохимиялық және экологиялық жай-күйін бағалау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы Қостанай облысы Денисов ауданының ауыл шаруашылығы топырақтарында ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің таралуы туралы жаңа өңірлік геохимиялық деректерді индуктивті байланысқан плазмалы оптикалық-эмиссиялық спектрометрияның жоғары сезімтал әдісін (ICP-OES) қолдану арқылы алуда болып табылады. Бұрын жүргізілген, негізінен элементтердің жалпы мөлшерін анықтауға бағытталған зерттеулерден айырмашылығы, бұл жұмыста агроэкожүйелердегі металдардың биожетімділігі мен экологиялық қауіптілігін анықтайтын Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe және As элементтерінің дәл жылжымалы түрлеріне кешенді бағалау жүргізілді. Зерттелетін аумақ үшін алғаш рет ауыл шаруашылығы топырақтарының жыртылатын қабатындағы (0-25 см) ауыр металдардың жылжымалы түрлері мөлшерінің кеңістіктік өзгергіштігіне статистикалық талдау жасалды, бұл олардың таралу заңдылықтарын анықтауға және агроландшафттардың геохимиялық әртектілік деңгейін бағалауға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер топырақтың өңірлік экологиялық мониторингі үшін ғылыми негіз қалыптастырады және Солтүстік Қазақстанның ауыл шаруашылығы аумақтарын экологиялық қауіпсіздік жүйелерін өзірлеу мен тұрақты басқаруда пайдаланылуы мүмкін.

Мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** қойылды:

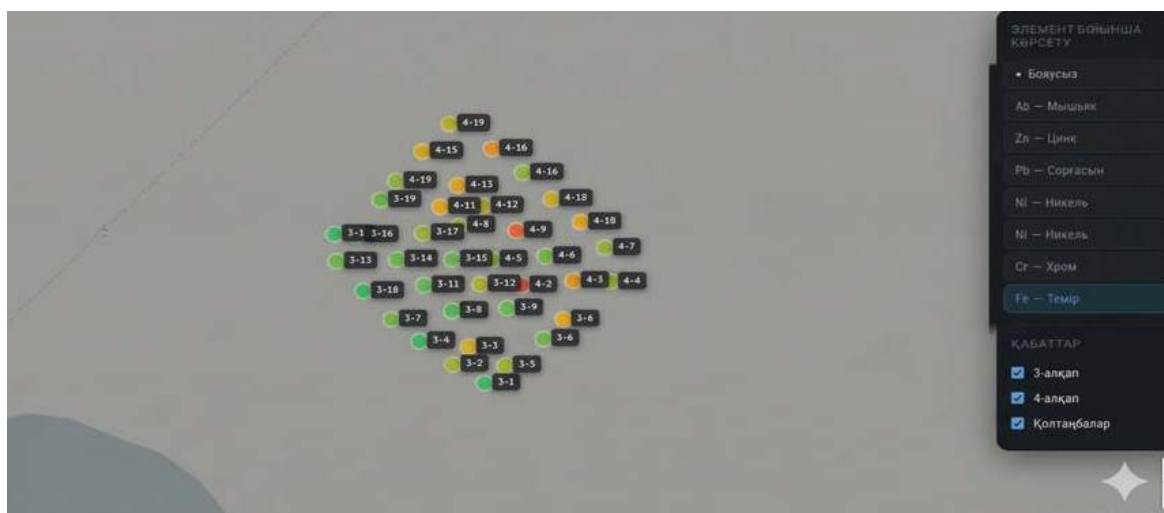
1. Зерттелетін аумақ топырақтарының жыртылатын қабатындағы ауыр металдар мен мышьяк металлоидының (Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe, As) жылжымалы түрлерінің мөлшерін ICP-OES әдісімен анықтау.
2. Олардың мөлшерінің өзгергіштік көрсеткіштерін талдау негізінде ауыр металдардың таралу табиғатын (литогендік немесе антропогендік) бағалау.
3. Элементтердің жылжымалы түрлерінің алынған концентрацияларын ШРК нормативтерімен және өңірлік фондық мәндермен салыстыру негізінде зерттелетін аумақ топырақтарының жай-күйіне экологиялық жағдайына баға беру.

Зерттеу материалдары мен әдістері Зерттеу Қазақстан Республикасы Қостанай облысы Денисов ауданының ауыл шаруашылығы алқаптарында жүргізілді. Аудан аумағы далалық табиғи аймақта орналасқан және қара топырақтар мен қарақоңыр топырақтардың басым болуымен сипатталатын жазық жер бедеріне ие. Бұл топырақтар аграрлық өндірісте кеңінен пайдаланылады және өңірдің астық шаруашылығының негізін құрайды.

Аудан климаты шұғыл континенттік, қысы суық, жазы жылы әрі қуаң. Атмосфералық жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері шамамен 300-350 мм құрайды. Топырақ ортасы негізінен бейтарап немесе әлсіз сілтілі, өңірдің қара топырақтары мен қарақоңыр топырақтарындағы рН мәндері 6,5-8,2 аралығында өзгереді[11], бұл химиялық элементтердің миграциясы мен жылжымалылығына елеулі әсер етеді.

Зерттелетін ауыл шаруашылығы алқабы шамамен 932 га аумақты қамтитын біртұтас агроландшафтық массив шегінде орналасқан және салыстырмалы түрде біркелкі топырақ-геоморфологиялық жағдайлармен сипатталады.

Топырақ сынамаларын іріктеу 2025 жылдың мамыр айында зерттелетін учаскенің ауыл шаруашылығы алқаптарында жүргізілді. Барлығы топырақтың жыртылатын (0-25 см) 38 аралас үлгі алынды. Сынамаларды іріктеу сызбасы 2-суретте көрсетілген.



2 сурет – Денисов ауданы аумағындағы зерттеу ауданы мен егістік қабаттан (0–25 см) сынама алу нүктелерінің карта-сызбасы (учаске ауданы 932 га)

Сынамаларды іріктеу нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес жүргізілді: МЕМСТ 17.4.3.01-2017 «Табиғатты қорғау. Топырақтар. Сынамаларды іріктеуге қойылатын жалпы талаптар». Әрбір

аралас үлгі бір элементарлық учаскеден конверт әдісімен алынған 5-10 нүктелік сынамаларды біріктіру арқылы қалыптастырылды. Біріктірілген сынаманың массасы кемінде 1 кг болды [15].

Алынған үлгілер герметикалық контейнерлерге салынып, сынама алу орны мен күні көрсетіліп таңбаланды, содан кейін әрі қарай талдау жүргізу үшін зертханаға жеткізілді.

Топырақ үлгілерін зертханалық дайындау бөлме температурасында ауада құрғатып кептіруді, өсімдік қалдықтары мен бөгде қоспаларды алып тастауды, сондай-ақ ұсақтау мен ұяшық өлшемі 1 мм електен өткізуді қамтыды.

Элементтердің жылжымалы формаларын алу үшін рН 4,8 болатын ацетатты-аммоний буферлік ерітіндісі пайдаланылды. Экстрагент ретінде рН 4,8 ацетатты-аммонийлі буферлік ерітіндіні таңдау топырақтағы химиялық элементтердің жылжымалы (белсенді) қорын бағалау қажеттілігімен негізделді. Химиялық тұрғыдан алғанда, бұл реагент суда еритін қосылыстарды ғана емес, сонымен қатар топырақ коллоидтарының бетінде ұсталып тұратын алмаспалы катиондардың ең жылжымалы бөлігін де бөліп алуға мүмкіндік береді. Өлсіз қышқылды буферді (рН = 4,8) қолдану физиологиялық тұрғыдан негізделген, өйткені мұндай орта элементтерді сіңірілетін күйге көшіру үшін өсімдіктер бөлетін тамыр экссудаттарының (органикалық қышқылдар) әсерін модельдейді.

Осылайша, алынған нәтижелер ауыр металдардың биожетімді түрлерін сипаттайды, бұл экологиялық тәуекелдерді бағалау және токсиканттардың ауыл шаруашылығы өнімдерінде ықтимал жинақталуын анықтау үшін шешуші мәнге ие. Бұл әдісті қолдану әсіресе Солтүстік Қазақстанның қара топырақтары мен қарақоңыр топырақтары үшін ерекше өзекті, өйткені металдардың жалпы мөлшері минералогиялық құрамға байланысты жоғары болуы мүмкін, алайда олардың нақты уыттылығы топырақ ерітіндісіндегі жылжымалылық дәрежесімен анықталады. Экстракция топырақ:ерітінді=1:5 арақатынасында жүргізілді. Алынған суспензия бөлме температурасында орбитальды шейкерде 60 минут бойы араластырылды. Осыдан кейін суспензия "қызыл лента" типті қағаз сүзгілер арқылы сүзілді. Алынған сүзінділер кейінгі элементтік талдау үшін пайдаланылды.

Айта кету керек, ацетатты-аммонийлі буферді пайдалана отырып мышьяқтың жылжымалы түрлерін анықтаудың белгілі бір аналитикалық шектеулері бар. Топырақта As темір-марганец оксидтері мен гидроксидтерінің бетінде берік адсорбцияланады, ал бұл байланыстар рН 4,8 кезінде толық бұзылмайды. Осыған байланысты жылжымалы As концентрациясының алынған мәндері элементтің нақты қол жетімді фракциясының тек бір бөлігін ғана көрсете алады. Дегенмен, нәтижелер оның зерттелетін топырақтағы биожетімділігінің төменгі шегін бағалауға мүмкіндік береді.

Элементтердің жылжымалы формаларының (Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe және As) мөлшерін анықтау Thermo Fisher Scientific iCAP PRO (Thermo Fisher Scientific, АҚШ) құралында индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық-эмиссиялық спектрометрия (ICP-OES) әдісімен жүргізілді. ICP-OES әдісі концентрацияның кең ауқымында бірнеше элементті бір мезгілде жоғары сезімталдық пен дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді. Элементтерді анықтау келесі аналитикалық сызықтар бойынша жүргізілді: As – 189,0 нм; Zn – 206,2 нм; Cd – 214,4 нм; Pb – 220,4 нм; Ni – 231,6 нм; Cr – 267,7 нм; Fe – 275,6 нм. Құрылғыны калибрлеу көпэлементті стандартты ерітінділерді қолдану арқылы жүзеге асырылды. ICP-OES әдісімен сүзінділерді талдау сүзу жүргізілген күні орындалды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Зерттеу нәтижесінде Денисов ауданының зерттелетін учаскесіндегі ауылшаруашылық топырақтарының егістік қабатының (0-25 см) 38 аралас сынамасында ауыр металдар мен мышьяк металлоидының (Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe, As) жылжымалы формаларының мөлшері анықталды.

Алынған мәліметтер ықтимал улы элементтердің жылжымалы түрлерінің қазіргі деңгейін сипаттауға және кейінгі статистикалық өңдеу үшін деректер массивін қалыптастыруға мүмкіндік берді.

Алынған концентрацияларды бастапқы талдау элементтердің орташа мөлшері (1-кесте) келесі кемімелі қатар түзетінін көрсетті: Fe (25,89 мг/кг) > Ni (3,36 мг / кг) > Zn (0,66 мг / кг) > Cr (0,36 мг/кг) > Pb (0,25 мг/кг) > As (0,18 мг/кг) > Cd (0,04 мг/кг).

Зерттелген элементтер ішінде ең жоғары орташа концентрациялар темірге тән болды, бұл оның топырақ түзуші жыныстарда табиғи түрде кең таралуымен және топырақ-геохимиялық үдерістерге белсенді қатысуымен түсіндіріледі. Ең төмен мәндер кадмий үшін тіркелді, бұл айқын техногендік әсер болмаған жағдайда дала аймағының ауылшаруашылық топырақтарына тән. Концентрациялардың өзгеру ауқымы (минимум–максимум) зерттелетін учаске шегінде элементтердің таралуының кеңістіктік еркелкілігін көрсетеді.

Нәтижелерді бастапқы түсіндіру және екінші міндетке көшу үшін сипаттамалық статистиканың негізгі көрсеткіштері есептелді. Оларға концентрациялардың ең төмен және ең жоғарғы мәндері, элементтердің орташа мөлшері, медиана, стандартты ауытқу, вариация коэффициенті және таралу асимметриясының көрсеткіштері жатады. Бұл параметрлер топырақтағы элементтердің жалпы мөлшер деңгейін, сондай-ақ олардың зерттелетін жиынтық шегіндегі өзгергіштік дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Зерттелген топырақтардағы элементтердің жылжымалы формалары мөлшерінің жиынтық статистикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

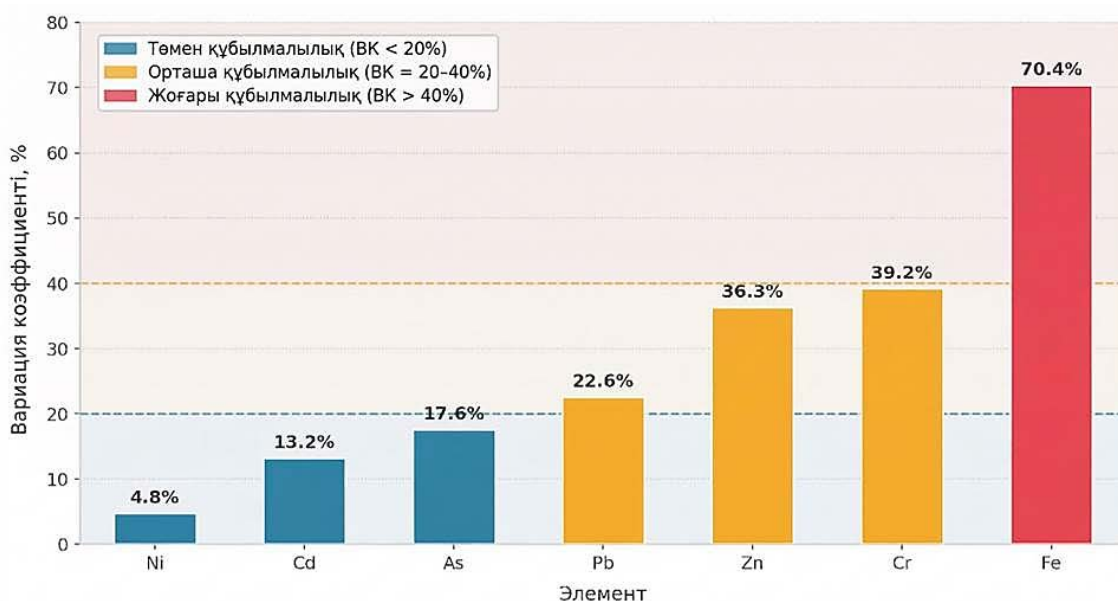
1 кесте – Элементтердің жылжымалы формалары мөлшерінің сипаттамалық статистикасы, мг/кг (n=38)

Элементтер	Өлшем бірлігі	Минимум	Максимум	Орташа	Медиана	Ст. ауытқуы.	Вар. коэф. %	Асимметрия
As (Күшән)	мг/кг	0,0992	0,2328	0,1760	0,1797	0,0310	17,62	-0,67
Zn (Мырыш)	мг/кг	0,2350	1,2856	0,6619	0,6363	0,2404	36,31	0,51
Cd (Кадмий)	мг/кг	0,0305	0,0521	0,0416	0,0411	0,0055	13,24	0,09
Pb (Қорғасын)	мг/кг	0,0866	0,3423	0,2527	0,2529	0,0570	22,57	-0,44
Ni (Никель)	мг/кг	3,0866	3,8241	3,3568	3,3384	0,1607	4,79	0,77
Cr (Хром)	мг/кг	0,1430	0,7405	0,3567	0,3272	0,1397	39,18	0,88
Fe (Темір)	мг/кг	5,7634	93,9251	25,8932	20,8099	18,2355	70,43	2,02

Алынған деректерді талдау зерттелетін аумақ топырақтарындағы зерттелген элементтердің жылжымалы формаларының мөлшері жеткілікті кең аралықта өзгертінін көрсетті, бұл топырақ жамылғысының табиғи геохимиялық әркелкілігін көрсетеді. Элементтердің жылжымалы формаларының орташа концентрациясы: As – 0,176 мг/кг, Zn – 0,662 мг/кг, Cd – 0,042 мг/кг, Pb – 0,253 мг/кг, Ni – 3,357 мг/кг, Cr-0,357 мг / кг, Fe-25,89 мг / кг. Алынған мәндер зерттелетін ауылшаруашылық топырақтарының егістік қабатындағы ықтимал улы элементтердің жалпы мөлшер деңгейін сипаттайды.

Элементтер концентрацияларының ауытқу ауқымы да олардың өзгергіштік дәрежесінің әртүрлі екенін көрсетеді. Тиісінше ең төмен және ең жоғары мәндер мыналарды құрады: As – 0,099–0,233 мг/кг, Zn – 0,235–1,286 мг/кг, Cd – 0,031–0,052 мг/кг, Pb – 0,087–0,342 мг/кг, Ni – 3,087–3,824 мг/кг, Cr – 0,143–0,741 мг/кг, Fe – 5,76–93,93 мг/кг.

Зерттелетін аумақ топырақтарындағы элементтер мөлшерінің өзгергіштік дәрежесін бағалау үшін вариация коэффициенті (ВК) талданды, оның мәндері 1-кестеде келтірілген. Бұл көрсеткіш геохимиялық зерттеулерде табиғи ортадағы химиялық элементтердің таралуының кеңістіктік әркелкілігін сипаттау үшін қолданылады. Алынған деректерге сәйкес (3-сурет) зерттелген элементтерді олардың мөлшерінің өзгергіштік дәрежесі бойынша шартты түрде бірнеше топқа бөлуге болады.



3 сурет – Топырақтағы элементтердің жылжымалы формалары мөлшерінің вариация коэффициенттері

Өзгергіштігі төмен элементтерге (ВК < 20%) Ni (4,8%), Cd (13,2%) және As (17,6%) жатады. Вариация коэффициентінің төмен мәндері бұл элементтердің зерттелетін аумақ шегінде салыстырмалы түрде біркелкі таралғанын көрсетеді және олардың басым түрде табиғи, литогендік шығу тегін айғақтайды. Әдетте, мұндай таралу топырақ түзуші жыныстардың минералдық құрамымен бақыланатын элементтерге тән.

Орташа өзгергіштік (ВК = 20-40%) Pb (22,6%), Zn (36,3%) және Cr (39,2%) үшін тән. Бұл элементтердің өзгергіштігінің жоғарылауы олардың топырақ компоненттерімен, ең алдымен сазды минералдармен және органикалық заттармен сорбциялану ерекшеліктерімен, сондай-ақ микроландшафтық жағдайлардағы айырмашылықтармен байланысты болуы мүмкін.

Ең жоғары өзгергіштік дәрежесі темірге тән ($ВК = 70,4\%$). Топырақтағы Fe мөлшерінің едәуір өзгергіштігі оның тотығу-тотықсыздану үдерістерімен, гидроморфизммен және топырақтардың гранулометриялық құрамындағы жергілікті айырмашылықтармен байланысты миграциясы мен жинақталу ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін.

Осылайша, вариация коэффициентін талдау зерттелетін аумақ топырақтарындағы элементтердің таралуы жалпы алғанда табиғи геохимиялық факторлармен анықталатынын және айқын техногендік аномалиялардың бар екенін көрсетпейтінін көрсетті. Зерттелетін аумақтың топырақтарының экологиялық жағдайын бағалау үшін элементтердің жылжымалы формаларының алынған концентрациялары Қазақстан Республикасында топырақ жамылғысы үшін белгіленген шекті рұқсат етілген концентрациялар (ШРК) нормативтерімен салыстырылды [16 7 б.].

Бұл жұмыста анықталған концентрациялардың ацетатты-аммонийлі буферімен (РН 4,8) бөлініп алынған элементтердің жылжымалы (биожетімді) фракциясын сипаттайтыны ерекше маңызды. Токсикологиялық тұрғыдан алғанда, бұл ең ақпаратты көрсеткіш болып табылады, өйткені дәл жылжымалы формалар өсімдіктердің тамыр жүйесі арқылы сіңіріліп, топырақ ерітіндісіне миграцияланып, тірі ағзаларға тікелей әсер ете алады. Құрамына берік байланысқан және минералдық формалар кіретін элементтердің жалпы мөлшерін жалпы геохимиялық фонды көрсетеді, бірақ қысқа мерзімді перспективада нақты экологиялық қауіпті айқындамайды.

Ерекше назар никельге аударылуы тиіс, себебі оның орташа концентрациясы (3,36 мг/кг) зерттелген барлық элементтердің ішінде белгіленген ШРК нормативіне (4,0 мг/кг) барынша жақын болып табылады (2-кесте). Бұл ретте тіркелген ең жоғарғы мәні (3,82 мг/кг) шекті рұқсат етілген концентрациясының шамамен 95% құрайды. Алайда никельдің вариация коэффициентінің өте төмен болуы (4,8%) оның топырақта біркелкі таралғанын және басым түрде литогендік шығу тегін көрсетеді. Бұл ықтимал Қостанай облысының темір кені кен орындарына іргелес жатқан аумақтарға тән топырақ түзуші жыныстардың минералдық құрамымен байланысты. Осы аумақ топырақтарындағы никель мөлшерін жүйелі бақылау алдағы экологиялық бағалау үшін маңызды. Қорғасынның (0,25 мг/кг) және күшәннің (0,18 мг/кг) концентрациялары да осы элементтердің топырақтағы жалпы мөлшері үшін белгіленген шекті рұқсат етілген концентрациядан едәуір төмен. Кадмийдің мөлшері (0,04 мг / кг) өте төмен деңгейде анықталды және экологиялық қауіп тудырмайды.

Темір концентрацияларының едәуір кең ауқымда өзгеруі (5,76–93,93 мг/кг) және вариация коэффициентінің жоғарғы болуы (70,4%) зерттелетін ауданның географиялық орналасуымен ішінара түсіндірілуі мүмкін. Денисов ауданы Қостанай облысының ірі темір кені бассейндеріне – Аят, Лисаков, Соколов-Сарыбай және Қашар кен орындарына тікелей жақын орналасқан. Темірдің аномальды жоғары мөлшері анықталған сынамалар, болжам бойынша, кендік геохимиялық Аянның ықпалы күшейген учаскелерге сәйкес келеді. Бұл аталған нысандарға қатысты сынама алу нүктелерінің орналасуын ескере отырып, кеңістіктік талдауды одан әрі жүргізуді талап етеді.

Темір топырақ түзуші жыныстарда кең таралған элементтердің қатарына жатады және санитарлық-гигиеналық нормативтер бойынша нормаланбайтынын атап өту керек. Жекелеген сынамалардағы темірдің жоғары мөндері топырақтың минералдық құрамының ерекшеліктерімен және жергілікті геохимиялық жағдайлармен байланысты болуы мүмкін. Хром ҚР-сының қолданыстағы санитарлық қағидаларында жылжымалы формалар үшін нормаланатын элементтер тізбесіне енгізілмеген. Жылжымалы хромның алынған төмен концентрациялары кезінде (орташа мәні 0,36 мг/кг, ең жоғарысы 0,74 мг/кг) экологиялық тәуекел минималды деп бағаланады.

Осылайша, алынған нәтижелер зерттелетін аумақтағы ауылшаруашылық топырақтарының геохимиялық жай-күйінің қолайлы екенін және ауыр металдармен техногендік ластану белгілерінің жоқтығын көрсетеді. Айта кету қажет, As, Pb және Cd үшін нормативтер тек жалпы мөлшерге қатысты белгіленген, сондықтан олармен салыстыру бағдарлық сипатқа ие. Соған қарамастан, концентрациялардың төмен мөндері ластанудың жоқ екенін көрсетеді.

2 кесте – Элементтердің жылжымалы формалары мөлшерінің ШРК нормативтерімен салыстырылуы, мг/кг

Элементтер	Орташа мөлшері	ШРК	Норматив түрі	Сәйкестігі
Никель (Ni)	3,36	4,0	жылжымалы	аспайды
Мырыш (Zn)	0,66	23,0	жылжымалы	айтарлықтай төмен
Күшән (As)	0,18	2,0	жалпы*	айтарлықтай төмен
Қорғасын (Pb)	0,25	32,0	жалпы*	айтарлықтай төмен
Кадмий (Cd)	0,04	3,0	жалпы*	айтарлықтай төмен
Хром (Cr)	0,36	6,0**	жылжымалы	аспайды
Темір (Fe)	25,89	--	--	нормаланбайды***

Ескерту: * – As, Pb және Cd үшін нормативтер тек жалпы мөлшері бойынша белгіленген

** ГН 2.1.7.2041-06 (РФ) бойынша; ҚР-да хромның жылжымалы формасы үшін норматив белгіленбеген [17].

*** Fe үшін ҚР мен РФ-да жылжымалы нысандағы нормативтер жоқ

Алынған нәтижелер зерттелетін аумақ топырақтарының егістік қабатындағы зерттелген ауыр металдардың жылжымалы формаларының мөлшері төмен деңгейде екенін және белгіленген нормативтік мәндерден аспайтынын көрсетеді. Бұл зерттелетін аумақтың топырақ жамылғысына айқын техногендік әсердің жоқ екенін білдіреді.

Кадмий, қорғасын және күшән сияқты элементтердің жылжымалы формаларының төмен концентрациялары ауылшаруашылық топырақтарының қолайлы экологиялық жағдайын және олардың өсімдіктерге өту қаупінің минималды екенін көрсетеді. Белгілі болғандай, элементтердің дәл осы жылжымалы формалары олардың биожетімділік дәрежесін және ықтимал экологиялық қауіптілігін айқындайды. Бұл зерттелетін топырақтарды геохимиялық тұрғыдан қолайлы және ауылшаруашылық мақсатта одан әрі пайдалануға жарамды деп қарастыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, жүргізілген зерттеу нәтижелері зерттелетін агроландшафт топырақтарының геохимиялық жай-күйі қазіргі уақытта негізінен табиғи топырақ түзілу факторларымен анықталатынын және ауыр металдармен ластану белгілерін көрсетпейтінін растайды.

Қорытынды. Қостанай облысы Денисов ауданының ауылшаруашылық топырақтарының егістік қабатындағы ауыр металдардың жылжымалы формаларының мөлшерін ICP-OES әдісімен зерттеу зерттелетін ауылшаруашылық алқаптары топырақтарының геохимиялық жай-күйінің ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттелетін аумақ топырақтарының егістік қабатында ауыр металдар мен күшән металлоидының (Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe, As) жылжымалы формаларының концентрациялары анықталды. Олардың орташа мәндері мыналарды құрады: As – 0,176 мг/кг, Zn – 0,662 мг/кг, Cd – 0,042 мг/кг, Pb – 0,253 мг/кг, Ni – 3,357 мг/кг, Cr – 0,357 мг/кг, Fe – 25,89 мг/кг.

Зерттелетін учаске топырақтарындағы элементтер мөлшерінің өзгергіштік дәрежесі әртүрлі екені анықталды. Ең төмен өзгергіштік Ni, Cd және As үшін тән болды (BK < 20 %), бұл олардың мөлшерінің негізінен табиғи факторлармен бақыланатынын көрсетеді. Орташа өзгергіштік Pb, Zn және Cr үшін байқалды, ал темір топырақ ортасындағы миграциясы мен жинақталу ерекшеліктеріне байланысты жоғары өзгергіштік дәрежесімен сипатталды (BK > 40 %).

Алынған концентрацияларды шекті жол берілетін концентрациялар нормативтерімен салыстыру зерттелген элементтердің жылжымалы формаларының мөлшері Қазақстан Республикасында белгіленген санитариялық-гигиеналық нормативтерден аспайтынын көрсетті. Бұл топырақтардың ауыр металдармен техногендік ластануының жоқ екенін дәлелдейді.

Ерекше назар никельге аударылады, оның ең жоғары мөлшері (3,82 мг/кг) белгіленген ШРК нормативінің (4,0 мг/кг) шамамен 95%-ына жетеді, бұл негізінен литогендік факторлармен түсіндіріледі. Осы аумақ топырақтарындағы никель мөлшеріне жүйелі мониторинг жүргізу мақсатқа сай деп есептеледі.

Қаржыландыру бойынша ақпарат. Зерттеу жұмыстары 2024 жылы Ахмет Байтұрсынұлы атындағы ҚӨУ-де 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру аясында BR24992839 «Қостанай облысының ауыл шаруашылығы жерлері мен өнімдеріне экотоксиканттар мен инновациялық агротехнологиялардың әсерін зерттеу» тақырыбындағы жобасы негізінде жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Il'in V.B. **Heavy metals in the soil-crop system** [Text] / V.B. Il'in // Eurasian Soil Science. – 2007. – Vol. 40. – P. 993-999. DOI: 10.1134/S1064229307090104.
2. **Водяницкий Ю.Н. Топырақтағы ауыр металдар мен металлоидтар** [Мәтін] / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ В.В. Докучаев атындағы Топырақтану институты РАСХН, 2008. – 164 б.
3. **Водяницкий Ю.Н. Топырақтардың ауыр металдармен және металлоидтармен ластануы және олардың экологиялық қауіптілігі (аналитикалық шолу)** [Мәтін] / Ю.Н. Водяницкий // Топырақтану. – 2013. – № 46(7). – Б. 793–801.
4. **Wan Y. Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies** [Text] / Y. Wan, J. Liu, Z. Zhuang // Toxics. – 2024. – Vol. 12, № 1. – P. 63. DOI: 10.3390/toxics12010063.
5. **Soleimani H. Ecological risk assessment and heavy metals accumulation in agriculture soils** [Text] / H. Soleimani, B. Mansouri, A. Kiani // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, № 3. – e14580. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14580.
6. **Глазовская М.А. КСРО табиғи және техногендік ландшафттарының геохимиясы** [Мәтін] / М.А. Глазовская. – М.: Жоғары мектеп, 1988. – 328 б.
7. **Перельман А.И. Ландшафт геохимиясы** [Мәтін] / А.И. Перельман. – М.: Жоғары мектеп, 1975. – 342 б.
8. **Kakabayev A.A. Impact of Environmental Conditions on Soil Geochemistry in Southern Kazakhstan** [Text] / A.A. Kakabayev, B.U. Sharipova, N.V. Baranovskaya [т.б.] // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 15. – P. 6361. DOI: 10.3390/su16156361.

9. Yapiyev V. **Top soil physical and chemical properties in Kazakhstan across a north-south gradient** [Text] / V. Yapiyev, C.P. Gilman, T. Kabdullayeva // *Scientific Data*. – 2018. – Vol. 5. – P. 180242. DOI: 10.1038/sdata.2018.242.
10. Ramazanova E. **Stochastic Risk Assessment of Urban Soils Contaminated by Heavy Metals in Kazakhstan** [Text] / E. Ramazanova, S.H. Lee, W. Lee // *Science of the Total Environment*. – 2021. – Vol. 750. – P. 141535. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141535.
11. Zhyrgalova A. **Assessment of Potential Ecological Risk of Heavy Metal Contamination of Agricultural Soils in Kazakhstan** [Text] / A. Zhyrgalova, S. Yelemessov, B. Ablaihan [т.б.] // *Brazilian Journal of Biology*. – 2024. – Vol. 84. – e280583. DOI: 10.1590/1519-6984.280583.
12. Gataulina G. **Ecological and Geochemical Characteristics of the Content of Heavy Metals in Steppe Ecosystems of the Akmola Region, Kazakhstan** [Text] / G. Gataulina, Y. Mendybaev, N. Aikenova [т.б.] // *Sustainability*. – 2025. – Vol. 17, № 14. – P. 6576. DOI: 10.3390/su17146576.
13. Евстифеев Ю.Г. **Қазақ КСР-нің топырақтары. 6-шығарылым. Қостанай облысы** [Мәтін] / Ю.Г. Евстифеев. – Алма-Ата: Қаз КСР ҒА, 1966. – 416 б.
14. Chen L. **Spatial and Temporal Distribution and Source Analysis of Heavy Metals in Agricultural Soils of Ningxia, Northwest of China** [Text] / L. Chen, K. Ma // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, № 21. – P. 15360. DOI: 10.3390/su152115360.
15. МЕСТ 17.4.3.01-2017. **Табиғатты қорғау. Топырақтар. Үлгі алуға қойылатын жалпы талаптар**. – М.: Стандартинформ, 2018.
16. **Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2023 жылғы 13 қарашадағы № 156 бұйрығы** «Топырақ сапасына қойылатын санитарлық-эпидемиологиялық талаптар» Санитарлық қағидаларын бекіту туралы».
17. ГН 2.1.7.2041-06 **Гигиеналық нормативтер. Топырақтағы химиялық заттардың шекті рұқсат етілген концентрациялары (ШПК)**. – М.: Роспотребнадзордың гигиена және эпидемиология федералды орталығы, 2006.

REFERENCES:

1. Il'in V.B. **Heavy metals in the soil-crop system**. *Eurasian Soil Science*, 2007, vol. 40, pp. 993-999. DOI: 10.1134/S1064229307090104.
2. Vodyanickij Yu.N. **Tyazhely'e metally' i metalloidy' v pochvah** [Heavy metals and metalloids in soils]. Moscow, GNU Pochvenny'j institut im. V.V. Dokuchaeva RASHN, 2008. 164 p. (In Russian)
3. Vodyanickij Yu.N. **Zagryaznenie pochv tyazhely'mi metallami i metalloidami i ih e'kologicheskaya opasnost' (analiticheskij obzor)** [Contamination of soils with heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review)]. *Pochvovedenie*, 2013, vol. 46, no. 7, pp. 793-801. (In Russian)
4. Wan Y., Liu J., Zhuang Z., Wang Q., Li H. **Heavy metals in agricultural soils: sources, influencing factors, and remediation strategies**. *Toxics*, 2024, vol. 12, no. 1, art. 63. DOI: 10.3390/toxics12010063.
5. Soleimani H., Mansouri B., Kiani A., et al. **Ecological risk assessment and heavy metals accumulation in agriculture soils**. *Heliyon*, 2023, vol. 9, no. 3, art. e14580. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14580.
6. Glazovskaya M.A. **Geohimiya prirodny'h i tehnogenny'h landshaftov SSSR** [Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR]. Moscow, Vy'sshaya shkola, 1988, 328 p. (In Russian)
7. Perelman A.I. **Geohimiya landshafta** [Landscape geochemistry]. Moscow, Vy'sshaya shkola, 1975, 342 p. (In Russian)
8. Kakabayev A.A., Sharipova B.U., Baranovskaya N.V., et al. **Impact of environmental conditions on soil geochemistry in Southern Kazakhstan**. *Sustainability*, 2024, vol. 16, no. 15, art. 6361. DOI: 10.3390/su16156361.
9. Yapiyev V., Gilman C.P., Kabdullayeva T., et al. **Top soil physical and chemical properties in Kazakhstan across a north-south gradient**. *Scientific Data*, 2018, vol. 5, art. 180242. DOI: 10.1038/sdata.2018.242.
10. Ramazanova E., Lee S.H., Lee W. **Stochastic risk assessment of urban soils contaminated by heavy metals in Kazakhstan**. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 750, art. 141535. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141535.
11. Zhyrgalova A., Yelemessov S., Ablaihan B., Aitkhozhayeva G., Zhildikbayeva A. **Assessment of potential ecological risk of heavy metal contamination of agricultural soils in Kazakhstan**. *Brazilian Journal of Biology*, 2024, vol. 84, art. e280583. DOI: 10.1590/1519-6984.280583.
12. Gataulina G., Mendybaev Y., Aikenova N., et al. **Ecological and geochemical characteristics of the content of heavy metals in steppe ecosystems of the Akmola region, Kazakhstan**. *Sustainability*, 2025, vol. 17, no. 14, art. 6576. DOI: 10.3390/su17146576.
13. Evstifeev Yu.G. **Pochvy' Kazakhskoj SSR. Vy'pusk 6. Kustanayskaya oblast'** [Soils of the Kazakh SSR. Issue 6. Kustanai region]. Alma-Ata, Izd-vo AN KazSSR, 1966, 416 p. (In Russian)

14. Chen L., Ma K. **Spatial and temporal distribution and source analysis of heavy metals in agricultural soils of Ningxia, Northwest of China.** *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 21, art. 15360. DOI: 10.3390/su152115360.

15. **MEST 17.4.3.01-2017. Tabigatty korghau. Topyraktar. Ylgi alugha qojylatatyn zhalpy talapttar** [GOST 17.4.3.01-2017. Environmental Protection. Soils. General Sampling Requirements]. Date of implementation: 2018-06-01, Moscow, Standartinform, 2018, 16 p. (In Kazakh)

16. **Kazakstan Respublikasy Densaulyk saktau ministrinin 2023 zhylygy 13 karashadadagy № 156 bujrygy «Topyrak sapasyna kojylatatyn sanitarlyk-epidemiologiyalyk talapttar» Sanitarlyk kaghidalaryn bekitu turaly** [Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan No. 156 dated November 13, 2023. "On the approval of sanitary rules "Sanitary-epidemiological requirements for the quality of soil"]. 19 p. (In Kazakh)

17. **GN 2.1.7.2041-06. Gigienicheskie normativy'. Predel'no dopustimy'e koncentracii (PDK) khimicheskikh veshhestv v pochve** [Hygienic Standards. Maximum permissible concentrations of chemical substances in soil]. Moscow, Federal'ny'j centr gigeny' i e'pidemiologii Rospotrebnadzora, 2006. 27 p. (In Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

Нугманов Алмабек Батыржанович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ ауыл шаруашылығы ғылымдары факультетінің деканы, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: almabek.nugmanov@bk.ru.

Ысқақ Алия – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, инновациялық технологиялар ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Муканов Тамерлан Маратович – биология мамандығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының магистрі. «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: tamerlan.mukanov@gmail.com.*

Дәулеткелді Гүлнұр Нұрланқызы – «7М01503 Химия» БББ бағдарламасының 1 курс магистранты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Нугманов Алмабек Батыржанович – к.с.-х.н., декан факультета сельскохозяйственных наук НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: almabek.nugmanov@bk.ru.

Ысқақ Алия – к.с.-х.н., директор научно-исследовательского института инновационных технологий НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Муканов Тамерлан Маратович – магистр естественных наук по специальности биология, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: tamerlan.mukanov@gmail.com.*

Дәулеткелді Гүлнұр Нұрланқызы – магистрант 1 курса ОП «7М01503 Химия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Nugmanov Almabek Batyrzhanovich – Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of agricultural sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: almabek.nugmanov@bk.ru.

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Innovative Technologies, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: alia-almaz@mail.ru.

Mukanov Tamerlan Maratovich – Master of Natural Sciences (Biol.), Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e-mails: tamerlan.mukanov@gmail.com.*

Dauletkeldy Gulnur Nurlanovna – 1-st year Master's student, "7M01503 – Chemistry" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., e- mails: gulnuradauletkel@gmail.com.