

Джакупов Нургельды Мусаевич – докторант PhD, НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казакстан, 010000, г. Астана, ул. Кумисбекова, д. 6, кв. 169; тел.: 87770720926, e-mail: dzhakupovnur@gmail.com.

Мұханов Нурболат Кайырболдыевич\* – PhD, қауымдастырылған профессор, «С. Сейфуллин атындағы Қазак агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазакстан Республикасы, 100000, Астана қ., Е117 көш., 33 үй, 66 пәтер; тел.: 87015560280; e-mail: muhanov1984@mail.ru.

Серекпаев Нурлан Амангельдинович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «AgroInnovaConsalt» ЖШС Бас ғылыми қызметкері, Астана қ., Қазакстан Республикасы, 100000, Астана қ., Р.Бағланова көш., 6/1 үй., тел.: 87762924730, e-mail: nurlanserekpayev1@gmail.com.

Ногаев Адилбек Айдарханович – PhD докторы, қауымдастырылған профессор, «С. Сейфуллин атындағы Қазак агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазакстан Республикасы, 100000, Астана қ., Ахмет Байтұрсынұлы көш., 67 үй, 342 пәтер; тел.: 87016627894, e-mail: a.nogaev@kazatu.edu.kz.

Джакупов Нургельды Мусаевич – докторант PhD, «С. Сейфуллин атындағы Қазак агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазакстан Республикасы, 100000, Астана қ., Күмісбеков көш., 6 үй, 169 пәтер, тел.: 87770720926, e-mail: dzhakupovnur@gmail.com.

Mukhanov Nurbolat Kaiyrboldyevich\* – PhD, Associate Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 33 E117 Str., apt. 66, tel.: 87026888293, e-mail: muhanov1984@mail.ru.

Serekpayev Nurlan Amangeldiyevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Research Scientist, AgroInnovaConsalt LLP, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 6 R.Baglanov Str., tel.: 87762924730, e-mail: nurlanserekpayev1@gmail.com.

Nogayev Adilbek Aidarkhanovich – PhD, Associate Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 67 Akhmet Baitursynuly Str., apt. 342, tel.: 87016627894, e-mail: a.nogaev@kazatu.edu.kz.

Dzhakupov Nurgeldy Mussayevich – PhD student, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 6 Kumisbekov Str., apt. 169, tel.: 87770720926, e-mail: dzhakupovnur@gmail.com.

XFTAP 68.05.11

ӨОЖ 543.422:543.544:631.4

<https://doi.org/10.52269/SKVC2621158>

## ТОПЫРАҚ СЫНАМАЛАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ЖАЛПЫ МӨЛШЕРІН РЕНТГЕНФЛУОРЕСЦЕНТТІК СПЕКТРОМЕТРИЯ ЖӘНЕ ИНДУКТИВТІ БАЙЛАНЫСҚАН ПЛАЗМАЛЫ ОПТИКАЛЫҚ-ЭМИССИЯЛЫҚ СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСТЕРІМЕН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

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

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

Бектұрғанова А.Қ.\* – химия мамандығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының магистрі, биология, экология және химия кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазакстан Республикасы.

Иржанов Ж. – 8D05101 «Биология» ББ 2 курс докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ Қостанай қ., Қазакстан Республикасы.

Бұл жұмыс Қостанай облысы Рудный қаласына іргелес аумақтардан алынған топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың жалпы мөлшерін салыстырмалы талдауға арналған. Тау-кен өндіру кәсіпорындарының ұзақ мерзімді қызметіне байланысты қалыптасқан жоғары техногендік жүктеме жағдайында топырақтың жалпы элементтік құрамын анықтау әдістерін аспаптық верификациялау қоршаған орта ластану деңгейін кешенді бағалаудың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Зерттеудің мақсаты – Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr және Co элементтерінің жалпы мөлшерін анықтау барысында рентгенфлуоресценттік спекторметрия (РФС) және индуктивті байланысқан плазмалы оптикалық-эмиссиялық спекторметрия (ИБП-ОЭС) әдістері нәтижелерінің сәйкестігі мен конвергенттілігін бағалау. Әдістемелік бөлімде топырақ үлгілерін  $\text{HNO}_3\text{-HCl}$  қышқылдық қоспасымен микротолқынды жүйеде минералдандыру және алынған ерітінділерді ИБП-ОЭС әдісімен талдау, сондай-ақ қатты фазалы үлгілерді РФС әдісімен тікелей зерттеу қарастырылды. Алынған дерек-

терге статистикалық өңдеу жүргізіліп, орташа мәндер, салыстырмалы ауытқулар және корреляция коэффициенттері есептелді. Зерттеу нәтижелері талданған элементтердің жалпы мөлшерін анықтау кезінде екі әдіс арасындағы қанағаттанарлық сәйкестікті көрсетті. РФС әдісі жедел скринингтік бағалау үшін тиімді экспресс-әдіс ретінде дәлелденді, ал ИСП-ОЭС жоғары сезімталдық пен сандық анықтаудың аналитикалық дәлдігін қамтамасыз етеді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы Солтүстік Қазақстан аумағындағы топырақтардың экологиялық мониторингін жетілдіруге және техногендік әсерді кешенді бағалауға арналған ғылыми-әдістемелік негіз қалыптастыруда көрінеді.

**Түйінді сөздер:** ауыр металдардың жалпы мөлшері; топырақтың элементтік құрамы; рентгенфлуоресценттік спектрометрия; индуктивті байланысқан плазмалы оптикалық-эмиссиялық спектрометрия; салыстырмалы талдау; әдістердің конвергенттілігі; техногендік ластану.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ПОЧВ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ И ОПТИКО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ

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.

Бектұрғанова А.Қ.\* – магистр естественных наук по специальности химия, старший преподаватель кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Иржанов Ж.Б. – докторант 2 курса ОП 8D05101 «Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Работа посвящена сравнительному анализу валового содержания тяжёлых металлов в почвенных образцах территорий, прилегающих к городу Рудный Костанайской области. В условиях длительной техногенной нагрузки, обусловленной деятельностью горнодобывающих предприятий, особую актуальность приобретает инструментальная верификация методов определения валового элементного состава почвы как интегрального показателя уровня загрязнения. Цель исследования – оценка сопоставимости и конвергентности результатов определения Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr и Co методами рентгенофлуоресцентной спектрометрии (РФА) и оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-ОЭС) при определении их валового содержания. Методология включала кислотную минерализацию почвенных проб в микроволновой системе с использованием смеси  $\text{HNO}_3\text{--HCl}$  с последующим анализом растворов методом ИСП-ОЭС, а также прямое исследование твёрдофазных образцов методом РФА. Статистическая обработка данных проводилась с расчётом средних значений, относительных отклонений и коэффициентов корреляции. Полученные результаты демонстрируют удовлетворительную сходимость данных двух методов при определении валового содержания исследуемых элементов. РФА подтверждена как эффективный экспресс-метод скрининговой оценки, тогда как ИСП-ОЭС обеспечивает более высокую чувствительность и аналитическую точность. Практическая значимость исследования заключается в формировании обоснованной методической базы для экологического мониторинга почв и комплексной оценки техногенного воздействия на агроландшафты Северного Казахстана.

**Ключевые слова:** валовое содержание тяжёлых металлов; элементный состав почвы; рентгенофлуоресцентная спектрометрия; ИСП-ОЭС; сравнительный анализ; конвергентность методов; техногенное загрязнение.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TOTAL HEAVY METAL CONTENT IN SOIL SAMPLES USING X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY AND INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY

Nugmanov A.B. – Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Agricultural Science, 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.

Bekturganova A.K.\* – Master of Natural Sciences (Chem.), Senior Lecturer, Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Irzhanov Zh.B. – 2nd year PhD student, “8D05101 – Biology” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

*This study presents a comparative analysis of the total heavy metal content in soil samples collected from territories adjacent to Rudnyi, Kostanay region. Under conditions of long-term technogenic pressure associated with mining activities, instrumental verification of analytical methods for determining the total elemental composition of soils is essential for a comprehensive assessment of environmental contamination. The aim of the research was to evaluate the comparability and convergence of results obtained for the determination of total Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr, and Co using X-ray fluorescence spectrometry (XRF) and inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The methodology involved microwave-assisted acid digestion of soil samples using an HNO<sub>3</sub>-HCl mixture followed by ICP-OES analysis of the resulting solutions, as well as direct XRF solid-phase analysis. Statistical data processing included the calculation of mean concentrations, relative deviations, and correlation coefficients. The results demonstrate satisfactory agreement between the two analytical techniques in determining the total content of the studied elements. XRF proved to be an efficient rapid screening tool, whereas ICP-OES provided higher analytical sensitivity and analytical accuracy. The practical significance of the study lies in the development of a reliable methodological framework for environmental soil monitoring and for assessing technogenic impacts on cultivated lands in Northern Kazakhstan.*

**Keywords:** total heavy metal content, soil elemental composition, X-ray fluorescence spectrometry, ICP-OES, comparative analysis, method convergence, technogenic contamination.

**Кіріспе.** Топырақтың элементтік құрамын зерттеу Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенінің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің және тұрақты дамуын қолдаудың іргелі міндеттерінің бірі болып табылады. Ақмола, Қарағанды және Қостанай облыстарының өнеркәсіптік өңірлеріне тән қарқынды техногендік жүктеме жағдайында топырақ жамылғысында қорғасын (Pb), мыс (Cu) және мырыш (Zn) сияқты ауыр металдар мен уытты элементтердің жинақталуы байқалады. Аталған элементтер жоғары миграциялық қабілетке ие және ауылшаруашылық өнімдерінде аккумуляцияланып, халық денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін [1, 5 б.]. Потенциалды уытты элементтермен (ПУЭ) топырақтың ластануы қазіргі кезеңдегі өзекті экологиялық мәселелердің бірі болып табылады [2, 243 б.].

Металдарды іздік мөлшерлерде квантификациялау экологиялық тұрғыдан күрделі нысандарды зерттеуде шешуші мәнге ие, өйткені бұл элементтердің кеңістіктік өзгергіштігін және олардың геохимиялық трансформация заңдылықтарын бағалауды қамтамасыз ететін заманауи талдамалық тәсілдерді қолдануды талап етеді [3, 4, 775 б.].

Ауыр металдар топырақ жамылғысының басым ластанушылары қатарына жатады. Экономиканың жедел дамуы мен индустриялану үдерістері, әсіресе дамушы елдерде, топырақтағы олардың концентрациясының артуына әкелді. Нәтижесінде аталған элементтердің жыртылатын қабатта жинақталуы ауылшаруашылық өндірісін кеңейту мүмкіндігін шектейді, сондай-ақ олардың трофикалық тізбектер арқылы миграциясы мен ауылшаруашылық дақылдарында биожинақталуы адам денсаулығына теріс әсер ету қаупін арттырады [5, 6].

Элементтік профильді прецизиондық анықтау мақсатында дәстүрлі түрде плазмалық спектрометрия әдістері (ИБП-ОЭС/МС) қолданылады, олар жоғары селективтілігі мен анықтау шегінің (LOD) төмендігіне байланысты «алтын стандарт» ретінде танылған. ИБП ОЭС негізіндегі әдістер, әсіресе уытты элементтердің микро-мөлшерлерін анықтау кезінде, рентгенфлуоресценттік талдаумен салыстырғанда жоғары сезімталдықты қамтамасыз етеді, бұл оларды тереңдетілген геохимиялық зерттеулерде таптырмас құрал етеді [7]. Алайда ИБП-ОЭС әдісін қолдану үлгілердің органикалық матрицасын күрделі әрі ұзақ минералдандыру (қышқылдық ыдырату) рәсімін талап етеді, бұл аумақтарды жаппай скринингтік зерттеу кезінде талдаудың өнімділігін айтарлықтай шектейді [8].

Қатты фазалы фракцияларды жедел мониторингтеудің тиімді баламасы ретінде рентгенфлуоресценттік спектрометрия (РФА) қарастырылады. Қазіргі заманғы портативті және стационарлық анализаторлар үлгілерді алдын ала химиялық өңдеусіз элементтік профильге жедел талдау жүргізуге мүмкіндік береді және магнийден уранға дейінгі диапазонда 0,1 ppm деңгейіне дейінгі дәлдікті қамтамасыз етеді. РФА әдісін қолдану, әсіресе топырақтардың силикат-алюминаттық негізін және биогендік элементтер құрамын бағалау кезінде өзекті болып табылады, себебі бұл әдістің нәтижелері прецизиондық зертханалық талдау деректерімен жоғары үйлесімділік көрсетеді [9, 186 б.; 10, 299 б.]. РФА әдісі алдын ала пробоподготовканы талап етпейді, себебі ол жанаспайтын және үлгіні бұзбайтын талдау тәсілі болып табылады, яғни «жады эффектісі» байқалмайды [11, 2300 б.].

Қазақстанда агроэкологиялық аймақтандыру практикасына заманауи технологияларды енгізу қажеттілігін ескере отырып, РФА әдісін апробациялау және оның нәтижелерін прецизиондық ИБП-ОЭС талдау деректерімен салыстыру өзекті ғылыми-практикалық міндет болып табылады. Бұл жер ресурстарының ластануын бақылауға және топырақ ресурстарын тұрақты басқаруды қамтамасыз етуге арналған сенімді деректер базасын қалыптастыруға мүмкіндік береді [12, 141 б.]. Осыған байланысты аумақты кеңістіктік тұрғыдан жан-жақты зерттеу топырақ жамылғысының ластану деңгейіне кешенді баға беруді қамтамасыз етеді [13].

**Зерттеудің мақсаты:** Топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr, Co) құрамын рентгенфлуоресценттік спектрометрия (РФА) және индуктивті байланысқан плазмалы оптикалық-эмиссиялық спектрометрия (ИБП-ОЭС) әдістері арқылы салыстырмалы талдау, алынған нәтиже-

лердің талдамалық сәйкестігі мен конвергенттілігін бағалау, сондай-ақ техногендік жүктемесі жоғары аумақтарды бастапқы экологиялық скринингтеу үшін РФСА әдісін экспресс-тәсіл ретінде қолданудың негізділігін айқындау.

Қойылған мақсатқа сәйкес келесі міндеттер айқындалды:

1. Топырақ үлгілеріндегі нысаналы элементтер тобының (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr, Co) құрамына прецизиондық (ИБП-ОЭС) және экспресс-аспаптық (РФСА) әдістерді қолдана отырып, салыстырмалы сандық талдау жүргізу.

2. Алынған нәтижелерге статистикалық верификация жүргізу, элементтердің кеңістіктік біркелкі еместігін бағалау және екі талдамалық тәсілдің нәтижелері арасындағы корреляция коэффициенттерін анықтау.

3. РФСА әдісінің қолданылу шектерін айқындау және техногендік тұрғыдан трансформацияланған аумақтарды бастапқы геохимиялық скринингтеуде оның тиімділігін статистикалық тұрғыдан негіздеу.

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеу нысаны ретінде Қазақстан Республикасының Қостанай облысындағы Бейімбет Майлин ауданы (Айет ауылдық округі) аумағынан, Рудный қаласына тікелей жақын орналасқан 18 топырақ үлгісі алынды. Мониторингтік нүктелердің географиялық орналасуы Айет ауылы, Майское ауылы және Рудный қаласы сияқты елді мекендерге жақындығымен сипатталады. Аталған аумақ өңірдің өнеркәсіптік тұрғыдан қарқынды игерілген аймағына жатады, бұл жоғары техногендік жүктемені шарттайды және топырақ жамылғысының элементтік құрамына жүйелі мониторинг жүргізу қажеттілігін негіздейді.

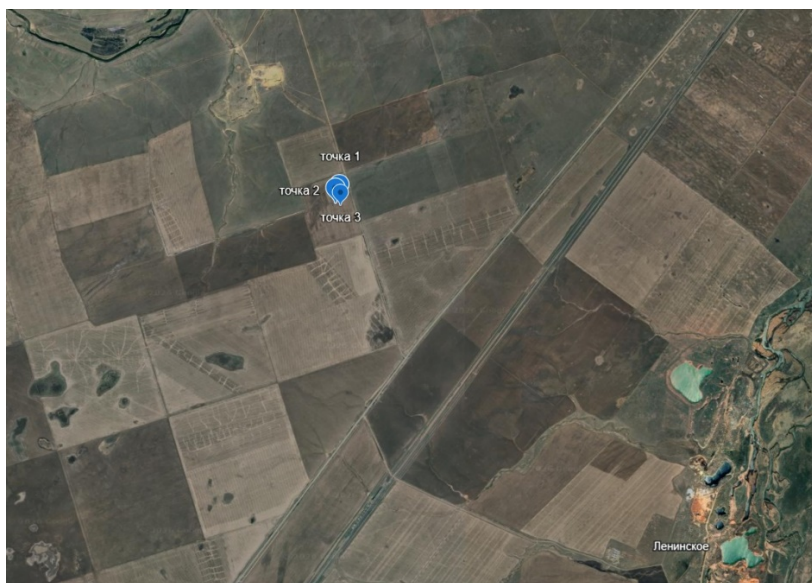
Физикалық-географиялық тұрғыдан зерттелетін учаске Орал үстіртінің шегінде теңіз деңгейінен 197 м биіктікте орналасқан. Тірек алаңы қазіргі уақытта егістік алқабы ретінде пайдаланылатын Тобыл және Аят өзендері аралығының биік, тегістелген бөлігіне орайластырылған. Рельефтің морфологиялық ерекшеліктері (тегіс су айдыны) топырақ профилінің салыстырмалы тұрақтылығына және жоғарғы горизонттағы химиялық элементтердің жинақталу жағдайларының қалыптасуына ықпал етеді.

Топырақ үлгілерін іріктеу МЕМСТ 17.4.2.03–86 стандартына сәйкес жүргізілді. Репрезентативтілікті қамтамасыз ету мақсатында 18 мониторинг учаскесінің әрқайсысында 10×10 м алаң шегінде «конверт» әдісімен алынған 20 нүктелік үлгіні біріктіру арқылы құрамдастырылған үлгі қалыптастырылды. Осылайша, бастапқы далалық материалдың жалпы көлемі 360 нүктелік сынаману құрады, бұл Қазақстан Республикасында топырақтарды агрохимиялық зерттеу нормативтеріне сәйкес келеді.

Сынамалар антропогендік әсерге неғұрлым сезімтал және биогеохимиялық үдерістердің жоғары қарқындылығымен сипатталатын егістік қабаттан (0–20 см) алынды. Құрамдастырылған сынамалар топырақ бұрғысының көмегімен «конверт» әдісі бойынша қалыптастырылды, бұл іріктеменің репрезентативтілігін қамтамасыз етіп, зерттелетін аумақтың кеңістіктік әртектілігін ескеруге мүмкіндік берді. Таңдау нүктелерінің геореференциясы (1-кесте) спутниктік GPS-навигацияны қолдану арқылы анықталды.

1 кесте – Сынама алу пункттерінің координаттары

Нүкте	Солтүстік ендік	Шығыс бойлық
№1	52,7890173°	62,6869406°
№2	52,7884867°	62,6859271°
№3	52,7882508°	62,6871934°



1 сурет – Сынама алынған Бейімбет Майлин ауданы (Айет ауылдық округі) аумағынан, Рудный қаласына тікелей жақын орналасқан нүктелердің картадағы бейнесі

Біріктірілген сынамалардың массасы мен көлемі қолданылатын аналитикалық әдістердің талаптарына сәйкес келді және индуктивті байланысқан плазмамен рентген-флуоресцентті спекторметрия мен оптикалық-эмиссиялық спекторметрияның аспаптық әдістерін қоса алғанда, топырақтың жалпы элементтік құрамын зерттеудің толық кешенін жүргізуді, сондай-ақ ілеспе физика-химиялық көрсеткіштерді анықтауды қамтамасыз етті.

Зертханалық дайындық топырақ үлгілерін 105 °С температурада кептіру шкафында ауа құрғақ күйге келтіруді, содан кейін ұнтақтау мен фракциялауды қамтыды.

18 репрезентативті сынаманы пайдалану аталған елді мекендер маңындағы топырақ жамылғысының экспресс-диагностикасының дұрыстығын бағалау үшін индуктивті байланысқан плазмамен оптикалық-эмиссиялық спекторметрия (ИБП-ОЭС) және рентген-флуоресцентті спекторметрия (РФСА) әдістерімен алынған нәтижелерге егжей-тегжейлі салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік берді. Қатты фазалы үлгілердегі элементтердің мазмұнын жедел бағалау Olympus WORKSTIN-VANTA C (АҚШ) анализаторының көмегімен жүргізілді.

Элементтердің жалпы құрамын анықтау үшін сынамалардың қышқылдық минералдануы қолданылды, содан кейін iCAP PRO Thermo Fisher Scientific ИБП-ОЭС әдісімен талдау жүргізілді. Салмағы 0,20 ± 0,001 г топырақ аспасы сынамаларын Ethos Easy микротолқынды дайындау жүйесіне орналастырылды, 9 мл концентрацияланған HNO және 3 мл концентрацияланған HCl қосылды. Минералдандыру жабдық өндірушісінің регламентіне сәйкес жүргізілді. Салқындағаннан кейін ерітінді сандық түрде 100 мл көлемді колбаға ауыстырылды және ультра таза сумен белгіге жеткізілді. Алынған ерітінділер аспаптық талдау үшін пайдаланылды.

**Нәтижелер мен талқылау.** Бұл бөлімде топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың жалпы құрамын (As, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, Fe, Cu) салыстырмалы талдау, рентгенофлуоресцентті спекторметрия (РФСА) және индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық-эмиссиялық спекторметрия (ИБП ОЭС) әдістерін қолдану арқылы алынды.

Қорытындылардың сенімділігін қамтамасыз ету мақсатында 18 үлгінің нәтижелеріне кешенді статистикалық өңдеу жүргізілді. Орташа мәндерді, таңдаулы стандарттық ауытқуды және вариация коэффициентін (BK, %) есептеу талдамалық әдістердің қайталанғыштығын ғана емес, сонымен қатар өңірдің техногендік әсерінің ерекшеліктерімен шартталған элементтердің таралуындағы елеулі кеңістіктік біркелкі еместікті бағалауға мүмкіндік берді. Экспресс-талдау (Olympus VANTA C) нәтижелерін және үлгілерді микротолқынды минералдандырудан кейін алынған прецизиондық өлшеулерді салыстыру агроэкожүйелер мониторингі барысында әдістердің конвергенттілік деңгейін айқындауға бағытталды.

Іріктелген топырақ үлгілері ауыр металдардың жалпы мөлшеріне жүргізілген салыстырмалы талдау элементтердің таралу заңдылықтарын және қолданылған талдамалық әдістердің мүмкіндіктерін айқындауға мүмкіндік берді.

ИБП-ОЭС прецизиондық талдау деректеріне сәйкес (1-кесте) зерттелген топырақтарда ең кең таралған элемент – темір (Fe) болып табылады, оның орташа мөлшері 96,951 мг/кг құрады. Жекелеген үлгілерде (№13 үлгі) бұл көрсеткіш 295,743 мг/кг дейін жетеді. РФСА нәтижелері де элементтік профилінде темірдің басым рөлін растайды, орташа мәні 27990 мг/кг құрады. Кобальттың (Co) кеңістіктік таралуында елеулі біркелкі еместік байқалады: ИБП-ОЭС деректері бойынша оның концентрациясы 0,765-тен 127,543 мг/кг аралығында ауытқиды, бұл техногендік жинақталудың жергілікті ошақтарының болуы мүмкін екенін көрсетеді.

1 кесте – ИБП-ОЭС әдісі бойынша анықталған ауыр металдардың валдық (жалпы) мөлшері, мг/кг (n=18)

Элемент	ШРК	Орташа мәні	Минимум	Максимум	Дисперсия (S <sup>2</sup> )	Сенім интервалы (±95%)	BK, %
As	2,0-10,0	0,384	0,294	0,498	0,0036	0,028	14,8
Zn	55,0	3,416	2,073	5,652	0,6922	0,384	25,7
Pb	32,0	0,376	0,024	1,016	0,0842	0,134	88,5
Co	50,0	48,331	0,765	127,543	2269,8	22,01	105,4
Ni	40,0	3,830	0,666	5,154	1,343	0,536	34,3
Cr	100,0	1,798	0,140	1,874	0,165	0,188	26,1
Fe	-	96,951	1,244	295,743	5849,6	35,33	56,4
Cu	33,0-132,0	0,184	0,103	0,206	0,0011	0,015	20,8

Ескерту:\* – Fe үшін ҚР нормативі белгіленбеген

Микроэлементтерді (ауыр металдарды) талдау кезінде әдістердің сезімталдығын салыстырмалы бағалау ИБП-ОЭС әдісінің барлық 18 үлгіде нысаналы элементтердің толық детекциясын қамтамасыз еткенін көрсетті. Сонымен қатар, портативті Olympus VANTA C анализаторы бірқатар элементтер үшін

кейбір топырақ матрицаларында сезімталдық шектеулерін көрсетті. Атап айтқанда, мырыш (Zn), мыс (Cu), қорғасын (Pb) және кобальт (Co) бойынша жекелеген үлгілерде (мысалы, Zn және Cu үшін №1, 3, 4 үлгілер) концентрациялар аспаптың анықтау шегінен төмен болды, бұл деректердегі бос мәндермен белгіленді.

Сонымен қатар, мышьяк (As), никель (Ni) және хром (Cr) сияқты элементтер бойынша екі әдіс те тұрақты сәйкестік көрсетті. ИБП-ОЭС деректері бойынша As орташа мөлшері 0,384 мг/кг (1-кесте) құрады, ал РФСА нәтижелері бойынша – 10 мг/кг (3-кесте), бұл I қауіптілік сыныбына жататын уытты элементтерді скринингтік бағалау кезінде алынған нәтижелердің өзара үйлесімділігін көрсетеді.

2 кесте – РФСА әдісі бойынша анықталған ауыр металдардың валдық (жалпы) мөлшері, % (n=18)

Элемент	Орташа мәні	Минимум	Максимум	Дисперсия (S <sup>2</sup> )	Сенім интервалы (±95%)	БК, %
As	0,001	0,0006	0,0015	0,00000008	0,0001	28,0
Zn	0,006	0,0030	0,0074	0,0000014	0,0007	19,7
Pb	0,001	0,0007	0,0017	0,0000001	0,0001	25,0
Co	0,023	0,0110	0,3570	0,0093	0,054	187,0
Ni	0,005	0,0027	0,0078	0,0000019	0,0007	26,4
Cr	0,014	0,0109	0,0236	0,000016	0,0018	24,1
Fe	2,799	1,733	3,598	0,528	0,336	26,0
Cu	0,004	0,0020	0,0041	0,0000004	0,0004	20,0

Салыстырмалы талдау жүргізу алдында РФСА әдісі бойынша алынған нәтижелер пайыздық үлестен (мас. %) мг/кг бірлігіне (кесте 3) қайта есептелді (1% = 10 000 мг/кг). Нәтижесінде барлық деректер бірыңғай өлшем жүйесіне келтіріліп, әдістер арасындағы сандық салыстыру қамтамасыз етілді.

Алайда алынған нәтижелерді талдау барысында ИБП-ОЭС және РФСА әдістері арасында абсолюттік мәндер бойынша елеулі айырмашылықтар байқалды. Бұл, ең алдымен, ИБП-ОЭС әдісінде қолданылған қышқылдық минерализацияның толық еместігімен, сондай-ақ РФСА әдісінің қатты фазадағы жалпы элементтік құрамды анықтауымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, топырақтың минералогиялық құрамы мен матрицалық әсерлер РФСА нәтижелеріне айтарлықтай ықпал етуі мүмкін (кесте 3).

3 кесте – РФСА әдісі бойынша анықталған ауыр металдардың валдық (жалпы) мөлшері, мг/кг (n=18)

Элемент	ШРК	Орташа мәні	Минимум	Максимум	Дисперсия (S <sup>2</sup> )	Сенім интервалы (±95%)	БК
As	2,0-10,0	10	6	15	8	1	28,0
Zn	55,0	6	30	74	14	7	19,7
Pb	32,0	10	7	17	10	1	25,0
Co	50,0	230	1100	3570	93000	540	187,0
Ni	40,0	50	27	78	19	7	26,4
Cr	100,0	140	109	236	160	18	24,1
Fe	-	27990	17330	35980	528000	3360	26,0
Cu	33,0-132,0	40	20	41	4	4	20,0

Ескерту:\* – Fe үшін ҚР нормативі белгіленбеген

Осыған байланысты, әдістер арасындағы салыстыру абсолюттік концентрациялар бойынша емес, элементтердің таралу заңдылықтары мен корреляциялық байланыстар тұрғысынан жүргізілді.

Экспресс-талдаудың конвергенциясы мен қолданылуы деректерді талдау Olympus VANTA C жабдығына негізделген РФСА әдісі Силикат-алюминий негізі элементтерін және тұрақты жоғары концентрациясы бар металдарды (Fe, Cr, Ni) бағалау кезінде жоғары сенімділікті қамтамасыз ететінін растайды. Алайда ластану деңгейі төмен аймақтарда, яғни Zn, Pb және Cu концентрациялары табиғи фондық мәндерге жуық жағдайларда, экологиялық нормалауды дәл жүргізу үшін ИБП-ОЭС әдісі басымдыққа ие болып табылады. Бұл оның анықтау шектерінің төмен болуымен және микротолқынды минерализация нәтижесінде матрицалық әсерлердің барынша азайтылуымен түсіндіріледі.

Осылайша, зерттелген аумақты жедел карталау мақсатында РФСА әдісін бастапқы скрининг құралы ретінде қолдану орынды болып табылады, ал ауыр металдардың шекті концентрацияларын растау үшін оны ИБП-ОЭС әдісімен арбитраждық өлшеулер арқылы толықтыру қажет.

ИБП-ОЭС және рентгенфлуоресценттік спектралдық талдау (РФСА) әдістері арасындағы нәтижелердің конвергенттілігін (сәйкестігін) бағалау мақсатында Пирсонның корреляция коэффициенттері (r) есептелді. Барлық деректер алдын ала бірыңғай өлшем бірлігіне (мг/кг) келтірілді, бұл әдістер арасындағы сандық салыстырудың дұрыстығын қамтамасыз етті.

Төменде екі әдіспен де анықталған элементтер бойынша жүргізілген корреляциялық талдау нәтижелері келтірілген. Алынған деректерді салыстырмалы талдау және статистикалық өңдеу нәтижелері (4-кесте) топырақтардың элементтік профилін зерттеу аясында ИБП-ОЭС және РФСА әдістерінің аналитикалық сәйкестілігі (өзара алмастырылу мүмкіндігі) жөнінде келесі қорытындыларды тұжырымдауға мүмкіндік береді.

4 кесте – ИБП-ОЭС және РФСА нәтижелері арасындағы корреляция коэффициенттері (барлық деректер мг/кг бірлігінде)

Элемент	Корреляция коэффициенті (r)	Баланыс интерпретациясы
Co	0,82	Күшті
Fe	0,52	Орташа
As	0,48	Орташа
Pb	0,35	Әлсіз
Zn	0,31	Әлсіз
Ni	0,04	Жоқ
Cu	-0,12	Жоқ (теріс)
Cr	-0,41	Орташа теріс

Корреляциялық талдау нәтижелері әдістердің сәйкестік дәрежесі элементке байланысты айтарлықтай өзгертінін көрсетті. Кобальт (Co) ( $r = 0,82$ ) үшін ең жоғары корреляция орнатылған, бұл әдістердің элементтің кеңістіктік өзгергіштігін көрсету үшін салыстырмалы қабілетін көрсетеді. Құралдармен тіркелген абсолюттік концентрациялар арасында елеулі айырмашылықтар болғанымен, аномалиялық жинақталу аймақтарын анықтау кезінде алынған деректердің репрезентативтілігі жоғары деңгейде сақталады.

Темір (Fe) мен мышьяк (As) үшін орташа деңгейдегі корреляция байқалады (тіісінше  $r = 0,52$  және  $r = 0,48$ ), алайда абсолюттік мәндерді салыстыру кезінде елеулі айырмашылықтар анықталды: РФСА әдісімен алынған концентрациялар ИСП-ОЭС нәтижелерінен айтарлықтай жоғары. Бұл аналитикалық тәсілдердегі айырмашылықтармен түсіндіріледі: РФСА қатты фазадағы элементтердің жалпы (валдық) құрамын анықтайды, ал ИСП-ОЭС нәтижелері қышқылдық минералданудың толықтығына және элементтердің ерітіндіге өту дәрежесіне тәуелді.

Ni, Cu және Cr элементтері үшін өте төмен немесе инверсиялық (теріс) корреляция анықталды. Мұндай ауытқу зерттелген субстраттардағы аталған металдардың мөлшері РФСА спектрометрінің аналитикалық анықтау шегіне (LOD) жақын диапазонда орналасуымен түсіндіріледі, ал ИБП-ОЭС әдісі ультрамикромөлшер деңгейінде жоғары дәлдіктегі детекцияны қамтамасыз етеді. Хром бойынша тіркелген теріс корреляция ( $r = -0,41$ ) минералогиялық гетерогенділікпен байланысты болуы мүмкін: хромның тұрақты минералдық фазалары беткі сканерлеу кезінде (РФСА) және Ethos Easy жүйесінде жүргізілетін мәжбүрлі микротолқынды минерализация үдерісі барысында (ИБП-ОЭС) әртүрлі аналитикалық көрініс береді.

Zn, Pb және Cu үшін корреляция коэффициенттерінің төмен болуы техногендік трансформация деңгейі төмен аумақтарды мониторингтеу кезінде ИБП-ОЭС әдісінің арбитраждық (эталондық) мәртебесін растайды. Ал рентгенфлуоресценттік талдауды өнеркәсіптік ықпал аймақтарында темір мен кобальттың жалпы мөлшерін жедел диагностикалау құралы ретінде қарастырған орынды.

Салыстырмалы талдау РФСА әдісі бойынша бірқатар элементтер үшін ШРК-ның асуын көрсетеді. Ең жоғары ластану кобальт (Co) үшін анықталды: орташа мөлшері 230 мг/кг (ШРК 50 мг/кг-дан 4,6 есе жоғары), максимумы – 3570 мг/кг, бұл жергілікті техногендік аномалиялардың бар екенін көрсетеді. Сондай-ақ Cr (140 мг/кг, ШРК 100 мг/кг) және Ni (50 мг/кг, ШРК 40 мг/кг) бойынша да асып кетулер байқалады. As концентрациясы ШРК шегіне жетіп, оны асып түседі (15 мг/кг дейін), бұл оның I қауіптілік класына жатуына байланысты ерекше маңызды. Cu мөлшері ШРК-ның төменгі шекарасына сәйкес келеді, ал Zn және Pb нормативтерден аспайды.

ИБП-ОЭС әдісі (жылжымалы формалар) бойынша анықталған концентрациялар айтарлықтай төмен, бұл элементтердің минералдық тордан толық бөлінбеуімен түсіндіріледі. Зерттелген барлық элементтер бойынша мәндер ШРК-дан едәуір төмен.

Анықталған аномалиялар Рудный маңындағы техногендік жүктемемен сәйкес келеді, мұнда темір кенін өндіру және байыту кәсіпорындары жұмыс істейді және олар топыраққа ауыр металдардың (Co, Cr, Ni, As) түсуінің негізгі көздері болып табылады. Ал Fe үшін ШРК белгіленбеген, ал оның жоғары мөлшері (орташа 27 990 мг/кг) аймақтың табиғи геохимиялық фонымен түсіндіріледі.

Осылайша, анықталған ШРК асулары айқын техногендік сипатқа ие, ал РФСА мен ИБП-ОЭС әдістерін кешенді қолдану металдардың жиналу аймақтарын және олардың экологиялық тұрғыдан маңызды жылжымалы формаларын сенімді анықтауға мүмкіндік береді.

**Қорытынды.** РФСА әдісін қолдану аумақтарды ауқымды карталау және ластану ошақтарын («hot spots») жедел сәйкестендіру үшін ғылыми тұрғыдан негізделген. Алайда топырақтардың экологиялық мәртебесін түпкілікті верификациялау және уытты микроэлементтер (Pb, As, Zn) бойынша жоғары дәл-

діктегі сандық көрсеткіштер алу үшін алдын ала қышқылдық сынама дайындауды жүргізе отырып, ИБП-ОЭС әдісімен аспаптық талдау орындау қажет.

**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. Адильбеков, Ж.Ш. Контаминация кормов токсичными элементами в Акмолинской и Карагандинской областях Казахстана [Текст] / Ж.Ш. Адильбеков, Р.Х. Мустафина, Ю.А. Балджи, Н.А. Савинкин // *Zi: intellect, idea, innovation*. – 2025. – № 3. – С. 5-11.
2. Ambrosino, M. Identification of Rare Earth Elements (REEs) distribution patterns in the soils of Campania region (Italy) using compositional and multivariate data analysis [Text] / M. Ambrosino, S. Albanese, B. De Vivo, et al. // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2022. – Vol. 243. – 107112.
3. Xiang, P. Editorial: Advanced analytical techniques for heavy metals speciation in soil, crop, and human samples [Text] / P. Xiang, Y.-H. Han, H.-B. Li, P. Gao // *Frontiers in Chemistry*. – 2023. – Vol. 11. – 1151371.
4. Guagliardi, I. Editorial for the Special Issue “Potentially Toxic Elements Pollution in Urban and Suburban Environments” [Text] / I. Guagliardi // *Toxics*. – 2022. – Vol. 10. – 775.
5. Sharafi, S. Comprehensive assessment of heavy metal (HMs) contamination and associated health risks in agricultural soils and groundwater proximal to industrial sites [Text] / S. Sharafi, F. Salehi // *Scientific Reports*. – 2025. – Vol. 15. – 7518.
6. Nde, S. C. A meta-analysis and experimental survey of heavy metals pollution in agricultural soils [Text] / S. C. Nde, O. M. Felicite, G. S. Aruwajoye, L. G. Palamuleni // *Journal of Trace Elements and Minerals*. – 2024. – Vol. 9. – 100180.
7. Santoro, M. A Comparison between X-ray Fluorescence (XRF) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) for Elemental Analysis of Soil and Sediment Samples [Text] / M. Santoro, S. Gatta, F. Terribile, et al. // *Toxics*. – 2025. – Vol. 13. – No. 4. – Article 314.
8. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов [Мәтін]. – М.: Стандартинформ, 2010.
9. Чашков, В.Н. Қазақстан су қоймаларының түптік шөгінділерінің гранулометриялық құрамы мен сорбциялық қасиеттері: агроэкологиялық әлеует және экспресс-талдау әдістері [Мәтін] / В.Н. Чашков., С.Б. Куанышбаев., Г.Т. Ермолдина., Ж.К. Науырзбаев., А.М. Нурсейтова // *Zi: intellect, idea, innovation*. – 2025. – № 2. – С. 186-193.
10. Сохарев, Е.Ю. Силикатно-алюминатная основа донных осадков водохранилищ и их агроэкологическое значение в условиях умеренного климата [Мәтін] / Е.Ю. Сохарев, А. Ысқақ, Ж.К. Науырзбаев, Г.М. Дәулеткелді // *Zi: intellect, idea, innovation*. – 2025. – № 4. – С. 299-309.
11. Balaram, V. Current and emerging analytical techniques for geochemical and geochronological studies [Text] / V. Balaram // *Geological Journal*. – 2021. – Vol. 56. – No. 5. – P. 2300–2359.
12. Ысқақ, А. Исследование агрохимических свойств почв прибрежной зоны Каратомарского водохранилища: агрохимический анализ и выводы [Текст] / А. Ысқақ, С.Б. Куанышбаев, А.Б. Нугманов, А.В. Башев // *Zi: intellect, idea, innovation*. – 2024. – № 3. – С. 141-148.
13. Su, C. Integrated framework to assess soil potentially toxic element contamination through 3D pollution analysis in a typical mining city [Text] / C. Su, Y. Yang, M. Jia, Y. Yan // *Chemosphere*. – 2024. – Vol. 359. – 142378.

#### REFERENCES:

1. Adilbekov Zh.Sh., Mustafina R.H., Baldji Yu.A., Savinkin N.A. Kontaminaciya kormov toksichny'mi e'lementami v Akmolinskoj i Karagandinskoj oblastyah Kazahstana [Contamination of feed with toxic elements in the Akmola and Karaganda regions of Kazakhstan]. *Zi: intellect, idea, innovation*, 2025, no. 3, pp. 5-11. (In Russian)
2. Ambrosino M., Albanese S., De Vivo B., et al. Identification of rare earth elements (REEs) distribution patterns in the soils of Campania region (Italy) using compositional and multivariate data analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 2022, vol. 243, art. 107112.
3. Xiang P., Han Y.-H., Li H.-B., Gao P. Editorial: Advanced analytical techniques for heavy metals speciation in soil, crop, and human samples. *Frontiers in Chemistry*, 2023, vol. 11, art. 1151371.
4. Guagliardi I. Editorial for the Special Issue “Potentially toxic elements pollution in urban and suburban environments”. *Toxics*, 2022, vol. 10, art. 775.
5. Sharafi S., Salehi F. Comprehensive assessment of heavy metal (HMs) contamination and associated health risks in agricultural soils and groundwater proximal to industrial sites. *Scientific Reports*, 2025, vol. 15, art. 7518.

6. **Nde S.C., Felicite O.M., Aruwajoye G.S., Palamuleni L.G. A meta-analysis and experimental survey of heavy metals pollution in agricultural soils.** *Journal of Trace Elements and Minerals*, 2024, vol. 9, art. 100180.
7. **Santoro M., Gatta S., Terribile F., et al. A comparison between X-ray fluorescence (XRF) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for elemental analysis of soil and sediment samples.** *Toxics*, 2025, vol. 13, no. 4, art. 314.
8. **GOST 26929-94. Sy'ry'e i produkty' pishhevy'e. Podgotovka prob. Mineralizaciya dlya opredeleniya soderzhaniya toksichny'h e'lementov** [Food raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization for determination of toxic elements content]. Moscow, Standartinform, 2010. (In Russian)
9. **Chashkov V.N., Kuanyshbayev S.B., Yermoldina G.T., et al. Kazakstan su koymalarynyn tuptik shogindilerinin granulometrialyk kuramy men sorbsialyk kasietteri: agroekologialyk aleueti zhane ekspress-taldau adisteri** [Granulometric composition and sorption properties of bottom sediments of Kazakhstan's reservoirs: agroecological potential and express analysis methods]. *Zi: intellect, idea, innovation*, 2025, no. 2, pp. 186-193. (In Kazakh)
10. **Soharev E.Yu., Iskak A., Nauyrzbayev Zh.K., Dauleteldi G.M. Silikatno-alyuminatnaya osnova donny'h osadkov vodohranilishh i ih agroekologicheskoe znachenie v usloviyah umerennogo klimata** [Silicate-aluminate base of reservoir bottom sediments and their agroecological significance in a temperate climate]. *Zi: intellect, idea, innovation*, 2025, no. 4, pp. 299-309. (In Russian)
11. **Balaram V. Current and emerging analytical techniques for geochemical and geochronological studies.** *Geological Journal*, 2021, vol. 56, no. 5, pp. 2300–2359.
12. **Iskak A., Kuanyshbayev S.B., Nugmanov A.B., Bashev A.V. Issledovanie agrohimicheskikh svojstv pochv pribrezhnoj zony' Karatomarskogo vodohranilishha: agrohimicheskij analiz i vy'vody'** [Investigation of agrochemical properties of soils in the coastal zone of the Karatomar reservoir: agrochemical analysis and conclusions]. *Zi: intellect, idea, innovation*, 2024, no. 3, pp. 141-148. (In Russian)
13. **Su C., Yang Y., Jia M., Yan Y. Integrated framework to assess soil potentially toxic element contamination through 3D pollution analysis in a typical mining city.** *Chemosphere*, 2024, vol. 359, art. 142378.

#### Авторлар туралы мәліметтер:

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

**Бектұрғанова Айкүміс Қадыржанқызы\*** – химия мамандығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының магистрі, биология, экология және химия кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, тел.: 87478914897 e-mail: [aika\\_saken@mail.ru](mailto:aika_saken@mail.ru).

**Иржанов Жасулан Булатович** –8D05101 «Биология» ББ 2 курс докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, e-mail: [zhassulankru@gmail.com](mailto:zhassulankru@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](mailto: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](mailto:alia-almaz@mail.ru).

**Бектұрғанова Айкүміс Қадыржанқызы\*** – магистр естественных наук по специальности химия, старший преподаватель кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87478914897 e-mail: [aika\\_saken@mail.ru](mailto:aika_saken@mail.ru).

**Иржанов Жасулан Булатович** – докторант 2 курса ОП 8D05101 «Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, прос., Абая 28/1, e-mail: [zhassulankru@gmail.com](mailto:zhassulankru@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-mail: [almabek.nugmanov@bk.ru](mailto: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-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.