

Код МРНТИ 87.21.02

*D.K. Sunakbaeva¹, D.Kh. Yuldashbek¹, K.U. Aitekova², D.D. Kenzhaliyev²
¹*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan),*
²*Sherkhan Murtaza International Taraz University (Taraz, Kazakhstan)*

CHELATION OF HEAVY METALS IN CONTAMINATED SOILS OF MINING REGIONS OF KAZAKHSTAN USING VERMICOMPOST

Abstract. This study examines soil contamination by heavy metals in mining regions and evaluates the effect of vermicompost on their immobilisation. The accumulation of *Pb*, *Cd*, *Cu*, and *Zn* in Kazakhstan is associated with intensive mining and metallurgical activities, leading to soil degradation. Vermicompost produced with the participation of *Eisenia fetida* contains humic substances that promote metal chelation. It was found that its application reduces the mobility of heavy metals and increases the organic matter content in soil. The concentration of mobile *Pb* decreased from 120 to 40 mg/kg, with similar trends observed for *Cd*, *Cu*, and *Zn*. The effect is attributed to the formation of stable organometallic complexes. Vermicompost is shown to be an effective and environmentally friendly method for soil remediation.

Key words: heavy metals, soil contamination, vermicompost, chelation, soil remediation, mining regions.

Қазақстанның тау-кен аймақтарындағы ауыр металдармен ластанған топырақтың вермикомпост қолдану арқылы хелатталуы

Аннотация. Бұл зерттеуде тау-кен өндіру аймақтарындағы топырақтың ауыр металдармен ластануы және оларды иммобилизациялауда вермикомпосттың әсері қарастырылды. Қазақстанда *Pb*, *Cd*, *Cu* және *Zn* жиналуы қарқынды тау-кен және металлургиялық қызметпен байланысты, бұл топырақтың деградациясына әкеледі. *Eisenia fetida* қатысуымен алынған вермикомпост құрамында металдарды хелаттауға ықпал ететін гумустық заттар бар. Оның қолданылуы ауыр металдардың жылжымалылығын төмендетіп, топырақтағы органикалық заттардың мөлшерін арттыратыны анықталды. Жылжымалы *Pb* концентрациясы 120-дан 40 мг/кг-ға дейін төмендеді, ұқсас өзгерістер *Cd*, *Cu* және *Zn* үшін де байқалды. Бұл әсер тұрақты металлоорганикалық кешендердің түзілуімен түсіндіріледі. Вермикомпост топырақты қалпына келтірудің экологиялық қауіпсіз және тиімді әдісі болып табылады.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, топырақ ластануы, вермикомпост, хелатталу, топырақты қалпына келтіру, тау-кен аймақтары.

Хелатирование тяжелых металлов в загрязненных почвах горнодобывающих регионов Казахстана с использованием вермикомпоста

Аннотация. В данном исследовании изучено загрязнение почв тяжелыми металлами в горнодобывающих регионах и оценено влияние вермикомпоста на их иммобилизацию. Накопление *Pb*, *Cd*, *Cu* и *Zn* в Казахстане связано с интенсивной добычей и металлургией, что приводит к деградации почв. Вермикомпост, полученный с участием *Eisenia fetida*, содержит гумусовые вещества, способствующие хелатированию металлов. Установлено, что его применение снижает подвижность тяжелых металлов и повышает содержание органического вещества. Концентрация подвижного *Pb* снизилась с 120 до 40 мг/кг, аналогичные изменения отмечены для *Cd*, *Cu* и *Zn*. Эффект связан с образованием устойчивых металлоорганических комплексов. Вермикомпост эффективен как экологически безопасный метод ремедиации почв.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение почв, вермикомпост, хелатирование, ремедиация почв, горнодобывающие регионы.

Introduction

Soil contamination with heavy metals is one of the most serious environmental problems, particularly in regions with developed mining and metallurgical industries [1, 2]. During the processes of extraction, processing, and waste storage, significant amounts of toxic elements, including lead (*Pb*), cadmium (*Cd*), copper (*Cu*), zinc (*Zn*), nickel (*Ni*), and chromium (*Cr*), are released into the environment [3]. These elements are highly persistent under natural conditions, do not undergo biological decomposition, and can accumulate in soil ecosystems, negatively affecting microorganisms, plants, and human health [4].

In Kazakhstan, anthropogenic soil contamination is a serious environmental issue, most pronounced in regions with developed mining industries, such as East Kazakhstan, Karaganda, Pavlodar, and Turkestan [5]. Prolonged exploitation of mineral deposits, metallurgical-enterprise activities, and accumulation of industrial waste lead to the formation of zones with elevated heavy metal concentrations in soils [6]. Under such conditions, the natural functioning of soil ecosystems is disrupted, biological activity decreases, and the agrochemical properties of soils deteriorate.

One of the most promising approaches for the ecological remediation of contaminated soils is the use of organic amendments [7]. Of particular interest is vermicompost – a product of biological processing of organic waste by earthworms, characterised by a high content of humic substances, enzymes, amino acids, and biologically active compounds [8]. Due to its rich composition of organic compounds, vermicompost can significantly alter the physicochemical and biological properties of soil.

An important mechanism for reducing the toxicity of heavy metals when using organic amendments is chelation, in which metal ions are bound by functional groups of organic substances to form stable complex compounds [9]. Humic and fulvic acids present in vermicompost contain carboxyl, phenolic, and hydroxyl groups capable of forming stable organometallic complexes [10]. As a result of this process, metal mobility in the soil is reduced, along with their solubility and bioavailability to plants.

In addition, the application of vermicompost promotes an increase in organic matter content, improvement of soil structure, and enhancement of microbiological activity and enzymatic processes [11]. These changes play an important role in the restoration of degraded soil ecosystems and in reducing the environmental risks associated with heavy metal contamination.

Despite the considerable number of studies on contaminated soil remediation, the effectiveness of vermicompost for immobilising heavy metals under arid soil conditions in Kazakhstan remains insufficiently studied [12]. The experiment was conducted on soils affected by anthropogenic impact in one of the mining regions of Kazakhstan. The limited geographic coverage of the study should be considered when interpreting the results. The aim of this work is to investigate the chelation processes of heavy metals in contaminated soils upon vermicompost application and to assess its effect on metal mobility and soil property restoration.

Materials and Methods

The study was conducted on soils affected by anthropogenic impact in one of the mining districts of the East Kazakhstan

region, reflecting the local nature of the research. Soil samples with elevated heavy metal content were used as the study objects [1].

For the experiment, vermicompost obtained from the processing of organic waste by earthworms of the species *Eisenia fetida* was used [8]. Vermicompost was applied to the soil at various doses to assess its effect on soil chemical properties and metal mobility.

The physicochemical properties of the soils were determined using standard agrochemical analysis methods. The pH, organic matter content, and concentrations of heavy metals in mobile forms were measured [3, 9]. Mechanisms of heavy metal binding were evaluated based on changes in their solubility and interactions with the organic functional groups of humic substances.

Results

The application of vermicompost led to significant changes in the chemical properties of contaminated soils. An increase in organic matter and humic compounds was observed, along with the stabilisation of the soil pH.

The humic components of vermicompost actively interacted with heavy metal ions, forming stable complex compounds. Carboxyl, phenolic, and hydroxyl groups of humic substances act as ligands capable of binding metal ions through multiple coordination bonds. As a result, chelate complexes with high stability and low solubility were formed.

Long-term monitoring showed that these chelate complexes persist in the soil for several months after vermicompost application, ensuring stable immobilisation of heavy metals. This was accompanied by a reduction in metal mobility and decreased availability to plants throughout the observation period.

The concentration of mobile **Pb** decreased from 120 mg/kg in untreated soil to 40 mg/kg at a vermicompost dose of 20 t/ha, with a similar trend observed for **Cd**, **Cu** and **Zn** (Figures 1–4). In addition, vermicompost application increased soil organic matter content from 1.8% to 4.4%, which further contributed to metal immobilisation (Figure 5).

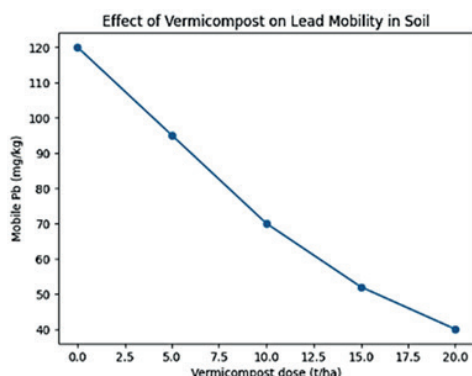


Figure 1. Effect of vermicompost application on Pb mobility in contaminated soil.

Сурет 1. Ластанған топырақтағы Pb жылжуына вермикомпостты қолданудың әсері.

Рис. 1. Влияние внесения вермикомпоста на подвижность Pb в загрязненной почве.

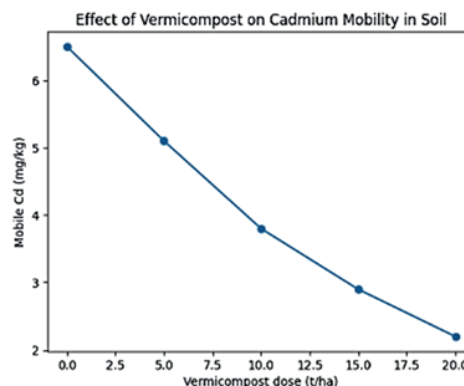


Figure 2. Effect of vermicompost application on Cd mobility in contaminated soil

Сурет 2. Ластанған топырақтағы Cd жылжуына вермикомпостты қолданудың әсері.

Рис. 2. Влияние внесения вермикомпоста на подвижность Cd в загрязненной почве.

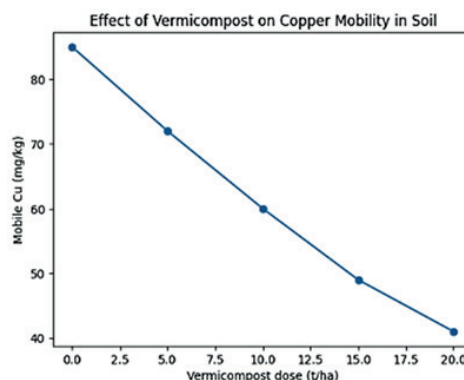


Figure 3. Effect of vermicompost application on Cu mobility in contaminated soil.

Сурет 3. Ластанған топырақтағы Cu жылжуына вермикомпостты қолданудың әсері.

Рис. 3. Влияние внесения вермикомпоста на подвижность Cu в загрязненной почве.

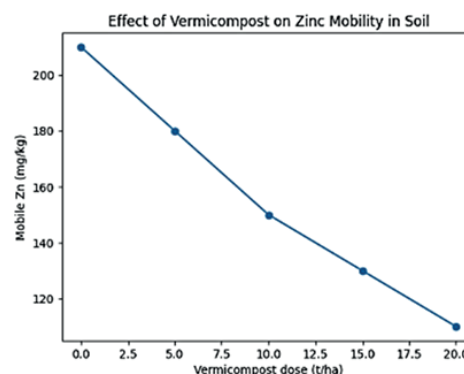


Figure 4. Effect of vermicompost application on Zn mobility in contaminated soil

Сурет 4. Ластанған топырақтағы Zn жылжуына вермикомпостты қолданудың әсері.

Рис. 4. лияние внесения вермикомпоста на подвижность Zn в загрязненной почве.

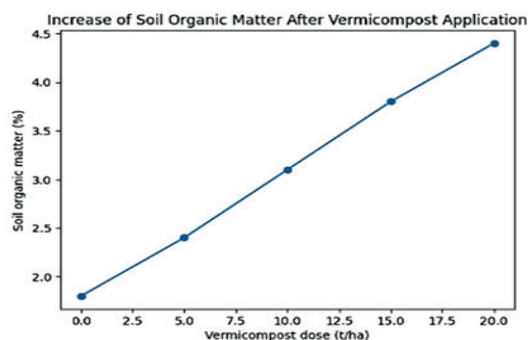


Figure 5. Increase in soil organic matter content after vermicompost application

Сурет 5. Топырақ құрамындағы органикалық заттардың вермикомпост қосқан кездегі жоғарылау көрсеткіштері.

Рис. 5. Увеличение содержания органического вещества в почве после внесения вермикомпоста.

Monitoring of soil biological activity indicated positive dynamics: microbial activity increased, contributing to the restoration of biological balance and enhancing the transformation of metals into stable organo-mineral forms. Thus, vermicompost application not only stabilises the chemical properties of the soil but also restores its bioactivity, providing comprehensive improvement of contaminated soil quality.

Discussion

The results obtained showed that the application of vermicompost has a significant effect on reducing the mobility of heavy metals in contaminated soils. With increasing doses of vermicompost, a consistent decrease in the concentrations of mobile forms of *Pb*, *Cd*, *Cu* and *Zn* was observed. The most pronounced reduction was noted for lead: its content decreased from 120 to 40 mg/kg at a vermicompost dose of 20 t/ha (Table 1). A similar trend was observed for cadmium, copper, and zinc, confirming the effectiveness of using an organic ameliorant for stabilising toxic elements.

The reduction in heavy metal mobility is associated with chelation processes due to the high content of humic substances in vermicompost. Humic and fulvic acids contain functional groups ($-COOH$, $-OH$, $-C=O$) capable of forming stable complex compounds with metal ions. The formation of organometallic complexes decreases the solubility of metals and limits their migration within the soil profile.

An additional factor in immobilisation is the increase in soil organic matter content. The experiment showed that vermicompost application increased the organic matter content from 1.8 to 4.4%, which contributes to improved soil structure, en-

Table 1
Effect of vermicompost on the mobility of heavy metals in contaminated soil

Кесте 1
Ластанған топырақтағы ауыр металдардың қозғалғыштығына вермикомпосттың әсері

Таблица 1
Влияние вермикомпоста на подвижность тяжелых металлов в загрязненной почве

Vermicompost dose (t/ha)	<i>Pb</i> (mg/kg)	<i>Cd</i> (mg/kg)	<i>Cu</i> (mg/kg)	<i>Zn</i> (mg/kg)	Soil organic matter (%)
0	120	6.5	85	210	1.8
5	95	5.1	72	180	2.4
10	70	3.8	60	150	3.1
15	52	2.9	49	130	3.8
20	40	2.2	41	110	4.4

hanced cation exchange capacity, and a greater ability to retain heavy metal ions.

The increase in organic matter also promotes the activation of microbiological processes. Soil microorganisms participate in metal transformation and the formation of stable organo-mineral complexes, which helps restore the biological activity of the soil ecosystem.

Thus, the application of vermicompost can be considered an effective and environmentally safe method for remediating contaminated soils, with promising potential for use in the mining regions of Kazakhstan.

Conclusion

The results of the study confirm the effectiveness of vermicompost application in reducing the mobility of heavy metals in contaminated soils. It was found that increasing the dose of vermicompost leads to a significant decrease in the concentrations of mobile forms of *Pb*, *Cd*, *Cu* and *Zn*. The primary mechanism for reducing metal mobility is chelation, resulting from the interaction of metal ions with the functional groups of humic substances.

In addition, the application of vermicompost promotes an increase in soil organic matter, improvement of its physico-chemical properties, and enhancement of biological activity. These changes play an important role in restoring the ecological condition of degraded soils.

Thus, the use of vermicompost represents a promising and environmentally safe technology for the remediation of contaminated soils in the mining regions of Kazakhstan. This approach helps reduce the bioavailability of heavy metals, limit their migration within the soil-plant system, and enhance the resilience of soil ecosystems.

REFERENCES

1. Ali H., Khan E., Ilahi I. (March 5, 2019). *Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation*. *Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305> (in English)
2. *Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety* / Toth G. [et al.] // *Environmental International*. 2018. V. 88. 299–309 pp. (in English)

3. Remediation of heavy metal contaminated soils by using *Solanum nigrum*: A review / Rehman M.Z.U. [et al.] // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2017. V. 143. 236–248 pp. (in English)
4. Chapter1 – Uptake and translocation mechanisms of metals/metalloids in plants through soil and water / Ulhassan Z. [et al.] // *Metals Metalloids Soil Plant Water Systems: Phytophysiology and Remediation Techniques*. 2022. 1–28 pp. (in English)
5. Faurat A., Azhayeve G., Shupshibayev K., Akhmetov K., Boribay E., Abylkhasanov T. (July 30, 2024). Assessment of Heavy Metal Contamination and Health Risks in «Snow Cover – Soil Cover – Vegetation System» of Urban and Rural Gardens of an Industrial City in Kazakhstan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph21081002> (in English)
6. Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment / Motuzova G.V. [et al.] // *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. V. 144 (B). 241–246 pp. (in English)
7. Beesley L., Moreno-Jiménez E., Gomez-Eyles J.L. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil // *Environmental Pollution*. 2010. V. 15 8(6). 2282–2287 (in English)
8. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics / Lim S. L. [et al.] // *Journal of the science of food and agriculture*. 2015. V. 95 (6). 1143–1156 pp. (in English)
9. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils--to mobilize or to immobilize? / Bolan N. [et al.] // *Journal of hazardous materials*. 2014. V. 266. 141–166 pp. (in English)
10. Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake / Shahid M. [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2017. V. 325. 36–58 pp. (in English)
11. Agegnehu G., Srivastava A.K., Bird M.I. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review // *Applied Soil Ecology*. 2017. V. 119. 156–170 pp. (in English)
12. Selecting chemical and ecotoxicological test batteries for risk assessment of trace element-contaminated soils (phyto)managed by gentle remediation options (GRO) / Kumpiene J. [et al.] // *Science of The Total Environment*. 2014. V. 496. 510–522 pp. (in English)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Али X., Хан Е., Илахи И. (2019 жылғы 5 наурыз). Қауіпті ауыр металдардың қоршаған ортадағы химиясы және экотоксикологиясы: қоршаған ортада тұрақтылық, уыттылық және биоқорлану // *Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305> (ағылшын тілінде)
2. Еуропалық Одақтың ауыл шаруашылығы топырақтарындағы ауыр металдар және азық-түлік қауіпсіздігіне әсері / Том Г. [және т. б.] // *Environmental International*. 2018. Т. 88. Б. 299–309 (ағылшын тілінде)
3. *Solanum nigrum* пайдаланып ауыр металмен ластанған топырақты қалпына келтіру: шолу / Рехман М.З.У. [және т. б.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017. Т. 143. Б. 236–248 (ағылшын тілінде)
4. Бөлім 1 – Өсімдіктерде металдар/металлоидтердің топырақ және су арқылы жұтылу және тасымалдану механизмдері / Ульхассан З. [және т. б.] // *Metals Metalloids Soil Plant Water Systems: Phytophysiology and Remediation Techniques*. 2022. Б. 1–28 (ағылшын тілінде)
5. Фоарат А., Ажаев Г., Шуншибаев К., Ахметов К., Борибай Е., Абылхасанов Т. (2024 жылғы 30 шілде). Қазақстандағы индустриалды қаладағы қала және ауыл бақшаларының «Қар жабын – Топырақ қабаты – Өсімдіктер жүйесі» бойынша ауыр металдармен ластану және денсаулық қауіптерін бағалау. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph21081002> (ағылшын тілінде)
6. Ауыр металдармен топырақтың ластануы қоршаған ортаға әлеуетті және нақты қауіп / Мотузова Г.В. [және т. б.] // *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. Т. 144 (B). Б. 241–246 (ағылшын тілінде)
7. Бизли Л., Морено-Хименес Е., Гомез-Эйлс Дж.Л. Биочар және жасыл қалдық компосттарын қосу топырақтағы әртүрлі ластанған заттардың қозғалғыштығы, биоқолданылуы және уыттылығына әсері // *Environmental Pollution*. 2010. Т. 158 (6). Б. 2282–2287 (ағылшын тілінде)
8. Органикалық ауыл шаруашылығында құмырсқақұрт компостын пайдалану: шолу, топыраққа әсері және экономикалық тиімділігі / Лим С.Л. [және т. б.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. Т. 95 (6). Б. 1143–1156 (ағылшын тілінде)

9. Ауыр металдармен (металлоидтармен) ластанған топырақты қалпына келтіру – қозғалту немесе тұрақтандыру керек пе? / Болан Н. [және т. б.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Т. 266. Б. 141–166 (ағылшын тілінде)
10. Өсімдіктерде жапырақ арқылы ауыр металдардың жұтылуы, уыттылығы және детоксикациясы: жапырақ және тамыр арқылы жұтылуды салыстыру / Шахид М. [және т. б.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2017. Т. 325. Б. 36–58 (ағылшын тілінде)
11. Агенеху Г., Сривстава А.К., Берд М.И. Биочар мен биочар-компосттың топырақ сапасын және егістік өнімділігін жақсартудағы рөлі: шолу // *Applied Soil Ecology*. 2017. Т. 119. Б. 156–170 (ағылшын тілінде)
12. Қалдықтарды жұмсақ қалпына келтіру әдістерімен (GRO) басқарылатын із элементтермен ластанған топырақтардың қауіптілігін бағалау үшін химиялық және экотоксикологиялық тест жиынтықтарын таңдау / Кумпиене Ж. [және т. б.] // *Science of The Total Environment*. 2014. Т. 496. Б. 510–522 (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Али Х., Хан Е., Илахи И. (5 марта 2019 г.). Экологическая химия и экотоксикология опасных тяжелых металлов: устойчивость в окружающей среде, токсичность и биоаккумуляция. *Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305> (на английском языке)
2. Тяжелые металлы в сельскохозяйственных почвах Европейского Союза и их значение для безопасности продуктов питания / Том Г. [и др.] // *Environmental International*. 2018. Т. 88. С. 299–309 (на английском языке)
3. Ремедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами, с использованием *Solanum nigrum*: обзор / Рехман М.З.У. [и др.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017. Т. 143. С. 236–248 (на английском языке)
4. Глава 1 – Механизмы поглощения и транспорта металлов/металлоидов в растениях через почву и воду / Ульхассан З. [и др.] // *Metals Metalloids Soil Plant Water Systems: Phytophysiology and Remediation Techniques*. 2022. С. 1–28 (на английском языке)
5. Фоарат А., Ажаев Г., Шупшибаев К., Ахметов К., Борибай Е., Абылхассанов Т. (30 июля 2024 г.). Оценка загрязнения тяжелыми металлами и рисков для здоровья в системе «Снежный покров – Почвенный покров – Растительность» городских и сельских садов промышленного города Казахстана. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph21081002> (на английском языке)
6. Загрязнение почв тяжелыми металлами как потенциальная и реальная угроза для окружающей среды / Мотузова Г.В. [и др.] // *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. Т. 144 (В). С. 241–246 (на английском языке)
7. Бизли Л., Морено-Хименес Е., Гомез-Эйлс Дж. Л. Влияние внесения биочара и компоста из зеленых отходов на подвижность, биодоступность и токсичность неорганических и органических загрязнителей в многокомпонентно загрязненной почве // *Environmental Pollution*. 2010. Т. 158 (6). С. 2282–2287 (на английском языке)
8. Использование вермикомпоста в органическом земледелии: обзор, влияние на почву и экономика / Лим С.Л. [и др.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. Т. 95 (6). С. 1143–1156 (на английском языке)
9. Ремедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами (металлоидов) – мобилизовать или иммобилизовать? / Болан Н. [и др.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Т. 266. С. 141–166 (на английском языке)
10. Поглощение тяжелых металлов листьями, токсичность и детоксикация растений: сравнение листового и корневого поглощения / Шахид М. [и др.] // *Journal of Hazardous Materials*. 2017. Т. 325. С. 36–58 (на английском языке)
11. Агенеху Г., Сривстава А.К., Берд М.И. Роль биочара и биочар-компоста в улучшении качества почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур: обзор // *Applied Soil Ecology*. 2017. Т. 119. С. 156–170 (на английском языке)
12. Выбор химических и экотоксикологических тестов для оценки риска почв, загрязненных микроэлементами, управляемых мягкими методами ремедиации (GRO) / Кумпиене Ж. [и др.] // *Science of The Total Environment*. 2014. Т. 496. С. 510–522 (на английском языке)

Information about the authors:

Sunakbaeva D.K., candidate of technical sciences, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0006-3727-4891>

Yuldashbek D.Kh., Master of Chemistry, Senior Researcher of the Research Institute «Ecology», Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkestan, Kazakhstan), davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-9342-7502>

Aйтекова К.У., candidate of technical sciences, assistant professor, Sherkhan Murtaza International Taraz University (Taraz, Kazakhstan), Aytekova1972@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8439-944X>

Kenzhaliyev D.D., master of agricultural sciences, assistant, Sherkhan Murtaza International Taraz University (Taraz, Kazakhstan), kenzhaliev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1455-9385>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сунакбаева Д.К., т.ғ.к., Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Юлдашбек Д.Х., химия магистрі, «Экология» ҒЗИ-ның аға ғылыми қызметкері, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Түркістан қ., Қазақстан)

Айтекова К.У., т.ғ.к., профессордың ассистенті, Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Кенжалиев Д.Д., ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, ассистент, Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті (Тараз қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Сунакбаева Д.К., к.т.н., Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

Юлдашбек Д.Х., магистр химии, старший научный сотрудник НИИ «Экология», Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави (г. Туркестан, Казахстан)

Айтекова К.У., к.т.н., ассистент профессора, Международный Таразский университет им. Шерхана Муртазы (г. Тараз, Казахстан)

Кенжалиев Д.Д., магистр сельского хозяйства, ассистент, Международный Таразский университет им. Шерхана Муртазы (г. Тараз, Казахстан)



СПТОКРАНЫ
WWW.CRANE-EXPO.RU

17-19 июня 2026
г. Москва, ВДНХ,
57 павильон

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СПТОКРАНЫ

СПЕЦТЕХНИКА И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ