

FTAMP: 87.21.81

DOI: 10.51886/1999-740X\_2025\_4\_16

**М.Р. Керимкулова<sup>1</sup>, Г.Н. Қасымжанова<sup>2\*</sup>, Е.О. Досжанов<sup>2,3</sup>,****А.Р. Керимкулова<sup>3,4</sup>, А.Н. Жумажанов<sup>2,3</sup>, Н.М. Асанбек<sup>2,3</sup>****НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ СОРБЕНТТЕР КӨМЕГІМЕН  
АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ ТАЗАЛАУ  
ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ**

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы,  
Абай даңғылы, 8, Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 050040, Алматы,  
Әл-Фараби даңғылы, 71, Қазақстан, \*e-mail: kasymzhanova2002@inbox.ru

<sup>3</sup>Жану проблемалары институты, 050015, Алматы,  
Бөгенбай батыр көшесі, 172, Қазақстан

<sup>4</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
050013, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22, Қазақстан

*Аңдатпа.* Бұл зерттеу жұмысында ауыр металдармен ластанған топырақты өсімдік қалдықтарынан жасалған наноқұрылымды сорбенттермен тазалау мүмкіндігі қарастырылған. Зерттеу нысаны ретінде Алматы, Семей, Ақтау және Риддер қалаларынан топырақ үлгілері алынған, оларға күріш қауызы, қарағай бүршігі және күнбағыс қауызыдарынан жасалған биосорбенттермен сорбция процесі жүргізілді. Сорбенттерді 800°C температурада аргон атмосферасында көміртектендіру арқылы дайындалған үлгілерге физика-химиялық зерттеулер (сканирлеуші электронды микроскопия СЭМ, Брунауэр-Эммет-Теллер (ВЕТ), рентген-флуоресцентті талдау РФТ) жүргізілді. Нәтижелер сорбенттердің жоғары кеуектілікке және дамыған беткі қабатқа ие екенін, бұл олардың адсорбциялық қабілетін арттыратынын көрсетті. 5 күндік адсорбция тәжірибелері бойынша марганец (Mn) және рубидий (Rb) ауыр металдары барлық сорбенттермен тиімді сорбцияланды (30-70 %). Бұл ретте күнбағыс қауызы рубидийді, қарағай бүршіктері марганец пен стронцийді, ал күріш қауызы темір мен рубидийді тиімді сіңіретінін көрсетті. Алынған нәтижелер өсімдік қалдықтарынан алынған көміртекті наносорбенттердің ауыр металдармен ластанған топырақты тиімді тазартуға қабілетті екенін және оларды экологиялық тұрғыдан қауіпсіз физико-химиялық әдісі ретінде қолдануға жарамды екенін көрсетеді.

*Түйінді сөздер:* биосорбент, ауыр металл, топырақ, көміртектендіру, наноқұрылымды сорбент.

**КІРІСПЕ**

Топырақтардың ауыр металдармен ластануы, Қазақстан үшін аса маңызды жаһандық экологиялық проблемалардың бірі болып табылады. Сарапшылардың бағалауы бойынша, әлемдегі 10 миллионнан астам ластанған аумақтардың 50% - дан астамында тұрақты ауыр металдар бар [1, 2]. Мұндай учаскелер металдардың жоғары концентрациясымен және экожүйелердің деградациясымен сипатталатын "brownfields" ("қоңыр аймақтар") деп

аталады. Қазақстанда қарқынды индустрияландыру және XX ғасырда экологиялық бақылаудың жеткіліксіздігі бірқатар өнеркәсіптік өңірлерде ауыр металдардың жинақталуына себеп болды [3]. Мәселен, Алматыда тау бөктеріндегі ойпатта орналасқан ірі мегаполис-Көлік және өнеркәсіп шығарындыларымен байланысты топырақта қорғасын, мырыш және мыстың едәуір жинақталуы тіркеледі [4]. Топырақтың ауыр металдармен ластану көздері жаһандық ауқымда пайдалы қазбалар-

ды өндіру және өңдеу, металлургия, ауыл шаруашылығы (тыңайтқыштар, пестицидтер), сондай-ақ қалдықтарды кәдеге жарату ережелерін сақтамау болып табылады, бұл осы элементтердің топырақ ортасына түсуіне және ұзақ уақыт бекітілуіне әкеледі [5].

Дәстүрлі әдістердің кейбірі (мысалы, тұрақтандыру) топырақтың құрылымы мен құнарлылығын сақтауға мүмкіндік берсе де, жағдайда қымбат немесе тиімсіз болуы мүмкін. Сондықтан, соңғы жылдары ауыр металдармен ластанған топырақтарды залалсыздандыру үшін адсорбциялық әдістерге, атап айтқанда биосорбенттерді қолдануға үлкен көңіл бөлінуде [5].

Биосорбенттер - қоршаған ортадан ластаушы заттарды сіңіруге және бекітуге қабілетті материалдар (өсімдік қалдықтары, ауылшаруашылық жанама өнімдері және т.б.). Оларды пайдалану экономикалық орындылығымен, қол жетімділігімен және экологиялық қауіпсіздігімен сипатталады. Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан алынған көміртекті сорбенттер (биочар) ерекше қызығушылық тудырады, олар су мен топырақтан ауыр металдарды шығаруда жоғары тиімділікті көрсетеді [6, 7]. Сорбция механизмдеріне кеуекті құрылымдағы физикалық адсорбция, катион алмасуы, сондай-ақ сорбент бетіндегі функционалдық топтармен өзара әрекеттесу жатады.

Өсімдік қалдықтарынан сорбенттерді алу қажет емес биомассаны пайдалану арқылы қоршаған ортаны тазартудың тиімді әдісі болып табылады. Ауыр металлдармен ластанған топырақты тазалауда перспективалық шикізаттар ретінде күріш, күнбағыс қауызы, үгінділер, жаңғақ қабығы, қарағай бүршігі және басқада көміртегіге бай материалдар қолданылады [8-11]. Олардан әдетте көміртектену процесіне ұшырау нәтижесінде, белсендірілген көмірге ұқсас дамыған кеуекті құрылымы бар материал пайда болады [12].

Топырақтың ауыр металдармен, оның ішінде Қазақстанның өнеркәсіптік өңірлерінде ластануының жоғары таралуын ескере отырып, қолжетімді және экологиялық қауіпсіз биосорбенттерді қолдану физико-химиялық перспективалық әдісі ретінде қарастырылады.

#### МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде Ақтау, Семей, Алматы, Риддер қалаларының ауыр металдармен ластанған топырақтары алынып зерттелінді. Бұл топырақтардың таңдап алыну себебі – аталған қала топырақтарында ауыр металл мөлшері көп және оны тазалау үшін наноқұрылымды биосорбенттер (күріш қауызы, қарағай жаңғағы және күнбағыс қауызы) пайдаланылады. Топырақтардың элементтік құрамы 1-4 кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Алматы қаласының топырақ үлгілерінің рентген-флуоресцентті талдау құрамы

Элемент	Мөлшері, масс. %	Инт, cps
Темір (Zn)	55,85	439,1
Марганец (Mn)	0,532	3,8
Мырыш (Zn)	0,455	2,2
Мыс (Cu)	0,363	1,7
Стронций (Sr)	1,43	5,9
Титан (Ti)	1,14	6,1
Рубидий (Rb)	1,06	4,6

Кесте 2 - Семей қаласының топырақ үлгілерінің рентген-флуоресцентті талдау құрамы

Элемент	Мөлшері, масс. %	Инт, cps
Темір (Zn)	66,74	482,3
Марганец (Mn)	0,80	5,7
Мырыш (Zn)	0,61	2,4
Мыс (Cu)	0,2	0,47
Стронций (Sr)	3,79	13,1
Титан (Ti)	1,07	5,9
Рубидий (Rb)	0,24	0,86
Хром (Cr)	0,16	1,4

Кесте 3 - Ақтау қаласының топырақ үлгілерінің рентген-флуоресцентті талдау құрамы

Элемент	Мөлшері, масс. %	Инт, cps
Темір (Zn)	44,16	378,2
Марганец (Mn)	0,53	94,2
Стронций (Sr)	0,98	5,3
Титан (Ti)	1,47	7,4

Кесте 4 - Риддер қаласының топырақ үлгілерінің рентген-флуоресцентті талдау құрамы

Элемент	Мөлшері, масс. %	Инт, cps
Темір (Zn)	66,93	530,0
Марганец (Mn)	0,53	4,1
Мырыш (Zn)	1,47	6,2
Мыс (Cu)	0,40	1,7
Стронций (Sr)	0,10	0,37
Титан (Ti)	1,47	9,3
Рубидий (Rb)	0,38	1,5

Биосорбенттерді көміртектендіру процесін жүргізу үшін вертикальды пеш қолданылды. Биосорбент ретінде таңдап алынған 3 үлгіден арқайсысынан 130 г өлшеп алып, болат реакторға салып, вертикальды пеште 800°C температурада, аргон газын жіберу арқылы инертті ортада 120 минут көміртектендірілді. Содан кейін алынған сорбенттер бөлме температурасына дейін суытылды.

Карбонизациядан кейін алынған көміртекті сорбентті бірнеше рет дистилденген сумен жуылып, жуу процесі кезінде үлгілердің рН мәні бейтарап деңгейге (~7) жеткенге дейін жүргізіл-

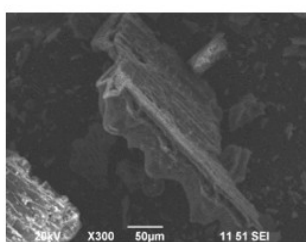
ді. Әр циклде үлгілер дистилденген сумен толтырылып, қыздыру арқылы қайнатылғаннан кейін су ауыстырылып отырды. Толық тазартылған үлгілерді кептіру шкафында 100°C температурада 12 сағат бойы кептірілді. Карбонизациядан кейін алынған құрғақ наноқұрылымды сорбенттерге физика-химиялық зерттеулер жүргізілді: морфологиясын анықтау үшін сканирлеуші электрондық микроскопия (СЭМ), меншікті беткі ауданын және кеуектілік сипаттамаларын бағалау үшін ВЕТ әдісі, сондай-ақ элементтік құрамын талдау үшін энергия-дисперсиялық спектралдық талдау (ЭДС) әдістері қолданылды.

### НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

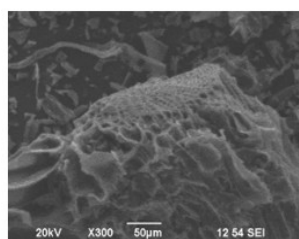
Сканерлеуші электронды-микроскопиялық талдау нәтижелері. 1-суретте (300 есе үлкейтілген) биосорбенттердің макроскопиялық беткі морфологиясы барлық үш биосорбенттің құрылымы күрделі, борпылдақ және талшықты сипатқа ие және бұл олардың жақсы дамыған беткі қабаты бар екенін көрсетеді. Беттік аймақта жарықшақтар мен кеуектердің болуы адсорбциялық

белсенділіктің жоғары болуына мүмкіндік жасайды.

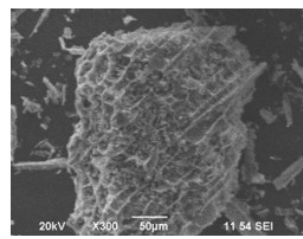
Биосорбенттердің 1000 есе үлкейтілген суреттерінде барлық үлгілерде жақсы дамыған кеуекті құрылымдар, арналар және жарықтар байқалып тұр. Бұл кеуектер мен арналар ауыр металл иондарын тиімді сіңіру үшін маңызды рөл атқарады. Кеуек диаметрінің әртүрлі болуы адсорбция процесінде металл иондарының бетке тартылуын жеңілдетуі мүмкін.



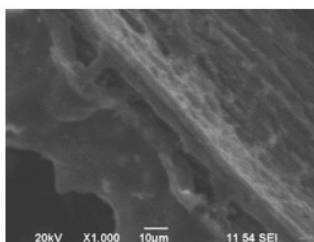
300 есе үлкейтілген  
(Күріш қауызы)



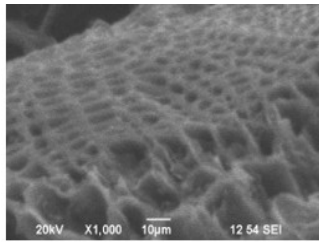
300 есе үлкейтілген  
(Қарағай жаңғағы)



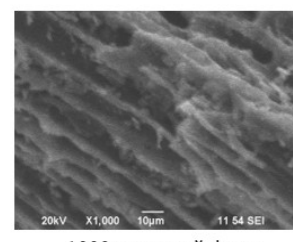
300 есе үлкейтілген  
(Күнбағыс қауызы)



1000 есе үлкейтілген  
(Күріш қауызы)



1000 есе үлкейтілген  
(Қарағай жаңғағы)



1000 есе үлкейтілген  
(Күнбағыс қауызы)

Сурет 1 - Күріш қауызы, қарағай жаңғағы және күнбағыс қауызының көміртектендіруден кейінгі түсірілген микросуреттері

Зерттелген материалдардың барлығының құрылымында жоғары меншікті беткі аумақты қамтамасыз ететін кеуекті аймақтар басым. Мұндай құрылым ауыр металдарды адсорбциялауға қолайлы жағдай туғызады, әрі алынған биосорбенттердің экологиялық тазарту үдерістерінде тиімді болатынын көрсетеді.

Брунауэр-Эммет-Теллер әдісінің талдау нәтижелері (ВЕТ). 2-суретте көрсетілгендей ВЕТ көп нүктелі талдау нәтижесі бойынша күріш қауызы негі-

зіндегі үлгінің меншікті беткі ауданы  $55.5918 \text{ м}^2/\text{г}$  құрайтыны анықталды. Бұл көрсеткіш материалдың жоғары адсорбциялық қасиетке ие екенін көрсетеді.

Берілген ВЕТ көпнүктелі талдау нәтижесі бойынша қарағай жаңғағы негізіндегі үлгінің меншікті беткі ауданы  $66.5662 \text{ м}^2/\text{г}$  болып анықталды. Бұл мән үлгінің адсорбциялық қабілетінің жоғары екенін және оны тиімді сорбент ретінде қолдануға болатынын көрсетеді.

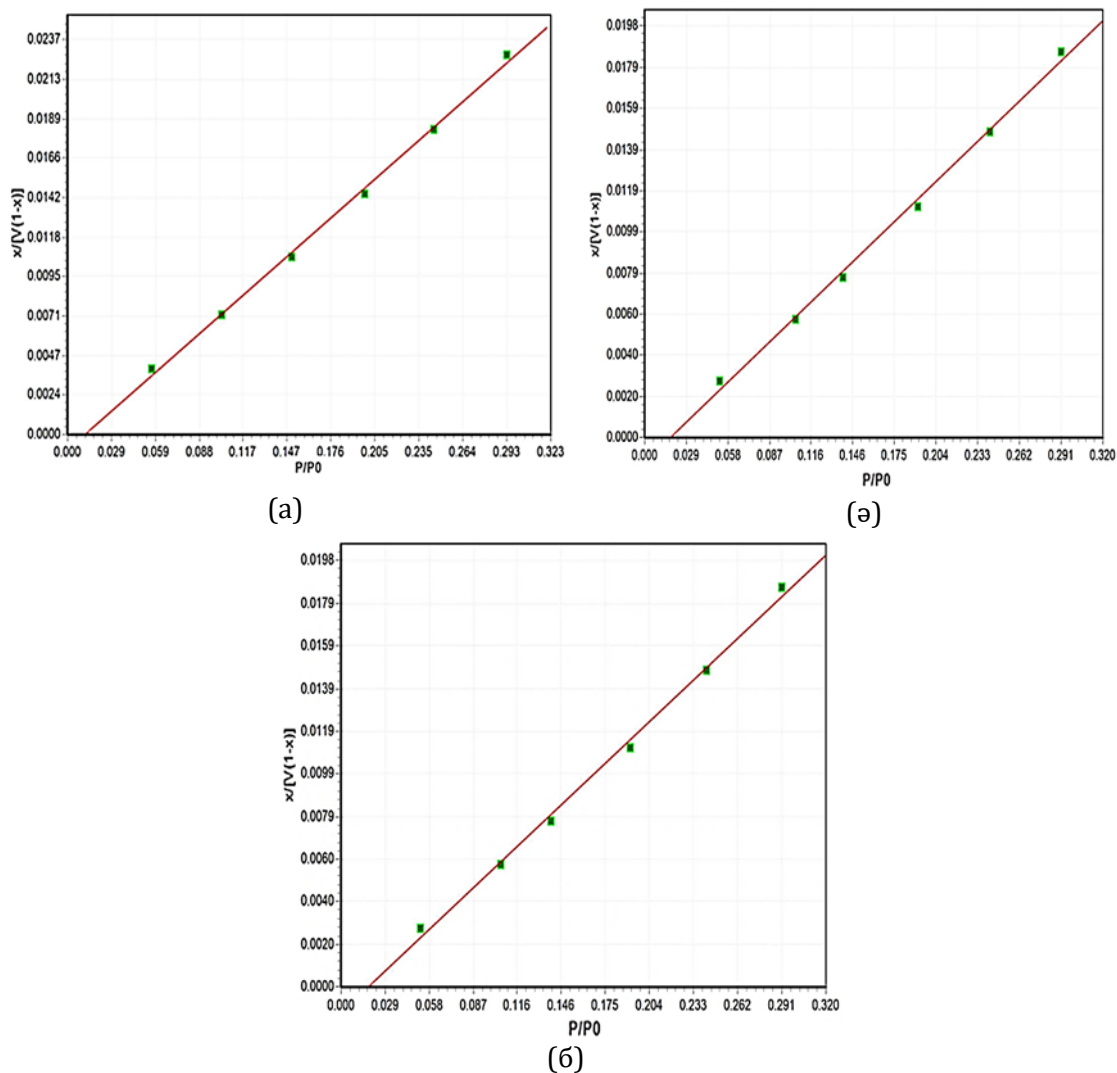
ВЕТ көпнүктелі талдау нәтижесі бойынша күнбағыс қауызы негізіндегі үлгінің меншікті беткі ауданы 83,0113 м<sup>2</sup>/г болып анықталды. Бұл көрсеткіш материалдың адсорбциялық белсенділігі жоғары екенін және тиімді сорбент ретінде пайдалануға болатынын дәлелдейді.

Әртүрлі биосорбенттердің ауыр металдарды сіңіру тиімділігі бойынша салыстыру.

3-суретте төрт қала (Алматы, Семей, Ақтау және Риддер) бойынша

ауыр металдардың сорбенттермен әртүрлі элементтерге (Fe, Mn, Ti, Sr, Rb) қатысты тазарту тиімділігі көрсетілген. Әр сорбенттің нақты элемент бойынша пайыздық тазалау тиімділігі диаграммаларда салыстырмалы түрде берілген.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде әртүрлі өсімдік қалдықтарынан жасалған сорбенттердің (күріш қауызы, қарағай бүршігі, күнбағыс қауызы) ауыр металдарды сорбциялау нәтижесін қалалар бойынша салыстыра қарағанда.



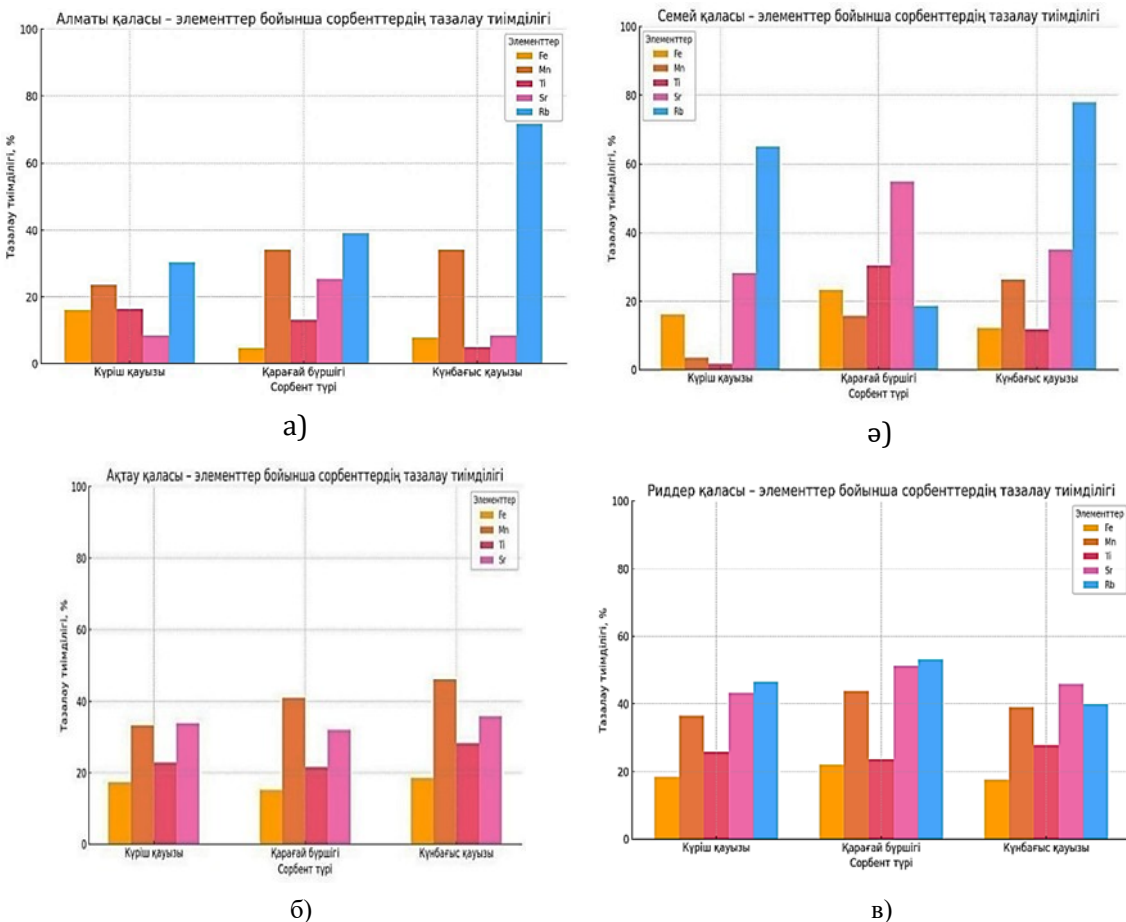
Сурет 2 - Күріш қауызы (а), қарағай бүршігі (ә) және күнбағыс қауызы (б) негізіндегі биосорбент үлгілерінің ВЕТ әдісі бойынша меншікті беттік ауданын анықтау нәтижелері

Семей мен Риддер қалаларында сорбенттер әсіресе темір мен титанды тиімді жойды; Алматы мен Ақтау қалаларында күріш қауызы және қарағай жаңғағы Sr және Mn иондарын жақсы сорбциялады; Күнбағыс қауызы кейбір қалаларда тұрақты, бірақ салыстырмалы түрде төмен нәтиже көрсетті.

Осылайша, зерттеу нәтижелері өсімдік тектес наноқұрылымды сорбенттердің нақты аймақтық ерекшеліктерді ескере отырып, ауыр металдармен ластанған топырақты тиімді тазарту үшін пайдалануға болатындығын дәлелдеді. Бұл тәсіл қоршаған ортаны қорғау, топырақты қалпына келтіру жә-

не экологиялық қауіпсіз агротехнологияларды енгізу тұрғысынан үлкен әлеуетке ие.

Марганец (Mn) және рубидий (Rb) элементтері барлық сорбенттермен тиімді сорбцияланды (жалпы тиімділік 30–70% аралығында). Күнбағыс қауызы рубидий иондарын адсорбциялауда ерекше жоғары нәтиже көрсетті (Алматыда 71.7% дейін). Қарағай жаңғағы стронций мен марганецті адсорбциялауда жақсы тиімділікке ие (40–50% аралығында). Күріш қауызы сорбенті орта есеппен 16–30% тиімділік көрсетіп, әсіресе рубидий (Rb) элементін сорбциялауда жоғары нәтиже берді.



Сурет 3 - Әртүрлі биосорбенттердің топырақтан ауыр металдарды тазарту тиімділігін салыстыру (Fe, Mn, Ti, Sr, Rb элементтері бойынша):

а) Алматы қаласы; ә) Семей қаласы; б) Ақтау қаласы; в) Риддер қаласы

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы зерттеу жұмысында ауыр металдармен ластанған топырақты табиғи наноқұрылымды сорбенттермен (күріш қауызы, қарағай жаңғағы, күнбағыс қауызы) тазарту мүмкіндігі қарастырылды. Зерттеу нысаны ретінде Алматы, Семей, Ақтау және Риддер қалаларынан алынған топырақ үлгілері пайдаланылды.

РФТ нәтижелері топырақ құрамында темір (Fe), марганец (Mn), титан (Ti), стронций (Sr) және рубидий (Rb) элементтерінің басым екенін көрсетті. Кейбір аймақтарда олардың концентрациясы шекті рұқсат етілген деңгейден асып түскені анықталды, бұл экологиялық қауіптің бар екенін дәлелдейді.

СЭМ және ВЕТ талдау нәтижелері сорбенттердің жоғары кеуектілігі мен беткі ауданы олардың адсорбциялық қабілетін арттыратынын көрсетті 5 күндік адсорбция тәжірибесінде:

күнбағыс қауызы рубидийді тиімді сорбциялады;

қарағай жаңғағы марганец пен стронцийді сіңірді;

күріш қауызы темір мен рубидийді жоғары дәрежеде сорбциялады.

Жалпы алғанда, өсімдік қалдықтарынан алынған көміртекті наносорбенттер ауыр металдардан топырақты тиімді тазартуға қабілетті екені анықталды. Бұл әдісті топырақтың тазалауда қолдану экологиялық тұрғыдан орынды әрі болашағы зор шешім болып табылады.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES

1. Cheng, S., Chen, T., Xu, W., Huang, J., Jiang, S., & Yan, B.. Application research of biochar for the remediation of soil heavy metals contamination: a review// *Molecules*. – 2020. – Vol. 25(14). – P. 3167.
2. Saparov, G., Dutbayev, Y., Amanzholkyzy, A., Islam, K. R., Tireuov, K., Hakimov, N., & Kozlov, A. Assessing Heavy Metal Contamination for Soil Reclamation: Implications for Sustainable Urban Development// *Journal homepage*.–2024. – Vol. 19(6). – P. 2197–2204.
3. 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. – P. e280583.
4. Li, Z., Zheng, Z., Li, H., Xu, D., Li, X., Xiang, L., & Tu, S. Review on rice husk biochar as an adsorbent for soil and water remediation// *Plants*. – 2023. – Vol. 12(7). – 1524.
5. Ali, Qasim & Zia, Ahmed & Kamran, Muhammad & Shabaan, Dr-Muhammad & Zulfiqar, Usman & Ahmad, Muhammad & Iqbal, Rashid & Maqsood Muhammad. Nanoremediation for heavy metal contamination: A review// *Hybrid Advances*. – 2023. – Article 100091.
6. Emenike, E. C., Adeleke, J. A., Iwuozor, K. O., Egbemhenghe, A., Bello-Hassan, M. T., Adu, A. O., & Adeniyi, A. G. Application of Rice Husks-Based Biochar for Removal of Pollutants from Water and Wastewater// *Separation & Purification Reviews*. -2025.–P.1–22.
7. Igalavithana, A. D., Lee, S. E., Lee, Y. H., Tsang, D. C., Rinklebe, J., Kwon, E. E., & Ok, Y. S. Heavy metal immobilization and microbial community abundance by vegetable waste and pine cone biochar of agricultural soils// *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 174. – P. 593–603.
8. Cecire, R., Diana, A., Giacomino, A., Abollino, O., Inaudi, P., Favilli, L., & Malandrino, M. Rice Husk as a Sustainable Amendment for Heavy Metal Immobilization in Contaminated Soils: A Pathway to Environmental Remediation// *Toxics*. P. – 2024. – Vol. 12(11). – 790.

9. Asadi, H., Ghorbani, M., Rezaei-Rashti, M., Abrishamkesh, S., Amirahmadi, E., Chengrong, C. H. E. N., & Gorji, M. Application of rice husk biochar for achieving sustainable agriculture and environment// Rice Science, – Vol. 28(4). – P. 325–343.

10. Duman, G., Onal, Y., Okutucu, C., Onenc, S., & Yanik, J. Production of activated carbon from pine cone and evaluation of its physical, chemical, and adsorption properties// Energy & fuels. – 2009. – Vol. 23(4). – P. 2197–2204.

11. Amar, M. B., Walha, K., & Salvadó, V. Valorisation of pine cone as an efficient biosorbent for the removal of Pb (II), Cd (II), Cu (II), and Cr (VI)// Adsorption Science & Technology. – 2021. – Article 6678530. .

12. Duwiejuah, A. B., Abubakari, A. H., Quainoo, A. K., & Amadu, Y. Review of biochar properties and remediation of metal pollution of water and soil// Journal of Health and Pollution. – 2020. – Vol. 10(27). – P. 200902.

#### РЕЗЮМЕ

М.Р. Керимкулова<sup>1</sup>, Г.Н. Қасымжанова<sup>2\*</sup>, Е.О. Досжанов<sup>2,3</sup>,

А.Р.Керимкулова<sup>3,4</sup>, А.Н. Жумажанов<sup>2,3</sup>, Асанбек Н.М.<sup>2,3</sup>

#### РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ И ОЧИСТКИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЁННОЙ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
050010, Алматы, пр. Абая, 8, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, Алматы,  
пр. аль-Фараби, 71, Казахстан, \*e-mail: kasymzhanova2002@inbox.ru

<sup>3</sup>Институт проблем горения, 050015, Алматы, ул. Богенбай батыра, 172,  
Казахстан

<sup>4</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
им. И. Сатпаева, 050013, Алматы, ул. Сатпаева, 22, Казахстан

Данная исследовательская работа предусматривает возможность очистки загрязненных тяжелыми металлами почв наноструктурированными сорбентами из растительных остатков. В качестве объекта исследования были взяты образцы почвы городов Алматы, Семей, Актау и Риддер, а также проведен процесс сорбции биосорбентами из рисовой шелухи, сосновых почек и подсолнечника. Проведены физико-химические исследования (СЭМ, ВЕТ, РФА) образцов, приготовленных путем карбонизации сорбентов в атмосфере аргона при температуре 800°C. Результаты показали, что сорбенты обладают высокой пористостью и развитой поверхностью, что увеличивает их адсорбционную способность. В 5-дневных экспериментах по адсорбции марганец (Mn) и рубидий (Rb) были эффективно сорбированы всеми сорбентами (30-70%). При этом подсолнечная шелуха показала, что она эффективно поглощает рубидий, сосновые почки-марганец и стронций, а рисовая шелуха-железо и рубидий. Полученные результаты показывают, что углеродные наносорбенты, полученные из растительных остатков, способны эффективно очищать почвы, загрязненные тяжелыми металлами, и подходят для использования в качестве экологически безопасного физико-механического метода.

*Ключевые слова:* биосорбент, тяжёлые металлы, почва, карбонизация, наноструктурированный сорбент.

## SUMMARY

M.R. Kerimkulova<sup>1</sup>, G.N. Kassymzhanova<sup>2\*</sup>, Ye.O. Doszhanov<sup>2,3</sup>,

A.R. Kerimkulova<sup>3,4</sup>, A.N. Zhumazhanov<sup>2,3</sup>, N.M. Assanbek<sup>2,3</sup>

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MONITORING AND REMEDIATING HEAVY METAL-CONTAMINATED SOIL USING NANOSTRUCTURED SORBENTS

<sup>1</sup>Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Abai ave., 8, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, Al-Farabi ave., 71, Kazakhstan, \*e-mail: kasymzhanova2002@inbox.ru

<sup>3</sup>Institute of Combustion Problems, 050015, Almaty, Bogenbay Batyr st., 172, Kazakhstan

<sup>4</sup>Satbayev University, 050013, Almaty, Satpayev st., 22, Kazakhstan

This research work provides for the possibility of cleaning soils contaminated with heavy metals with nanostructured sorbents made from plant residues. As the object of the study, soil samples from Almaty, Semey, Aktau and Ridder were taken, and the process of sorption was carried out with biosorbents made from rice husks, Pine buds and sunflower husks. Physico-chemical studies (Sam, bat, RFA) were carried out on samples prepared by carbonization of sorbents in an argon atmosphere at a temperature of 800°C. The results showed that sorbents have a high porosity and a developed surface area, which increases their adsorption capacity. According to 5-day adsorption experiments, manganese (Mn) and rubidium (Rb) were effectively sorbed with all sorbents (30-70 %). At the same time, it was shown that sunflower husks effectively absorb rubidium, Pine buds-manganese and strontium, and rice husks-iron and rubidium. The results obtained show that carbon nanosorbents from plant residues are capable of effectively cleaning soils contaminated with heavy metals and are suitable for their use as an environmentally safe physico-mechanical method.

*Keywords:* biosorbent, heavy metals, soil, carbonization, nanostructured sorbent.

## АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

1. Керимкулова Мақпал Рыскуловна – топырақтану және агрохимия кафедрасының докторанты, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5951-9160>, e-mail: biomak111@mail.ru

2. Касымжанова Гүлім – химиялық физика материалтану кафедрасының наноматериалдар және нанотехнологиялар мамандығының магистрі, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3760-7345>, e-mail: kasymzhanova2002@inbox.ru

3. Досжанов Ерлан Оспанович – PhD, Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының қауымдастырылған профессоры, нанобиотехнология зертханасының меңгерушісі, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3454-8889>, e-mail: doszhanovyerlan@mail.ru

4. Керимкулова Алмагуль Рыскуловна – химия ғылымындарының кандидаты, Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика кафедрасының қауымдастырылған профессоры, нанобиотехнология зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8048-4970>, e-mail: almusha\_84@mail.ru

5. Жумажанов Арман Нұрқанатұлы – Тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының докторанты, нанобиотехнология зертханасының ғылыми қызметкері, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6256-9814>, e-mail: jumajanarman@gmail.com

6. Асанбек Назым Мұратқызы – химиялық физика материалтану кафедрасының докторанты, нанобиотехнология зертханасының ғылыми қызметкері, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4480-1756>, e-mail: naziko-asanbek@mail.ru