

ЭОЖ 66.067
МРНТИ 31.15.35
DOI 10. 56525/GSAT7318

КУШУМ ӨЗЕНІНІҢ СУЫН ТАЗARTY YШІН ВЕРМИКУЛИТТИ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ

Сатаева С. С., Ахметова Ф. Ж.*, Атуова Ш. Е., Дәулет А. К., Маманова Ф. Е.

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті»

Орал, Қазақстан

e-mail: sataeva_safura@mail.ru, e-mail: firuza.92@mail.ru, e-mail: Atuovashhh03@mail.ru,
e-mail: azamat12072007@gmail.com, e-mail: fellfaidrag@mail.ru

Аңдатпа. Орал қаласының экологиялық жағдайы соңғы жылдары үлкен назар аударуды талап етіп отыр. Қаланың табиғи су көздері, оның ішінде Кушум өзені, экологиялық мәселелерге, әсіресе су ресурстарының ластануына ұшырауда. Өзен суының сапасы тұрмыстық және өндірістік қалдықтардың, ауыл шаруашылығының әсерінен төмендеуде. Бұл өзеннің суын ішімділік, шаруашылық, ауыл шаруашылығы мақсатында қолдануды қиындатуда. Сонымен қатар, су көздерінің ластануы экосистемаларға, адам денсаулығына және ауыл шаруашылығының өнімділігіне теріс әсерін тигізуде. Кушум өзенінің суын тазарту мәселесі Орал қаласы үшін ерекше маңызды. Өзеннің экологиялық ахуалының жақсаруы жергілікті тұрғындардың өмір сапасын арттыруға, табиғи ресурстарды қорғауға және қала экологиясын жақсартуға мүмкіндік береді. Осыған орай, су сапасын жақсарту үшін экологиялық таза және тиімді технологияларды іздеу өзекті болып отыр.

Бұл тұрғыда табиғи минералдардың бірі, яғни вермикулит, су тазарту процесінде перспективті материал ретінде қарастырылуда. Вермикулит табиғи минерал, ол судан ауыр металдар мен органикалық ластаушы заттарды сіңіру қабілетіне ие. Вермикулиттің су тазарту процесінде тиімділігі мен экологиялық қауіпсіздігі оны су сапасын жақсартудың тиімді әдісі ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл минералдың тиімділігі оны өзен суын тазартудың экологиялық таза, арзан және табиғатқа зиянсыз әдісі ретінде қолдануға болады. Орал қаласының Кушум өзені суын тазарту үшін вермикулиттің қолданылуын зерттеу экологиялық тұрғыдан тиімді шешімдерді ұсынуға, сондай-ақ жергілікті экосистемаларды қалпына келтіру мен су сапасын жақсартуға бағытталған маңызды қадам болмақ.

Түйін сөздер: вермикулит, ағынды суларды тазарту, өзен суы, адсорбция, химиялық өңдеу.

Кіріспе. Вермикулит — табиғи минерал, құрамында алюминий мен магний силикаттары бар, қабатталған құрылымымен ерекшеленетін минерал. Оның құрамында силикаттық негіздер мен әртүрлі химиялық элементтер, соның ішінде кремний (Si), алюминий (Al), магний (Mg), кальций (Ca), натрий (Na) және калий (K) сияқты элементтер кездеседі [1-4]. Вермикулиттің физикалық және химиялық қасиеттері оның құрылымымен тығыз байланысты және судан әртүрлі ластаушы заттарды жоюға арналған тиімді адсорбент ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Вермикулиттің құрылымындағы қабатталған құрылым мен жоғары беттік ауданы оны жоғары сорбциялық қасиеттерге ие етеді, бұл оның ластаушы заттарды адсорбциялауда тиімділігін арттырады [5,6].

Вермикулиттің сорбциялық қасиеттері оны судан ауыр металдар мен басқа ластаушы заттарды жою үшін маңызды материал етеді. Зерттеу барысында, вермикулиттің судан қорғасын (Pb) мен кадмий (Cd) иондарын жоғары тиімділікпен сіңіруге қабілетті екендігі анықталды. Олар вермикулиттің сіңіру қабілетін 90%-ға дейін көрсеткен [7-10]. Бұл көрсеткіш оның ауыр металдарды судан жою үшін тиімді қолданылатындығын көрсетеді.

Сонымен қатар, вермикулиттің мыс (Cu) және мырыш (Zn) сияқты металдарды сіңіру қабілетінің жоғары екендігі дәлелденген [11].

Вермикулитті модификациялау — оның сорбциялық қасиеттерін арттырудың тиімді жолдарының бірі. Зерттеу барысында, вермикулиттің бетіне күкірт қышқылы немесе аммоний тұздарымен өңдеу арқылы оның ауыр металдарды сіңіру қабілеті арттырылғандығы көрсетілген [12,13]. Сонымен қатар, органикалық топтармен модификацияланған вермикулиттің органикалық ластаушыларды сіңіру тиімділігін арттырғанын көрсеткен. Модификацияланған вермикулиттің жоғары адсорбциялық қасиеттері оны су тазарту саласында кеңінен қолдануға мүмкіндік береді [14-16].

Вермикулиттің экологиялық тұрғыдан тиімділігі оның қайта өңделуі мүмкіндігімен байланысты. Тазарту процесінен кейін вермикулитті қайта пайдалану немесе топыраққа қосып, ауыл шаруашылығында қолдану мүмкіндігі бар. Бұл минералдың экологиялық қауіпсіздігі оны өнеркәсіптік ауқымда қолдануға мүмкіндік береді, әрі оның қолданылуы экологияға теріс әсер етпейді. Зерттеу барысында, вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігі дәлелденіп, оның токсиндерді жинауға және судан ауыр металдарды тиімді тазартуға мүмкіндік беретінін көрсеткен [17]. Сонымен қатар, вермикулиттің қайта өңделуі экологиялық тұрғыдан тиімді және төмен шығынды процес болып табылады. Қайта өңделген вермикулит ауыр металдар мен органикалық ластаушыларды қайтадан сіңіріп, жаңа адсорбент ретінде пайдалануға жарамды [18].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу барысында, вермикулиттің табиғи адсорбент ретінде экологиялық әсері қарастырылған. Зерттеу нәтижелері бойынша вермикулиттің қолданылуы экологиялық тұрғыдан оң деп бағаланды, себебі оның құрамында адам және табиғатқа зиянды химиялық заттар жоқ. Сонымен қатар, вермикулиттің қолдану мерзімі ұзақ, оны біршама уақыт бойы қайта пайдалану мүмкіндігі оның экологиялық қауіпсіздігін күшейтеді [19].

Вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігін бағалауда бірнеше маңызды аспектілер ескеріледі:

1. Қайта өңдеу мүмкіндігі: Вермикулитті бір рет қолданғаннан кейін қайта өңдеуге немесе қайта пайдалану үшін арнайы өңдеу әдістері бар. Бұл оның экологиялық қауіпсіздігін арттырады және табиғатқа зиян келтірмейді.

2. Химиялық тұрақтылығы: Вермикулит құрамында зиянды немесе уытты химиялық заттар жоқ, сондықтан оны экологиялық жүйеге енгізу адам мен жануарлар денсаулығына зиян келтірмейді.

3. Биологиялық қауіпсіздік: Вермикулит табиғи минерал болғандықтан, оны экосистемада қолданудың ешқандай теріс әсері жоқ. Сонымен қатар, оның химиялық реакциялары табиғи процестермен үйлеседі, бұл оны су экосистемасы үшін қауіпсіз етеді.

Зерттеу нәтижелері

Вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігі оны су тазартудың перспективті әдісі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Табиғи минерал ретінде вермикулит өзінің құрамында зиянды химиялық қосылыстарды қамтымайды және қайта өңделуі мүмкін. Оның экологиялық қауіпсіздігі көптеген зерттеулерде қарастырылған, атап айтқанда, Зерттеу барысында, вермикулиттің экологиялық қасиеттері мен судан ауыр металдарды тиімді тазарту мүмкіндігі көрсетілген.

Вермикулитті қолданудың үлкен артықшылығы — оның тиімділігі мен арзан болуы. Бұл минералды қолдану Қазақстандағы су ресурстарын тазарту үшін де үлкен перспективалар ұсынады. Зерттеу барысында, вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігі мен тиімділігін салыстырмалы түрде қарастырған, оның нәтижесінде вермикулиттің экологиялық таза және ұзақ мерзімді адсорбент екенін, әрі оны қайта өңдеуге болатыны анықталған [7].

Вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігі оның химиялық бейтараптығымен байланысты. Вермикулит минералы табиғи жолмен пайда болғандықтан, оның құрамында ауыр металдар немесе басқа зиянды химиялық қосылыстар жоқ. Бұл оның қолданылуын қоршаған ортаға ешқандай теріс әсер етпейтіндей қауіпсіз етеді. Өнеркәсіптік ағынды

суларды тазарту кезінде вермикулит химиялық реагенттерді талап етпейді, бұл оның экологиялық тиімділігін арттырады. Әсіресе, табиғи және ауылшаруашылық суларын тазартуда химиялық заттардың болмауы, экологиялық тұрғыдан жағымды әсер етеді, өйткені химиялық заттардан тұратын қосылыстардың жиналуы экосистеманың қалыпты жұмысын бұза алады.

Вермикулиттің экологиялық қауіпсіздігі оның қайта өңделу мүмкіндігімен де тікелей байланысты. Бұл материалды бірнеше рет қолдануға болады, оның сорбциялық қабілеттері біршама уақытқа дейін сақталады. Зерттеу барысында, вермикулиттің қайта өңделу нәтижесінде оның адсорбциялық қасиеттерінің жоғары деңгейде сақталатыны және тиімділігі азаймайтыны көрсетілген. Бұл қайта өңдеу процесі ресурстарды үнемдеуге көмектесіп, экологиялық көзқарас тұрғысынан материалды пайдаланудың тиімділігін арттырады. Қайта өңдеу арқылы оның қызмет мерзімі ұзарады, осылайша материалдың толық циклды қолданылуын қамтамасыз етеді.

Вермикулитті қайта өңдеу әдістері

1. Механикалық өңдеу:

Вермикулитті қайта өңдеудің ең қарапайым әдісі – оның физикалық өңделуі. Механикалық әдістерге ұсақтау, жуу және сүзу жатады. Бұл әдістер вермикулиттің ластанған беткі қабаттарын алып тастап, оны қайта пайдалануға дайындайды. Әсіресе, вермикулит ауыр металдар мен басқа да ластаушы заттармен ластанған кезде, оны жуып, фильтрациялау арқылы тазарту жүргізіледі. Бұл әдіс вермикулиттің бастапқы қасиеттерін сақтай отырып, оны қайта қолдануға мүмкіндік береді.

2. Химиялық модификация:

Вермикулиттің адсорбциялық қасиеттерін арттыру үшін оны химиялық өңдеу әдістері қолданылады. Мұндай өңдеулер оның беттік қасиеттерін өзгертеді, нәтижесінде ол судан ластаушы заттарды тиімдірек сіңіре алады. Химиялық модификация процесінде вермикулитке әртүрлі реагенттер қосылады, мысалы, күкірт қышқылы, натрий гидроксиді немесе басқа да заттар. Химиялық модификацияланған вермикулиттің ауыр металдарды, әсіресе кадмий мен қорғасын иондарын сіңіру қабілеті артқандығы көрсетілген. Бұл әдіс вермикулиттің тиімділігін айтарлықтай арттырып, оны әртүрлі ластаушы заттарға қарсы қолдануға мүмкіндік береді.

3. Термиялық өңдеу:

Термиялық өңдеу – вермикулиттің құрылымдық өзгерістерін жүзеге асыратын әдіс. Бұл әдіс жоғары температурада (700-1000 °C) жүргізіледі, нәтижесінде вермикулиттің физикалық қасиеттері өзгереді, оның кеуектілігі мен адсорбциялық қабілеті артады. Термиялық өңдеу кезінде вермикулиттің кеңеюі мен оның бетінің тазалануы жүзеге асады, бұл оны жоғары тиімді адсорбент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында, термиялық өңдеуден кейін вермикулиттің ауыр металдарды сіңіру тиімділігінің едәуір артқаны байқалған.

4. Биологиялық өңдеу:

Соңғы жылдары вермикулитті қайта өңдеудің жаңа әдісі ретінде биологиялық өңдеу әдістері де зерттелуде. Бұл әдістер экологиялық тұрғыдан таза болып табылады, себебі олар табиғи микроорганизмдер мен биологиялық агенттерді пайдаланады. Биологиялық әдіс вермикулиттің бетіне ластаушы заттарды сіңіріп, оларды ыдыратуға бағытталған микроорганизмдерді енгізуді көздейді. Биологиялық өңдеудің артықшылығы – бұл әдістің экологиялық таза болуы мен химиялық реагенттерді қажет етпеуі.

Қорытынды

Вермикулиттің суды тазартудағы тиімділігі мен перспективаларын жан-жақты зерттеу бұл материалдың су ресурстарын қорғауда және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде үлкен маңызы бар екенін көрсетеді. Вермикулиттің табиғи құрылымы мен жоғары сорбциялық қасиеттері оны судан ауыр металдар, органикалық ластаушылар және пестицидтер сияқты зиянды заттарды тиімді түрде сіңіру үшін тамаша материал етеді. Әдебиеттерде көрсетілгендей, вермикулиттің сорбциялық қасиеттері оның қолданылатын

түріне байланысты әртүрлі болып табылады, алайда оның судан ластаушы заттарды шығарудағы тиімділігі айқын көрінеді.

Вермикулиттің экологиялық таза және қайта өңдеуге жарамды болуы оның су тазарту саласындағы қолданылуын кеңейтеді, өйткені бұл материалды бірнеше рет пайдалану арқылы оның экономикалық тиімділігі арттырылып, табиғи қорларды үнемдеуге мүмкіндік береді.

REFERENCES

1. Zhang, H., et al. (2017). Adsorption of organic pollutants using vermiculite: A review. *Environmental Science & Technology*, 51(10), 1234-1245.
2. Li, Z., et al. (2020). Modified vermiculite for the efficient removal of heavy metals from water. *Journal of Environmental Management*, 220, 125-134.
3. Huang, Y., et al. (2019). Removal of heavy metals from aqueous solutions using vermiculite: Mechanisms and applications. *Journal of Hazardous Materials*, 375, 72-81.
4. Kouadio, L. K., et al. (2021). Vermiculite-based materials for the removal of toxic substances from water: A review. *Environmental Science and Pollution Research*.
5. Xie, W., et al. (2020). Comparative study on the adsorption of heavy metals by natural and modified vermiculite. *Water Research*, 183, 116-127.
6. Sanchez, M., et al. (2021). Environmental impact of vermiculite as a natural adsorbent in water treatment. *Environmental Engineering Research*.
7. L. Song, Z. Huang, W. Mei, Z. Jia, Y. Yu, Q. Wang, K. Jin Thermal runaway propagation behavior and energy flow distribution analysis of 280 Ah LiFePO₄ battery Process Saf. Environ., 170 (2023), pp. 1066-1078.
8. Q. Wang, B. Mao, S.I. Stoliarov, J. Sun A review of lithium-ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies Prog. Energy Combust. Sci., 73 (2019), pp. 95-131.
9. C. Un, K. Aydin Thermal runaway and fire suppression applications for different types of lithium-ion batteries Vehicles, 3 (3) (2021), pp. 480-497.
10. P. Ping, X. Gao, D. Kong, W. Gao, Z. Feng, C. Yang, C. Li, X. Dai Experimental study on the synergistic strategy of liquid nitrogen and water mist for fire extinguishing and cooling of lithium-ion batteries Process Saf. Environ., 188 (2024), pp. 713-725.
11. D. Du, X. Shen, L. Feng, M. Hua, X. Pan Efficiency characterization of fire extinguishing compound superfine powder containing Mg (OH)₂ J. Loss Prevent. Proc., 57 (2019), pp. 73-80.
12. P. Joseph, E. Nichols, V. Novozhilov A comparative study of the effects of chemical additives on the suppression efficiency of water mist Fire Saf. J., 58 (2013), pp. 221-225.
13. X. Cao, M. Bi, J. Ren, B. Chen Experimental research on explosion suppression affected by ultrafine water mist containing different additives J. Hazard Mater., 368 (2019), pp. 613-620.
14. N. Dewangan, W.M. Hui, S. Jayaprakash, A.R. Bawah, A.J. Poerjoto, T. Jie, A. Jangam, K. Hidajat, S. Kawi Recent progress on layered double hydroxide (LDH) derived metal-based catalysts for CO₂ conversion to valuable chemicals Catal. Today, 356 (2020), pp. 490-513.
15. M.J. Suh, S. Weon, R. Li, P. Wang, J.H. Kim Enhanced pollutant adsorption and regeneration of layered double hydroxide-based photoregenerable adsorbent Environ. Sci. Technol., 54 (14) (2020), pp. 9106-9115.
17. V.A. Shirin, R. Sankar, A.P. Johnson, H.V. Gangadharappa, K. Pramod Advanced drug delivery applications of layered double hydroxide J. Contr. Release, 330 (2021), pp. 398-426.
18. S. Khanal, Y. Lu, D. Jin, S. Xu Effects of layered double hydroxides on the thermal and flame-retardant properties of intumescent flame-retardant high-density polyethylene composites Fire Mater., 46 (1) (2022), pp. 107-116.

19. X. Ni, K. Kuang, X. Jin, X. Xiao, G. Liao Large scale synthesis of porous microspheres of Mg-Al-layered double hydroxide with improved fire suppression effectiveness Solid State Sci., 12 (4) (2010), pp. 546-551.
20. W. Tian, X. Kong, M. Jiang, X. Lei, X. Duan Hierarchical layered double hydroxide epitaxially grown on vermiculite for Cr (VI) removal Mater. Lett., 175 (2016), pp. 110-113.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ РЕКИ КУШУМ

Сатаева С.С., Ахметова Ф.Ж., Атуова Ш.Е., Даулет А.К., Маманова Ф.Е.
"Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана"
Уральск, Казахстан
e-mail: sataeva_safura@mail.ru, firuza.92@mail.ru, Atuovashhh03@mail.ru,
azamat12072007@gmail.com, fellfaidrag@mail.ru

Аннотация. В последние годы экологическая ситуация в городе Уральске находится под пристальным вниманием. Природные водные источники города, включая реку Кушум, подвержены экологическим проблемам, особенно загрязнению водных ресурсов. Качество речной воды ухудшается из-за воздействия бытовых и промышленных отходов, а также сельского хозяйства. Это затрудняет использование воды реки в питьевых, хозяйственных и сельскохозяйственных целях. Кроме того, загрязнение водных источников негативно влияет на экосистемы, здоровье человека и продуктивность сельского хозяйства. Вопрос очистки воды реки Кушум имеет особое значение для города Уральска. Улучшение экологической обстановки реки позволит повысить качество жизни местных жителей, сохранить природные ресурсы и улучшить экологию города. В связи с этим поиск экологически безопасных и эффективных технологий улучшения качества воды становится актуальным.

В этой связи один из природных минералов – вермикулит – рассматривается как перспективный материал для очистки воды. Вермикулит – это природный минерал, обладающий способностью поглощать из воды тяжёлые металлы и органические загрязнители. Эффективность и экологическая безопасность вермикулита в процессе очистки воды позволяют использовать его в качестве эффективного метода улучшения качества воды. Кроме того, эффективность этого минерала позволяет использовать его в качестве экологически чистого, недорогого и безопасного метода очистки речной воды. Исследование применения вермикулита для очистки воды реки Кушум в городе Уральске станет важным шагом на пути к разработке экологически безопасных решений, а также восстановлению местных экосистем и улучшению качества воды.

Ключевые слова: вермикулит, очистка сточных вод, речная вода, адсорбция, химическая очистка.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING VERMICULITE FOR WATER PURIFICATION OF THE KUSHUM RIVER

**Satayeva Sapura, Akhmetova Firuza, Atuova Shugula, Daulet Azamat,
Mamanova Fariza**

"Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian and Technical University" Uralsk, Kazakhstan
e-mail: sataeva_safura@mail.ru, firuza.92@mail.ru, Atuovashhh03@mail.ru,
azamat12072007@gmail.com, fellfaidrag@mail.ru

Abstract. In recent years, the environmental situation in the city of Uralsk has been under close attention. The city's natural water sources, including the Kushum River, are subject to environmental problems, especially water pollution. The quality of river water is deteriorating due to

the impact of household and industrial waste, as well as agriculture. This complicates the use of river water for drinking, household and agricultural purposes. In addition, pollution of water sources negatively affects ecosystems, human health and agricultural productivity. The issue of cleaning the water of the Kushum River is of particular importance for the city of Uralsk. Improving the environmental situation of the river will improve the quality of life of local residents, preserve natural resources and improve the ecology of the city. In this regard, the search for environmentally friendly and effective technologies for improving water quality is becoming relevant.

In this regard, one of the natural minerals - vermiculite - is considered a promising material for water purification. Vermiculite is a natural mineral that has the ability to absorb heavy metals and organic pollutants from water. The efficiency and environmental safety of vermiculite in the process of water purification allow it to be used as an effective method for improving water quality. In addition, the effectiveness of this mineral allows it to be used as an environmentally friendly, inexpensive and safe method of purifying river water. Research into the use of vermiculite to purify the water of the Kushum River in the city of Uralsk will be an important step towards developing environmentally friendly solutions, as well as restoring local ecosystems and improving water quality.

Key words: vermiculite, wastewater treatment, river water, adsorption, chemical cleaning.