

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ОСАДУ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ЗА ДОПОМОГОЮ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН

С. С. Душкін¹¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДК 628.16

DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.11

Отримано: 14 жовтня 2021

Прийнято: 25 листопада 2021

Cite as: Dushkin S. (2021). Reduction of the level of technogenic hazard negative effect of sediments of urban waste water on the environment with humic substances. *Technogenic and ecological safety*, 10(2/2021), 70–74. doi: 10.52363/2522-1892.2021.2.11

Анотація

У статті розглядаються питання зниження рівня техногенної небезпеки негативного впливу осаду міських стічних вод на навколишнє середовище шляхом видалення важких металів за допомогою гумінових речовин.

Відмічається, що техногенно-екологічна проблема потребує невідкладного рішення шляхом утворення нових ефективних методів обробки (знешкодження та зневоднення) та подальшої утилізації осадів міських стічних вод. Мулові майданчики є джерелом забруднення ґрунту, ґрунтових вод та поверхневих водних об'єктів і повітря.

Розроблено новий метод видалення важких металів з осаду міських стічних вод за допомогою гумінових речовин. Встановлено, що гумінові речовини мають сорбційну здатність по відношенню до важких металів. В якості реагенту для видалення важких металів з осаду міських стічних вод запропоновано використовувати продукт обробки бурого вугілля та торфу лугом за допомогою вугледужного реагенту, що дозволяє знизити концентрацію важких металів до таких концентрацій, щоб використовувати осади в якості добрив у сільському господарстві.

Ключові слова: техногенна безпека, осади стічних вод, гумінові речовини, вугледужний реагент, торф, важкі метали, ультразвук, флокулянт.

Постановка проблеми.

Каналізаційні системи очищення міських стічних вод вносять істотний вклад в загальну кількість відходів міст та промпідприємств. Осади складаються на мулових майданчиках. Складування осадів є джерелом забруднень навколишнього середовища: ґрунту, ґрунтових вод та поверхневих водних об'єктів, повітря [1, 2].

Осади міських стічних вод містять більше 90 % органічних речовин, які можуть служити цінним добривом для сільського господарства. Проте наявність в складі осадів міських стічних вод важких металів перешкоджає їх використанню в сільському господарстві [3].

Техногенно-екологічна проблема потребує невідкладного рішення щодо створення нових ефективних методів з подальшою утилізацією осадів міських стічних вод. Цей напрямок актуальний не тільки в Україні, але і в усьому світі [4, 5].

В даний час утилізація основної маси осадів, що утворюються при очищенні міських стічних вод, не проводиться через присутність у складі важких металів. Мулові майданчики є джерелом забруднень ґрунту, ґрунтових вод та поверхневих водних об'єктів, повітря. Розміри земельних ділянок, що виділяються для цих цілей, постійно збільшуються: в підсумку, це може перетворитися в справжню екологічну катастрофу.

Виходячи зі сказаного вище, розробка методів видалення важких металів із осадів міських стічних вод є актуальною задачею, успішне вирішення якої

дозволить знизити рівень негативного впливу осадів міських стічних вод на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питаннями фізико-хімічних властивостей осадів стічних вод та розробкою методів інтенсифікації процесів зневоднення та утилізації займалися такі вчені як Туровський І. С., Пантелят Г. С. [1, 6]. Однак задача видалення важких металів та утилізація осадів міських стічних вод залишається не до кінця вирішеною, а тому рівень техногенного впливу осаду на навколишнє середовище залишається досить високим.

Аналіз літературних джерел [7–10] і наявного досвіду експлуатації споруд для очищення господарсько-побутових (міських) стічних вод та обробки осадів показали, що в даний час в Україні залишаються невирішеними задачі обробки та утилізації осадів. Це призводить до накопичення осадів та забруднення навколишнього середовища (ґрунт, ґрунтові води та поверхневі водні об'єкти, повітря). Необхідно розробити методи та технології вилучення з осадів міських стічних вод важких металів. Встановлено, що в складі осадів міських стічних вод, що утворюються на очисних спорудах міст, які мають підприємства машинобудування та металургії, містяться важкі метали, такі як: залізо, мідь, нікель, цинк, хром, марганець, кадмій, миш'як, ртуть та ряд інших, які необхідно вилучити з осадів стічних вод з метою утилізації в якості добрив в сільському господарстві.

Постановка задачі та її рішення.

Мета та основні задачі. Зниження техногенно-екологічного впливу міських стічних вод на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження. Рівень техногенної безпеки осадів міських стічних вод на навколишнє середовище.

Предмет дослідження. Технологія вилучення важких металів з осадів міських стічних вод за допомогою гумінових речовин.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети наведені теоретичні та експериментальні дослідження в лабораторно-пілотних умовах. Ефективність роботи обладнання для зневоднення осаду оцінювали за кількістю твердої речовини, що знімається з одиниці поверхні фільтрування та наявності у фугаті важких металів.

Встановлено, що гумінові речовини мають високу сорбційну здатність по відношенню до важких металів. В якості реагенту для вилучення важких металів з осадів міських стічних вод запропоновано використовувати продукт обробки бурого вугілля та торфу.

Основний обсяг досліджень виконано на очисних спорудах міст Запоріжжя і Краматорськ.

Розроблено новий метод видалення важких металів з осаду міських стічних вод за допомогою гумінових речовин.

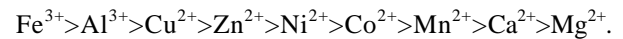
Гумінові речовини і, зокрема, гумінова кислота широко поширені в навколишньому середовищі. Наприклад, гумінову кислоту можна отримати з ґрунту, природних вод, торфу, низькосортних видів вугілля (так зване буре вугілля) та інших. Встановлено, що ці речовини мають властивості, що дозволяють видаляти з осаду стічних вод важкі метали.

Гумінові речовини являють собою природні хелатоутворюючі речовини з молекулярною масою від 300 до 10^5 і нерегулярної структурою. Значною мірою вони мають ароматичну структуру, включають фенольні гідроксили і карбоксильні групи, здатні приєднувати іони металів. Молекулярна маса гумінових речовин залежить від різних чинників, таких як полідисперсність та тенденція з'єднуватися у великі молекули в певному середовищі. Вивчення гелю гумінових речовин показало, що ці речовини складаються з молекул з молекулярною масою, що відрізняється на декілька

порядків. Найменшу середню молекулярну масу мають фульвокислоти, найбільшу – гумінова кислота [11].

Встановлено, що максимальний вміст кисню характерний для фульвокислот, які формують гумінові речовини. Завдяки цьому гумінові речовини мають більш високу розчинність та здатність до обміну з іонами важких металів [12].

Молекули органічних або інших розчинених сполук можуть взаємодіяти з гуміновими речовинами за допомогою іонного обміну або взаємодії з функціональними групами, а також в результаті гідрофобної взаємодії. Встановлено утворення комплексних сполук гумінових речовин з іонами важких металів і показана висока ступінь їх стійкості [13], яка зростає в наступному порядку:



Гумінові речовини в лужному, нейтральному або кислому середовищі утворюють хелатні сполуки з важкими металами, які розчинені або адсорбовані на завислих частинках, що містять сполуки металів. Крім того, гумінові речовини, наприклад гумінова кислота, мають властивості флокулянтів – поліелектролітів, що сприяє інтенсифікації процесів очищення стічних вод від завислих речовин.

Розроблено новий метод видалення важких металів з осадів міських стічних вод за допомогою гумінових речовин, при якому витяг важких металів з осадів побутових стічних вод проводять при постійному перемішуванні осаду з гуміновими реагентами з лінійною швидкістю 0,2...0,5 м/с при одночасній обробці ультразвуком частотою 2,5...5,5 кГц протягом 1-1,5 хв.

Для обробки осадів використовували 1...2% розчин гумінових речовин бурого вугілля і торфу з дозою 10-50 мг/кг сухої речовини. Вплив дози гумінових речовин бурого вугілля та торфу на ефективність видалення важких металів з осадів міських стічних вод наведено в таблиці 1.

Технологічна схема вилучення важких металів з осаду побутових стічних вод приведена на рисунку 1. В таблиці 2 наведені оптимальні режими видалення важких металів з осадів міських стічних вод при обробці їх реагентами, що містять гуміни.

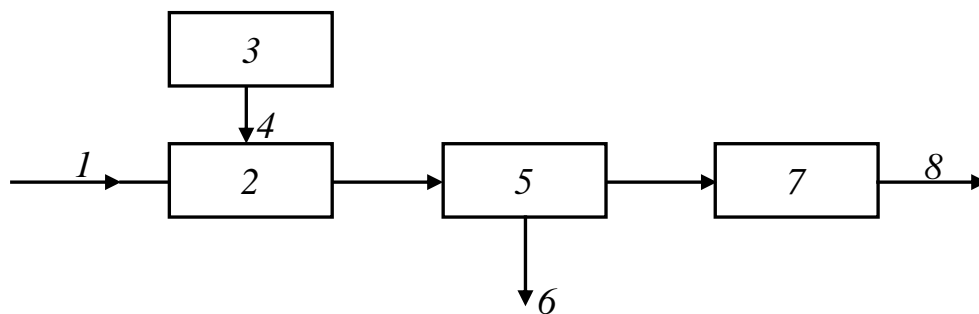


Рисунок 1 – Технологічна схема вилучення важких металів з осадів побутових стічних вод:

- 1 – осад побутових стічних вод; 2 – змішувальний пристрій з ультразвуковою обробкою;
 3 – реагентне господарство; 4 – подача реагенту, що містить гуміни; 5 – зневоднення осаду; 6 – фугат;
 7 – бактерицидні лампи; 8 – осад на утилізацію

Таблиця 1 – Вплив дози гумінових речовин бурого вугілля і торфу на ефективність видалення важких металів з осадів міських стічних вод

Найменування показників	Вміст важких металів до обробки реагентами, що містять гуміни, мг/кг сухої речовини	Реагент, що містить гуміни	Доза гумінових речовин, мг/кг сухої речовини					
			10	20	30	40	45	50
			Ефективність видалення важких металів, %					
Залізо (Fe^{3+})	4148,5	буре вугілля	41,1	55,7	66,7	79,5	81,6	93,4
		торф	54,6	72,6	78,3	85,2	89,5	91,2
Мідь (Cu^{2+})	266,3	буре вугілля	25,1	37,1	59,1	65,1	75,8	81,6
		торф	33,1	45,2	60,9	70,4	77,5	85,3
Алюміній (Al^{3+})	8517,5	буре вугілля	43,6	55,8	61,0	69,3	75,1	78,1
		торф	46,2	60,356	66,4	72,3	77,6	80,2

Таблиця 2 – Оптимальні режими видалення важких металів з осадів міських стічних вод при обробці їх реагентами, що містять гуміни

Найменування показників	Тип реагенту	Доза гумінових речовин, мг/кг сухої речовини	Вміст важких металів, мг/кг сухої речовини		Зменшення вмісту важких металів після обробки осадів стічних вод, мг/кг сухої речовини	Ефективність видалення важких металів, %
			до обробки	після обробки		
Залізо (Fe^{3+})	буре вугілля	50	4148,5	273,9	3874,6	93,4
	торф	50	4148,5	365,1	3283,4	91,2
Мідь (Cu^{2+})	буре вугілля	50	266,3	49,0	217,3	81,6
	торф	50	266,3	39,1	227,1	85,3
Алюміній (Al^{3+})	буре вугілля	50	8517,5	1865,4	6652,1	78,1
	торф	50	8517,5	1686,2	6831,0	80,2

При розробці технологічної схеми були виконані спеціальні дослідження з метою обґрунтування використання коагулянтів і флокулянтів для процесів зневоднення осадів міських стічних вод.

Встановлено, що для інтенсифікації процесів згущення і зневоднення осадів міських стічних вод доцільно застосовувати органічні флокулянти. Найбільш ефективними є катіонні флокулянти. Їх застосування інтенсифікує процес зневоднення осадів як на мулових майданчиках, так і в апаратах механічного зневоднення – фільтр-пресах і центрифугах. Найбільш ефективним коагулянтом при зневодненні осадів міських стічних вод є сульфат алюмінію, який слід застосовувати в комплексі з одним з катіонних флокулянтів, наприклад, ВПК-402.

Економічна ефективність видалення важких металів з осадів міських стічних вод залежить від ряду факторів, таких як: технологічна схема очищення стічних вод, наявність в осаді стічних вод тих чи інших важких металів, спосіб зневоднення осаду та інших факторів, які необхідно враховувати при техніко-економічному обґрунтуванні при видаленні важких металів з осадів міських стічних вод.

Середня вологість осаду, що видаляється з первинних відстійників, приймається на рівні 95...97%. Активний мул, що видаляється з вторинних відстійників, являє собою суспензію, яка містить аморфні пластівці, що включають аеробні бактерії і найпростіші мікроорганізми з дрібними (механічними) і адсорбованими (розчиненими) забрудненнями стічних вод. Для орієнтовних розрахунків кількість суміші осаду первинних відстійників і ущільненого надлишкового активного мулу міських станцій аерації при середній вологості 96,2% можна приймати на рівні 0,5...1,0% від витрати стічних вод, що очищаються. В даний час на очисних спорудах стічних вод України утворюється понад 60 тис. м³/добу осадів.

Для визначення економічної ефективності (Е) від використання розробленої технології видалення іонів важких металів з осадів міських стічних вод запропоновано співвідношення:

$$E = C_1 \cdot Q \cdot 365 + 0,15K \cdot N + 3 \cdot N - C_1 \cdot H_1 - C_2 \cdot H_2 - 0,15 \cdot K_1,$$

де E – вартість однієї тони зневодненого і знешкодженого осаду, грн.;

Q – кількість знешкодженого осаду, т/добу;

365 – кількість днів у році, добу;

K – капітальні витрати на один муловий майданчик;

N – кількість мулових майданчиків, шт.;

Z – величина експлуатаційних витрат на один муловий майданчик;

C_1 – вартість однієї тони реагенту, що містить гуміни, грн.;

H_1 – витрата реагенту, що містить гуміни протягом року, т;

C_2 – вартість однієї тони лужного реагенту, грн.;

H_2 – витрата лужного реагенту протягом року, т;

K_1 – капітальні витрати на впровадження нової технології.

Аналіз дослідних даних показує, що обробка осаду побутових стічних вод дозволяє ефективно видаляти важкі метали з подальшою утилізацією осаду якості добрив.

Висновки.

1. Екологічною проблемою, яка вимагає невідкладного рішення, є розробка нових ефективних методів обробки і наступної утилізації осадів міських стічних вод. Мулові майданчики є джерелами забруднення ґрунту, ґрунтових і поверхневих водних об'єктів, повітря.

2. Запропоновано новий метод видалення важких металів з осадів міських стічних вод за допомогою гумінових речовин, при якому вилучення важких металів з осадів побутових стічних вод проводять при постійному перемішуванні осаду з гуміновими реагентами з лінійною швидкістю 0,2...0,5 м/с при одночасній обробці ультразвуком частотою 2,5...5,5 кГц протягом 1...1,5 хв.

3. Розроблена технологічна схема вилучення важких металів з осаду побутових стічних вод, яка апробована на лабораторно-пілотній установці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – Москва: Стройиздат, 1988. – 256 с.
2. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 702 с.
3. Чемаева О. В. Экологическая оценка осадков сточных вод и использование их в качестве удобрения : дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / О. В. Чемаева. – Ульяновск, 2003. – 171 с.
4. Яковлев С. В. Обработка и утилизация производственных сточных вод / С. В. Яковлев, Л. С. Волков, Ю. В. Воронков, В. Л. Яковлев. – М.: Химия, 1988. – 442 с.
5. Dushkin S. S. More Effective Clarification Water at Coke Plants / S. S. Dushkin, O. P. Galkina. *Coke Chemistry*. – 2019. – Vol. 62. – Pp. 474–480. – DOI: 10.3103/S106864X19100041.
6. Пантелют Г. С. Количественная и качественная характеристики осадков городских сточных вод / Г. С. Пантелют, Ф. А. Котюк // Науковий вісник будівництва. – 2003. – Вип. 24. – С. 85–90.
7. Сучкова Н. Г. Анализ состояния проблемы рекультивации иловых площадок очистных сооружений городов и перспективы для Харьковского региона / Н. Г. Сучкова // Сб. докладов Международного конгресса: под ред. Кравченко Н.Д. – Киев: НДКТУ–МГ, 2007. – С. 279–284.
8. Пантелют Г. С. Направления решения вопроса обезвоживания и утилизации осадков городских сточных вод / Г. С. Пантелют, Ф. А. Котюк // Сборник научных статей к XII-й Междун. науч.-практ. конф. «Экология и здоровье человека». – Харьков: Райдер, 2004. – С. 311–312.
9. Дрозд Г. Я. Техничко-екологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
10. Matsak A. Method of agricultural sewage water purification at troughs and biosorption bioreactor / A. Matsak, K. Tsytlshvili, O. Rybalova, S. Artemiev, A. Romin, O. Chynchyk // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – Vol. 5. No. 10. – Pp. 15–24.
11. Корінко І. В. Контроль якості води / І. В. Корінко, В. Я. Кобилянський, Ю. О. Панасенко. – Харьков: ХНАГХ, 2013. – 288 с.
12. Keeley J. Coagulant Recovery from Water Treatment Residuals: A Review of Applicable Technologies / J. Keeley, P. Jarvis, S. J. Judd // *Journal Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. – 2014. – Vol. 44. Issue 24. – Pp. 2675–2719.
13. Гольдфарб Л. Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л. Л. Гольдфарб, И. С. Туровский, С. Д. Беляева. – Москва: Стройиздат, 1983. – 60 с.

Dushkin S.

REDUCTION OF THE LEVEL OF TECHNOGENIC HAZARD NEGATIVE EFFECT OF SEDIMENTS OF URBAN WASTE WATER ON THE ENVIRONMENT WITH HUMIC SUBSTANCES

The article discusses the issues of reducing the level of technogenic safety of the negative impact of urban wastewater sludge on the environment by removing heavy metals using humic substances.

It is noted that the technogenic and ecological problem requires an urgent solution through the formation of new effective methods of treatment (neutralization and dehydration) and further disposal of urban wastewater sludge. Silt sites are a source of pollution of soil, groundwater and surface water object and air.

A new method for removing heavy metals from municipal wastewater sludge using humic substances has been developed. It was found that humic substances have a sorption capacity in relation to heavy metals. As a reagent for removing heavy metals from urban wastewater sludge, it is proposed to use the product of processing lignite and peat with alkali using a carbon-alkali reagent, which makes it possible to reduce the concentration of heavy metals to such concentrations that the sludge can be used as fertilizer in agriculture.

Key words: technogenic safety, sewage sludge, humic substances, carbon-alkali reagent, peat, heavy metals, ultrasound, flocculant.

REFERENCES

1. Turovskij I. S. (1988). Obrabotka osadkov stochnyh vod [Sewage sludge treatment]. Moscow: Strojizdat, 256 p.
2. Jakovlev S. V., Voronov Ju. V. (2004). Vodootvedenie i ochildka stochnyh vod [Water disposal and wastewater treatment]. Moscow: Izd-vo Asociacii stroitel'nyh vuzov, 702 p.
3. Chemaeva O. V. (2003). Jekologicheskaja ocenka osadkov stochnyh vod i ispol'zovanie ih v kachestve udobrenija [Environmental assessment of sewage sludge and their use as fertilizer] : thesis ... kand. biol. sciences: 03.00.16. Ul'janovsk, 171 p.
4. Jakovlev S. V., Volkov L. S., Voronkov Ju. V., Jakovlev V. L. (1988). Obrabotka i utilizacija proizvodstvennyh stochnyh vod [Industrial waste water treatment and disposal]. Moscow: Himija, 442 p.
5. Dushkin S. S., Galkina O. P. (2019). More Effective Clarification Water at Coke Plants. *Coke Chemistry*, 62, 474–480. DOI: 10.3103/S106864X19100041.
6. Panteljat G. S., Kotjuk F. A. (2003). Kolichstvennaja i kachestvennaja harakteristiki osadkov gorodskih stochnyh vod [Quantitative and qualitative characteristics of urban wastewater sludge]. *Naukovij visnik budivnictva*, 24, 85–90.
7. Suchkova N. G. (2007). Analiz sostojanija problemy rekul'tivacii ilovyh ploshhadok ochildnyh sooruzhenij gorodov i perspektivy dlja Har'kovskogo regiona [Analysis of the state of the problem of reclamation of sludge areas of treatment facilities in cities and prospects for the Kharkov region]. *Sb. dokladov Mezhdunarodnogo kongressa*: ed. Kravchenko N. D. Kyiv: NDKTU–MG, 279–284.
8. Panteljat G. S., Kotjuk F. A. (2004). Napravljenija reshenija voprosa obezvozhivanja i utilizacii osadkov gorodskih stochnyh vod [Directions for solving the issue of dehydration and utilization of urban wastewater sludge]. *Sbornik nauchnyh statej k XII-j Mezhdun. nauch.-prakt. konf. «Jekologija i zdorov'e cheloveka»*, Kharkiv: Rajder, 311–312.
9. Drozd G. Ja., Zotov N. I., Maslak V. N. (2001). Tehniko-jekologicheskie zapiski po probleme utilizacii osadkov gorodskih i promyshlennyh stochnyh vod [Technical and ecological notes on the problem of utilization of sludge from urban and industrial wastewater]. Doneck: IJeP NAN Ukrainy, 340 p.
10. Matsak A., Tsytlivhili K., Rybalova O., Artemiev S., Romin A., Chynchuk O. (2018). Method of agricultural sewage water purification at troughs and biosorption bioreactor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10), 15–24.
11. Korin'ko I. V., Kobiljans'kij V. Ja., Panasenکو Ju. O. (2013). Kontrol' jakosti void [Water quality control]. Kharkiv: HNAGH, 288 p.
12. Keeley J., Jarvis P., Judd S. J. (2014). Coagulant Recovery from Water Treatment Residuals: A Review of Applicable Technologies. *Journal Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(24), 2675–2719.
13. Gol'dfarb L. L., Turovskij I. S., Beljaeva S. D. (1983). Opyt utilizacii osadkov gorodskih stochnyh vod v kachestve udobrenija [Experience of utilization of urban wastewater sludge as fertilizer]. Moscow: Strojizdat, 60 p.