

Г. В. Сакалова^{1,2}
О. М. Сандул²
А. П. Ранський²
Т. М. Василінич¹

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ СУМІШЕВИМИ СОРБЕНТАМИ

¹Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського;

²Вінницький національний технічний університет

Показано, що адсорбція є ефективним методом доочищення стічних вод підприємств харчової промисловості, що є актуальним для України, яка має як розвинену харчову промисловість, так і значні запаси природних сорбентів, які можна ефективно використовувати з цією метою. Запропоновано удосконалений спосіб регенерації та активування відпрацьованого сумішевого сорбенту, який застосовується у харчовому виробництві на стадії освітлення цукрових сиропів. Регенерацію і активування сумішевого сорбенту, що містить активоване вугілля і кізельгур, здійснювали розчином луґу (KOH, NaOH) з масовою часткою 0,5...1 % та розчином мінеральної кислоти (HNO₃, HCl) з масовою часткою 1...4 %. Встановлено, що використання розчину луґу та мінеральної кислоти максимальної дослідженої концентрації дозволяє досягти значення сорбційної ємності, яку має сумішевий сорбент до його технологічного використання у виробничому процесі (свіжий сумішевий сорбент).

Досліджено можливість повторного використання регенованого сумішевого сорбенту для очищення стічних вод молокопереробних підприємств від органічних забруднювачів, а саме молочної та 2-амінопропіонової кислот. Досліджено механізм процесу сорбції у динамічних умовах на лабораторній установці колонного типу. Встановлено, що ступінь вилучення регенованим сумішевим сорбентом молочної та 2-амінопропіонової кислот становить 95 % та 96 % відповідно. Найвищий ступінь вилучення для молочної кислоти досягався за 200 с, а для 2-амінопропіонової кислоти — за 175 с. Показано, що ефективність регенованого сумішевого сорбенту для вилучення молочної та 2-амінопропіонової кислот практично не відрізняється від ефективності свіжого сумішевого сорбенту. На основі проведених досліджень зроблено висновок, що регенерація відпрацьованого сумішевого сорбенту, що містить активоване вугілля і кізельгур, дозволяє відновити його сорбційну ємність та ефективно використовувати його на стадії доочищення стічних вод харчових виробництв для вилучення забруднювачів органічного походження.

Ключові слова: сорбція, сумішевий сорбент, регенерація, стічні води, органічні забруднювачі, молочна кислота, 2-амінопропіонова кислота.

Вступ

Сучасні харчові технології пов'язані з переробленням великої кількості органічної сировини та використанням складних технологій, чисельних технологічних операцій, в результаті виконання яких, окрім кінцевого продукту харчування, утворюється побічна сировина (сироватка, жири, лактоза, молочні білки, м'яса, жом, сивушні масла, синтетичні органічні сполуки та ін.) та технологічні відходи виробництва (забруднена технологічна вода, відпрацьовані природні та синтетичні сорбенти). Тобто, під час перероблення органічної сировини окрім харчового продукту утворюється велика кількість цінних відходів виробництва, які можуть підлягати вторинному переробленню. Ще однією особливістю молочних, м'ясо-, рибопереробних, масло(олійно)-екстракційних, пивоварних, цукрових заводів та інших підприємств харчової промисловості є утворення величезної кількості забруднених стічних вод, що підлягають обов'язковому очищенню. Такі стоки міс-

тять компоненти перероблювальної сільськогосподарської сировини, що, як і більшість речовин біологічної природи, підлягають активному окисненню. Завдяки чому скидання таких стічних вод без їхнього попереднього очищення у міську каналізаційну мережу неможливе, оскільки їхнє попадання у природні водойми призводить до погіршення умов життєдіяльності гідробіонтів через те, що на окиснення цих речовин витрачається кисень, розчинений у воді, і є одним з найважливіших умов життєдіяльності водної біоти [1]. Таким чином, вищезазначене вказує на значний негативний вплив харчових виробництв на довкілля, адже утворення промислових відходів у рамках одного виробничого процесу є неминучим [2]. Проте, в рамках економіки замкненого циклу (International Environmental Technology Center, EC, 2015)/циркулярної економіки технологічні процеси перероблення сільськогосподарської сировини, виробництва готової продукції, утворення та перероблення промислових відходів мають бути логістично пов'язані, подібно до промислових циклічних процесів [3]. Водночас важливим є використання відходів одного сектору промисловості як цінної вихідної сировини іншого виробництва [4]—[11].

Узагальнюючи дані, наведені у роботах [4]—[11], можна стверджувати, що ефективна реалізація основних принципів циркулярної економіки «відходи–сировина» можлива у межах замкнених/інтегрованих технологічних циклів з повторним використанням як технічної води, так і різноманітних виробничих і технологічних відходів.

Переважає більшість стічних вод харчової промисловості утворюється безпосередньо в результаті виробничих або технологічних операцій:

- утворення первинних маточних розчинів харчових продуктів;
- утворення промивних вод в процесі очищення вихідної сировини або готової продукції;
- використання гарячої води для стерилізації готової продукції;
- використання води для дистиляції готової продукції (спиртове виробництво) або для конденсації водяної пари.

Тобто, можна передбачити, що стічні води харчових виробництв будуть забруднені завислими твердими речовинами та великою кількістю розчинених речовин органічного та неорганічного походження. При цьому необхідно зазначити, що стічні води харчових виробництв мають у своєму складі значну кількість природних речовин, що добре піддаються біологічному розкладанню. Основні методи очищення таких стічних вод показані на рис. 1.

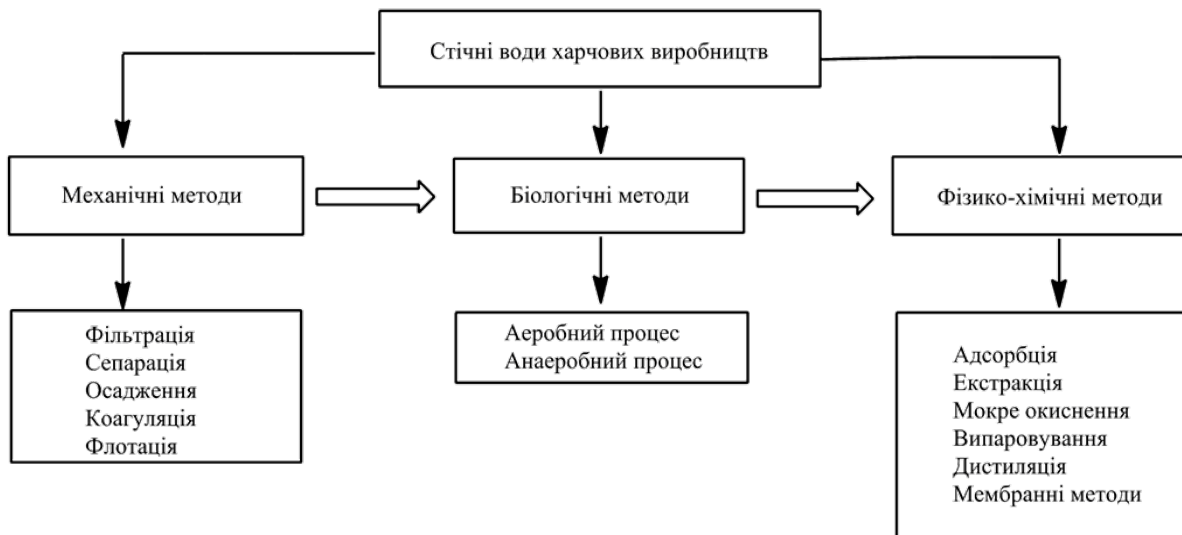


Рис. 1. Класифікація основних сучасних методів очищення стічних вод [12]

Зазвичай стічні води харчових виробництв очищують від механічних домішок та подають на біологічне очищення. За незначного вмісту органічних речовин такі стічні води доочищуються фізико-хімічними методами (рис. 1). Табл. 1 показує ефективність та можливість застосування основних фізико-хімічних методів для доочищення стічних вод харчових виробництв [13].

Наведені у табл. 1 дані вказують на універсальність та ефективність використання методу адсорбції для доочищення стічних вод харчових виробництв. Особливо це актуально для України, яка має не лише розвинену харчову промисловість, а і великі запаси природних сорбентів (бентоніти, цеолітові та фарфорові глини, каолін, кремнезем), які можна ефективно використовувати для очищення стічних вод [14].

Фізико-хімічні методи доочищення стічних вод харчових виробництв [13]

Метод	Забруднювачі стічної води				
	Органічні	Важкі метали	NH ₄ ⁺ / «N»	PO ₄ ³⁻ / «P»	Олія
Адсорбція	+	+	+	+	+
Іонний обмін	+	+	—	—	—
Мокре окиснення	+	—	—	—	—
Випаровування	+	+	+	+	—
Дистиляція	+	—	—	—	—
Мембранна фільтрація (MF, UF)	+	+	—	—	+

Такі мінерали містять поверхнево-активні центри різної природи, мають мікро- та наношарувату структуру та володіють низкою специфічних властивостей: високою катіонно-обмінною ємністю, здатністю до іонного обміну. Це дозволяє ефективно використовувати їх не лише як сорбенти для очищення стічних вод, а і як сполуки для знешкодження радіоактивних ізотопів, як потенційно активні каталізатори, а також у косметології і фармації.

Проте, особливістю промислового використання таких природних сорбентів для очищення стічних вод є те, що в деяких випадках вони мають недостатню сорбційну ємність або потребують регенерації на стадії їх повторного використання. Тому проведення досліджень з активування сорбційних властивостей природних сорбентів для повторного промислового використання для доочищення стічних вод є актуальною задачею для підприємств харчової промисловості.

Мета роботи — удосконалення регенерації та активування сумішевого сорбенту, що складався з активованого вугілля та кізельгуру, та дослідження його використання для очищення стічних вод молокопереробної промисловості від органічних забруднювачів.

Експериментальна частина

Об'єктами дослідження взято відпрацьований сумішевий сорбент, який використовувався для очищення водно-цукрового розчину виробництва безалкогольних напоїв ВФ «Панда» (м. Вінниця), і стічні води молокопереробної промисловості.

Сумішевий сорбент складався з активованого вугілля марки Деколар А та кізельгуру марок Бекогур 200 та Бекогур 3500, у співвідношенні 4 : 6, стадійно нанесених на опорний картон марки INDURA фільтр-преса. Регенерацію та активування відпрацьованого сумішевого сорбенту проводили стадійним відмиванням водою, лугом (KOH, NaOH) та мінеральною кислотою (HNO₃, HCl) відповідно до умов, поданих у табл. 2.

Таблиця 2

Умови та результати регенерації сумішевого сорбенту

Номер прикладу	Масова частка розчину, %												Сорбційна ємність за йодом (відносна %)
	KOH			NaOH			HCl			HNO ₃			
	0,5	0,75	1,0	0,5	0,75	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	3,5	
1	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	88,4
2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	87,7
3	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—	92,0
4	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	88,4
5	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	90,6
6	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	92,1
7	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	95,3
8	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—	88,7
9	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	91,9
10	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	92,0
11	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	99,0
12	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	98,5
13	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	100,0
14	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	100,0

У плоскодонну колбу вносили 50 г відпрацьованого сумішевого сорбенту, додавали 200 мл води та інтенсивно перемішували суміш на магнітній мішалці VELP AREC за температури 30...60 °С протягом 45 хвилин. Сумішевий сорбент відфільтровували, додавали розчин луку та

кип'ятили протягом 30 хвилин. Після охолодження фільтруванням виділяли частково регенований сумішевий сорбент. В подальшому додавали розчин кислоти та кип'ятили протягом 30 хвилин. Суміш охолоджували, відфільтровували регенований сумішевий сорбент та промивали його водою до нейтральної реакції промивних вод. Висушування регенованого сумішевого сорбенту проводили до постійної маси в природних умовах.

Сорбційну ємність сумішевого сорбенту визначали за йодом за методикою [15]. За 100 % брали сорбційну ємність сумішевого сорбенту до його використання в технологічному процесі очищення водно-цукрового розчину виробництва безалкогольних напоїв (свіжого сумішевого сорбенту). Визначена сорбційна ємність відпрацьованого сумішевого сорбенту становила 51,2 %.

В стічних водах підприємств молочної галузі у значній кількості містяться молочні білки (переважно водорозчинні альбуміни), жири, лактоза, молочна кислота, фосфорні та інші сполуки [16]. Для дослідження використали модельні розчини, що містять молочну кислоту концентрації 0,002 мг/дм³, і аланін (моделювання вмісту водорозчинних білків) такої ж концентрації. Молочна (α -оксіпропіонова) — гідроксикарбонова кислота ($pK_a = 3,86$), легко розчинна у воді, викликає подразнення шкіри та серйозні пошкодження очей [17]. Аланін (2-амінопропіонова) — амінокислота ($pK_a = 2,33$), розчинна у воді, є незамінною амінокислотою для людського організму [18].

Сорбцію молочної і 2-амінопропіонової кислот сумішевим сорбентом (свіжим та регенованим) досліджували у динамічних умовах з використанням лабораторної установки колонного типу [19]. Установка складалася з ділильної лійки, адсорбційної колони з краном та ємності для збирання фракцій. Модельний розчин з ділильної лійки надходив до адсорбційної колони з сумішевим сорбентом. При цьому сорбент, висота шару якого становила не менше 7 см, знаходився на решітці, вкритій фільтрувальним папером (чорна стрічка). Кран адсорбційної колони повністю відкрито, тоді як швидкість фільтрування регулювали краном на ділильній лійці. Фільтрат через певні інтервали часу збирали у ємність та аналізували його.

У фільтраті вміст молочної кислоти визначати методом потенціометричного титрування [20], амінокислоти — фотометричним методом, який ґрунтується на здатності пептидних зв'язків ($-\text{CO}-\text{NH}-$) карбоксильних та аміногруп утворювати синьо-фіолетові комплексні сполуки з сульфатом міді в лужному середовищі [21].

Результати дослідження

Результати, отримані під час регенерації сумішевого сорбенту, зведені у таблиці 2. При цьому використання для регенерації сумішевого сорбенту розчину лугу (KOH, NaOH) та розчину мінеральної кислоти (HNO_3 , HCl) концентрації відповідно 0,5...0,75 % та 1,0...2,0 % дозволяє збільшити сорбційну ємність у порівнянні з нерегенованим сумішевим сорбентом на 36,5...40,8 % (приклади 1—3). Якщо один з розчинів (лугу або мінеральної кислоти) має максимальну концентрацію, тоді як інший — меншу, спостерігається збільшення сорбційної ємності у порівнянні з нерегенованим сумішевим сорбентом на 37,2...44,1 % (приклади 4—10). Максимальне збільшення сорбційної ємності у порівнянні з нерегенованим сумішевим сорбентом (на 47,3...48,8 %) досягли у разі використання розчину лугу та мінеральної кислоти найбільшої концентрації, відповідно 1,0 % та 3,5...4,0 % (приклади 11—14) та отримали значення ємності, яку мав сумішевий сорбент до його технологічного використання для освітлення цукрового сиропу (приклади 13, 14).

Регенований сумішевий сорбент використали для сорбційного вилучення молочної кислоти та аланіну з модельних розчинів. Отримані при цьому результати подано в табл. 3.

Таблиця 3

Експериментальні дані адсорбції молочної кислоти і аланіну

Час τ , с	Ступінь вилучення, %			
	молочна кислота		2-амінопропіонова кислот	
	свіжий сумішевий сорбент	регенований сумішевий сорбент	свіжий сумішевий сорбент	регенований сумішевий сорбент
25	0	0	15	5
50	4,8	5	45	32
75	55	60	65	47
100	75	70	82	60
125	80	75	90	80
150	90	85	94	90

Час τ , с	Ступінь вилучення, %			
	молочна кислота		2-амінопропіонова кислот	
	свіжий сумішевий сорбент	регенерований сумішевий сорбент	свіжий сумішевий сорбент	регенерований сумішевий сорбент
175	95	90	99	96
200	98	95	97	96
225	98	95	98	96
250	—	—	99	96

Експериментальні дані свідчать, що в умовах динамічного режиму процесу адсорбції молочної кислоти на дослідженому сумішевому сорбенті має місце змішано-дифузійний механізм адсорбції. Вихід на плато спостерігається в інтервалі 100...150 с. Вихід на плато, коли $\tau > 150$ с в процесі сорбції 2-амінопропіонової кислоти вказує на перехід адсорбційного процесу у внутрішню дифузійну область та у стан рівноваги.

З поданих у табл. 3 даних видно, що ефективність регенованого сумішевого сорбенту практично не відрізняється від свіжого. Використання останнього забезпечує дещо вищий ступінь вилучення (98 % для молочної кислоти та 99 % для аланіну), тоді як регенованого сумішевого сорбенту — на 3 % менше, що є в межах похибки експерименту. Найвищий ступінь вилучення для молочної кислоти як для свіжого, так і для регенованого сумішевого сорбенту досягався за 200 °С, а для 2-амінопропіонової кислоти — за 175 с.

Таким чином, можна стверджувати, що регенерація відпрацьованого сумішевого сорбенту, що містить активоване вугілля і кізельгур, дозволяє відновити його сорбційну ємність та ефективно використовувати регенований сумішевий сорбент на стадії доочищення стічних вод харчових виробництв для вилучення забруднювачів органічного походження (молочної кислоти і аланіну).

Висновки

1. Удосконалено технологію регенерації та активування відпрацьованого сумішевого сорбенту, що складався з активованого вугілля та кізельгуру, шляхом стадійного його відмивання водою, лугом (KOH, NaOH) та мінеральною кислотою (HNO₃, HCl). Показано, що використання луку (KOH, NaOH) та мінеральної кислоти (HNO₃, HCl) максимальної концентрації відповідно 1,0 та 3,5...4,0 % дозволяє максимально збільшити сорбційну ємність у порівнянні з нерегенованим сумішевим сорбентом на 47,3...48,8 %.

2. Досліджено та встановлено ефективність використання регенованого сумішевого сорбенту, що складався з активованого вугілля та кізельгуру, для доочищення стічних вод молокопереробної промисловості від органічних забруднювачів, а саме молочної та 2-амінопропіонової кислот, що зменшує їхню концентрацію на 95 та 96 % відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] П. І. Гвоздяк. *Біологічне очищення води. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод*, А. К. Запольський. Ред., підруч. Київ, Україна, 2000, с. 479-502.
- [2] N. S. Kakwani, and P. P. Kalbar, "Review of circular economy in urban water sector: challenges and opportunities in India," *J. Environ. Manag.* 271:111010, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111010>.
- [3] M. Andrews, P. Berardo, and D. Foster, "The sustainable industrial water cycle a review of the economical and approach," *Water Sci. Technol. Water Supply*, no. 11, pp. 67-77, 2011. <https://doi.org/10.2166/ws.2011.010>.
- [4] T. G. Walmsley, B. H. Y. Ong, I. I. Klemes, R. R. Tan, and P. S. Varbanov, "Circular integration of processes, industries, and economies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 107 (C), pp. 507-515, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.039>.
- [5] L. Gai, P. S. Varbanov, Y. V. Fan, I. I. Klemes, and S. V. Romanenko, "Trade-offs between the recovery, exergy demand and economy in the recycling of multiple resources," *Resources Conservation and Recycling*, 167:105428, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105428>.
- [6] Б. В. Коріненко, О. С. Худоярова, К. Ю. Гура, і А. П. Ранський, «Циркулярна економіка та термохімічна конверсія твердих відходів», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 4, с. 7-19, 2021. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-157-4-7-19>.
- [7] А. П. Ранський, Б. В. Коріненко, О. А. Гордієнко, і Є. О. Євдокименко, «Альтернативна енергетика: отримання паливних брикетів з пірокарбону термодеструкції полімерних відходів», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, с. 13-20, 2023. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-166-1-13-20>.
- [8] Б. В. Коріненко, і А. П. Ранський, «Альтернативна енергетика: отримання синтез-нафти при піролізній переробці поліпропіленових відходів», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 6-14, 2023. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-167-2-6-14>.

- [9] A. Ranskiy, O. Sandul, O. Gordienko, and T. Titov, "Development of new C,S,N-containing plastic lubricants based on products from industrial waste integrated processing," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1, № 6 (127), pp. 13-21, 2024. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296622> .
- [10] A. Ranskiy, O. Gordienko, H. Sakalova, T. Sydoruk, T. Titov, and O. Blazhko, "Complex Sorption Treatment of Industrial Waste and Production of Plastic Lubricants," *Ecological Engineering & Environmental Technology*, vol. 24, no. 3, pp. 54-59, March. 2023. <https://doi.org/10.12912/27197050/159628> .
- [11] A. Ranskiy, O. Gordienko, and R. Kryklyvyi, "Pyrolysis processing of waste components of electronic products," *Chemistry & Chemical Technology*, vol. 18, № 1, pp. 103-106, 2024. <https://doi.org/10.23939/chcht18.01.108> .
- [12] V. K. Gupta, I. Ali, T. A. Saleh, A. Nayak, and S. Agarwal, "Chemical treatment technologies for waste-water recycling – an overview," *RSC Adv*, no. 2, pp.6380-6388, 2012. <https://doi.org/10.1039/c2ra20340e> .
- [13] A. J. Toth, D. Fozar, P. Mizsey, P. S. Varbanov, and J. J. Klemes, "Physicochemical methods for process wastewater treatment: powerful tools for circular economy in the chemical industry," *Rev Chem Eng.*, no.7, pp. 1123-1151, 2022. <https://doi.org/10.1515/revce-2021-0094> .
- [14] Л. А. Фролова, і І. С. Шунькін, «Характеристика глинистих порід Полозького родовища, » *Таврійський науковий вісник*, № 3, с. 116-123, 2021. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.3.14> .
- [15] О. С. Художорова, «Комплексне сорбційне очищення промислових стічних вод від сульфід- та купрум(II)-іонів.» дис. канд. техн. наук, Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського, Київ, 2021.
- [16] А. М. Гивлюд, «Моніторинг забруднення стічних вод молокопереробних підприємств,» *Вісник Нац. ун-ту «Львів. політехніка». Хімія, технологія*, 2014. <https://doi.org/10.56287/95240-6-6> .
- [17] О. Я. Давидович, і Х. Р. Спринь, «Методи визначення концентрації молочної кислоти у харчових продуктах», *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, № 30, с. 45-52, 2022. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-06> .
- [18] О. Б. Мехед, Б. В. Яковенко, і О. П. Третяк, *Біоорганічна хімія*, навч. посіб., Чернігів, Україна: Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка, 208 с., 2013.
- [19] А. М. Гивлюд, «Знешкодження забруднень стічних вод молокопереробних комплексів сорбційними методами.» дис. канд. техн. наук, Нац. ун-т «Львівська політехніка», Львів, 2016.
- [20] А. М. Гивлюд, і В. В. Сабадаш, «Застосування вуглецевих та мінеральних сорбентів для очищення стічних вод молокопереробних підприємств.» *Матеріали I Міжнародної конференції молодих вчених EcoTour*, Львів, 2014, с. 34-36.
- [21] A. Nyvlyud, V. Sabadash, J. Gumnitsky, and N. Ripak, "Statics and kinetics of albumin adsorption by natural zeolite," *Chemistry & Chemical Technology*, vol. 13, № 1, pp. 95-100, 2019. <https://doi.org/10.23939/chcht13.01.095> .

Рекомендована кафедрою екології, хімії та технологій захисту довкілля ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 16.04.2024

Сакалова Галина Володимирівна — д-р техн. наук, професор, зав. кафедри хімії та методики навчання хімії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського; професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля Вінницького національного технічного університету;

Сандул Ольга Миколаївна — аспірантка кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: sandulola1@gmail.com ;

Ранський Анатолій Петрович — д-р. хім. наук, професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Василінич Тамара Миколаївна — канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики навчання хімії.

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця

H. V. Sakalova^{1,2}
O. M. Sandul²
A. P. Ranskiy²
T. M. Vasylynych¹

Wastewater Treatment of the Dairy Processing Industry by Mixed Sorbents

¹Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University;

²Vinnitsia National Technical University

It is shown that adsorption is an effective method of wastewater treatment of food industry enterprises, which is relevant for Ukraine, which has both a developed food industry and significant reserves of natural sorbents that can be effectively used for this purpose. An improved method of regeneration and activation of the used mixed sorbent, which is used in food production at the stage of clarification of sugar syrups, has been proposed. Regeneration and activation of a mixed sorbent

containing activated carbon and kieselguhr was carried out with a 0.5...1 % wt. solution of alkali (KOH, NaOH) and 1...4 % wt. solution of mineral acid (HNO₃, HCl). It has been established that the use of a solution of alkali and mineral acid of the maximum studied concentration allows to reach the value of the sorption capacity that the mixed sorbent had before its technological use in the production process (fresh mixed sorbent).

The possibility of reusing the regenerated mixed sorbent for purification wastewater of dairy processing enterprises from organic pollutants, namely lactic and 2-aminopropionic acids, has been studied. The mechanism of the sorption process was studied under dynamic conditions on a column-type laboratory unit. It has been established that the degree of recovery of lactic and 2-aminopropionic acids by the regenerated mixed sorbent is 95 % and 96 %, respectively. The highest degree of extraction for lactic acid was achieved in 200 sec, and for 2-aminopropionic acid — in 175 sec. It has been shown that the efficiency of the regenerated mixed sorbent during the extraction of lactic and 2-aminopropionic acids practically does not differ from the efficiency of the fresh mixed sorbent. On the basis of the performed research, it was concluded that the regeneration of the used mixed sorbent containing activated carbon and kieselguhr allows to restore its sorption capacity and effectively use it at the stage of post-purification of food production wastewater from organic pollutants.

Keywords: sorption, mixed sorbent, regeneration, wastewater, organic pollutants, lactic acid, 2-aminopropionic acid.

Sakalova Halyna V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Chemistry and Methods of Teaching Chemistry of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyi; Professor of the the Chair of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies of Vinnytsia National Technical University;

Sandul Olga M. — Post-Graduate Student of the Chair of Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: sandulola11@gmail.com ;

Ranskiy Anatoliy P. — Dr. Sc. (Chem.), Professor, Professor of the Chair of Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: ranskiy@gmail.com ;

Vasylynych Tamara M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Methods of Teaching Chemistry