
ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 628.33

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.11>

РОЛЬ ТА МІСЦЕ МЕТОДУ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ В ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ СОЛОДОВЕНЬ ПИВОВАРЕНИХ ЗАВОДІВ (НА ПРИКЛАДІ ПРАТ «ОБОЛОНЬ»)

Бондар О.І.¹, Загороднюк К.Ю.¹, Брук-Левінсон Е.Т.², Загороднюк Ю.В.³, Салтанюк В.М.⁴

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

²Компанія AMTR Scientific Ltd.

вул. Мівца Кадеш, 21, 49345, Петах-Тиква, Ізраїль

³Громадська організація «Фонд розвитку водоочисних технологій»
пр. Визволителів, 1, 02125, м. Київ

⁴Приватне акціонерне товариство «Оболонь»
вул. Богатирська, 3, 04212, м. Київ

Досліджено метод магнітної сепарації в інтегрованій системі утилізації відходів солодовень пивоварних заводів. «Довкілля і зміна клімату» – один із передбачених розділів переговорів щодо членства України у ЄС, зокрема й критерії приєднання. Одне із ключових питань, що доведеться вирішувати фахівцям, – це впровадження неокласичних технологій, здатних забезпечити так званий «зелений перехід» підприємств, зокрема й водопровідно-каналізаційного господарства. Вуглецевий слід водоочисних та каналізаційних очисних споруд яких, за Європейською методологією оцінки, – один з найбільших серед великих промислових підприємств України. Без неокласичних технологій захисту навколишнього середовища, нерозуміння внеску існуючих технологій водопостачання та водовідведення, основ публічного управління та адміністрування, визначити, запроєктувати, впровадити, експлуатувати необхідні, прийнятні в кожному окремо взятому випадку технологічні рішення, а отже, досягти кліматичної нейтральності, а також повноправного членства в ЄС неможливо. Промислові сектори виробництва продуктів харчування та напоїв, хімічна, фармацевтична, целюлозно-паперова промисловості та тваринництво є основними, більш суворі вимоги до діяльності яких призводять до необхідності підвищення ефективності виробничих технологій, перш за все, з метою зниження споживання води, зменшення кількості стічних вод, і, якщо це можливо, отримання стічних вод такої якості, що дозволяє їх повторне використання у виробничому процесі. Підвищення тиску світового ринку у напрямку зменшення витрат, змушує компанії скорочувати останні для підтримки своєї конкурентоспроможності. Ці два фактори відкривають можливості новим технологіям, використання яких може забезпечити одночасного досягнення високої ефективності і значного скорочення витрат. Одним з методів, який відкриває можливості існування таким технологіям, є метод магнітної сепарації, який є ефективним засобом видалення майже 100% зважених твердих частинок, і, таким чином, забезпечує дуже ефективне відокремлення води від органічних і мінеральних речовин, які розкладаються під час нагрівання, термостійких неорганічних речовин тощо. Наукові дослідження засвідчили, що метод магнітної сепарації відіграє одну з ключових ролей в інтегрованій системі утилізації відходів солодовень пивоварних заводів, хоча, власне, і не гарантує їхню утилізацію, проте забезпечує ефективний поділ відходів солодовень пивоварних заводів на компоненти, використання яких добре вивчено і навіть може приносити вигоди власнику таких відходів. *Ключові слова:* метод магнітної сепарації, інтегрована система утилізації відходів солодовень пивоварних заводів, зниження витрат, підтримка конкурентоспроможності, більш суворі вимоги, очищення стічних вод, підвищення тиску світового ринку.

Magentic separation method role and place in ntegrated system of breweries' malt houses wastes' utilization (on PJC “Obolon” example). Bondar O., Zahorodniuk K., Brook-Levinson E., Zahorodniuk Yu., Saltaniuk V.

“Environment and climate change” is one of clauses in negotiations on Ukraine’s membership in the EU, including the accession criteria. One of the key points to be resolved by specialists is introduction of neoclassical technologies capable to ensure the so-called “green transition” of enterprises, including the water supply and sewage industry, the carbon footprint of water treatment and sewage treatment plants of which are one of the largest among big industrial enterprises of Ukraine in case when is assessed according to European methodology. Without neoclassical environmental protection technologies, in case of contribution of existing water supply and drainage technologies understanding lack, lack of public management and administration basics, to determine, design, implement, operate the necessary, acceptable in each individual case technological solutions, which means to achieve climate neutrality, as well as full membership in the EU is simply impossible. Industrial sectors of Food&Drinks, Chemicals, Pharmaceuticals, Pulp paper and Livestock are the main, stricter requirements to which leads to the need for improved more efficient technologies, that consume less water, produce less waste water, and, if possible, produce waste water with such a quality that enables its reuse in the production processes. Increasing pressure of the world market in the field of cost reduction, which makes the company to reduce its costs in order to maintain their competitiveness. These two facts open the possibility for new technologies that can achieve simultaneously

outstanding efficiency and significant reductions in costs. One of the methods, which enables such technologies, is magnetic separation method, which is an effective tool to achieve nearly 100% removal of suspended solids, and thus very effectively separate water from organic and mineral substances which decompose when heated, heat-resistant inorganic substance on each and any stage of waste water processing. Our researches proved that magnetic separation method plays one of key roles in integrated system of breweries' malt houses wastes utilization, while itself it does not ensure their recycling, but it provides effective breweries' malt houses wastes separation into components which utilization well studied and even leads to benefits for wastes owner. *Key words:* magnetic separation method, integrated system of breweries' malt houses wastes utilization, cost reduction, competitiveness maintaining, stricter requirements, waste water treatment, increasing pressure of the world market.

Актуальність. Загальна сутність проблеми.

Європейський ринок комунальних послуг в галузі водопостачання, водовідведення та очистки стічних вод – один з найбільш зрілих ринків у світі і може бути порівняний за видатками з аналогічними ринками глобальних партнерів ЄС, а його щорічний обсяг обчислюється десятками (на даний час вже більше сотні) млрд. доларів [1]. Технології водопідготовки та очищення стічних вод складають 7,6% цього ринку, який зростає і, як очікується, буде стійко зростати з сукупними темпи річного збільшення на 3,8% (з \$ 104.27 млрд. до \$ 130.51 млрд.) за 2019–2025 року (без урахування України), рушійною силою чого є потреби у поліпшенні або відновленні ефективності технологічних процесів, а також посилення законодавчих вимог.

Промислові сектори виробництва продуктів харчування і напоїв, хімічна, фармацевтична, целюлозно-паперова промисловості та тваринництво є основними, більш суворі вимоги до діяльності яких призводять до необхідності вдосконалення технологій. У зв'язку з цим компанії відкриті до нових рентабельних технологій, які довели свою надійність з урахуванням поточних витрат і впливу на навколишнє середовище та готові їх впроваджувати, якщо обслуговування забезпечується надійним партнером. Сьогодні заводи потребують скорочення інвестицій, витрат на технічне обслуговування та експлуатаційних витрат за рахунок простих, недорогих, ефективних систем. Великі промислові підприємства, основні кінцеві споживачі технологій очищення стічних вод на основі методу магнітної сепарації, стикаються з високими витратами на очищення стічних вод через їх (стічних вод) великі обсяги та перевищення запланованих видатків. Більш жорсткі вимоги, пов'язані з необхідністю зниження викидів забруднюючих речовин з промислових об'єктів ЄС, буде результатом реалізації Директиви ЄС з промислових викидів [2], зокрема, особлива увага буде зосереджена на забрудненнях від точкових джерел, в тому числі і промислових стічних водах [3]. Це негативно впливає на глобальну ринкову конкурентоспроможність підприємств ЄС у порівнянні з тими підприємствами, що підпадають під менш жорсткі вимоги щодо цього питання. Також підвищується попит на утилізацію шламів, утворення яких різко збільшилось [3]. На сьогодні основними тенденціями європейського ринку стічних вод комунального та промислового господарства є імплементація передових технологій очищення стоків та відновлення застарілої інфраструктури [4], тому існує потреба ринку в більшій ефективності експлуатації обладнання і його модернізації, яка, як очікується, збільшить витрати підприємства. Одним з типів відходів, що слабо піддаються утилізації за їх складного поділу на компоненти є відходи харчової промисловості. Серед підприємств цієї галузі найбільш складна задача стосується утилізації відходів солодовень пивоварних заводів. Таким чином, наше дослідження було зосереджено саме на цьому питанні.

Основними відходами солодовень пивоварних заводів є промислові стічні води, аспіраційний пил сушильних камер та невловлювані газоподібні речовини.

Більшість солодовень пивоварених підприємств для очистки стічних вод використовує аеробні методи, що потребує приблизно 100 кВт-год електроенергії на 100 кг ХСК вихідних стічних вод, яка витрачається на забезпечення аеробних процесів киснем через систему аерації. З аспіраційного пилу сушильних камер виготовляють пеллети, що використовують для отримання тепла та/чи електроенергії у піролізних котлах. Невловлювані газоподібні речовини, що за законодавством не є відходами, викидаються в атмосферне повітря і завдають суттєвої шкоди навколишньому середовищу.

Ефективність очистки стічних вод є одним з вирішальних факторів екологічної безпеки будь-якої держави. Найскладніше здійснювати якісне очищення стічних вод саме підприємств харчової промисловості, оскільки одні лише біологічні методи їх очистки далеко не завжди здатні гарантувати необхідну ефективність.

Окрім того, на підприємствах харчової промисловості утворюються і інші відходи, окрім стічних вод (наприклад, на солодовнях пивоварювальних заводів – аспіраційний пил сушильних камер та невловлювані газоподібні речовини), які досить часто важко піддаються утилізації. До складу відходів всіх харчових підприємств входить вода, органічні речовини, мінеральні речовини, що розкладаються при нагріванні та термостійкі неорганічні речовини (зола). Співвідношення між водою та всіма іншими речовинами, що входять до складу відходів визначає стан останніх: рідкий чи твердий.

Сучасні технології дозволяють перетворити органічні речовини та мінеральні речовини [5], що розкладаються при нагріванні, в теплову чи

електроенергію, а тому вони фактично являють собою паливно-енергетичну сировину [6, 7]. Воду та термостійкі неорганічні речовини перетворити в теплову чи електроенергію використовуючи відомі на даний час методи практично неможливо або дуже складно [6, 8]. З огляду на, це стає очевидним, що необхідно забезпечувати ефективне розділення різних за своїми властивостями складових відходів підприємств харчової промисловості.

Сучасні технології обробки стічних вод підприємств харчової промисловості представлені широким спектром апаратно оформлених процесів. Основними, проте не єдиними, методами обробки стічних вод підприємств харчової промисловості є фізико-хімічні та біологічні, що часто поєднують [7]. Чільне місце серед фізико-хімічних методів посідають процеси коагуляції та флокуляції. Не вдаючись у деталі вказаних процесів, які широко описані в літературі, слід зазначити, що їх результатом є утворення пластівців, які відділяються від води, утворюючи дисперсну фазу [9]. Таке розділення слід вважати умовним, оскільки дисперсна фаза, що утворилася все ще повинна бути відділена від води. В залежності від щільності пластівців, що утворилися (більша чи менша за щільність води), їх відділення може бути основане на осадженні чи флоатації. Існують методи інтенсифікації обох цих процесів (наприклад, введення баластних домішок у склад пластівців, що суттєво підвищує їх гідравлічну крупність та підвищує швидкість їх осідання, чи насичення води перед її подачею у флотатор повітрям під підвищеним тиском, що призводить до генерації великої кількості мікробульбашок, що сприяє швидкому спливанню пластівців на поверхню). Не вдаючись у добре описані в літературі деталі, слід зазначити, що осадження і флоатація визначаються гравітаційними та гідростатичними силами.

Однак, поряд з гравітаційними силами існують і інші сили, які можна ефективно використовувати для відділення дисперсної фази від води [9]. Такими силами є магнітні сили.

Науковою компанією AMTR Scientific Ltd. доведено, що введення магнітних речовин в якості баластних домішок до складу пластівців, які утворюються при обробці стічних вод, відкриває можливість не лише їх магнітного осадження, але й істотно зменшує вологості осадів, що з них утворюються під дією статичного магнітного поля. Окрім того, такі осади набувають яскраво виражених гідрофобних властивостей, що проявляється спонтанним відділенням води з плином часу без будь-якого зовнішнього впливу [5, 7, 8, 9].

Таке рішення легко технічно реалізується та масштабується [5], що відкриває широкі перспективи використання методу магнітної сепарації для очистки стічних вод підприємств харчової промисловості в цілому та солодовень пивоварних заводів зокрема.

Розділення води та зв'язаних речовин хоча і відкриває нові можливості утилізації вуглецевмісних відходів підприємств харчової промисловості в цілому та солодовень пивоварних заводів зокрема, проте само по собі її не забезпечує, що свідчить про необхідність наукового обґрунтування технологічної схеми утилізації відходів солодовень пивоварних заводів виходячи з можливості їх ефективного розділення.

Зважаючи на вище викладене, **метою** наукового дослідження стала розробка сучасної промислової біотехнології, що базується на останніх українських розробках у галузі метагеноміки, мікробіології, біохімії, фізики та хімії поверхні.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі **завдання**:

1) Дослідити склад стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні пивоварного заводу за параметрами, які мають вплив на ефективність метагенезу та піролізу.

2) На підставі отриманих даних та описаних вище можливостей обґрунтувати оптимальну схему утилізації відходів солодовні пивоварного заводу.

3) Підтвердити можливість реалізації обґрунтованої схеми.

Матеріали та методи. Відбір проб стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні пивоварного заводу здійснювали у відповідності до вимог ДСТУ ISO 5667 – 13: 2005, ГОСТ 17.4.3.01 та ГОСТ 2.1560.0. Для дослідження складу стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні пивоварного заводу були використані стандартні органолептичні, фізичні, хімічні, електрохімічні та фізико-хімічні методи [10]. Для обґрунтування оптимальної схеми утилізації цих відходів були використані бібліографічний метод аналізу наукової інформації, методи розрахунків та прогнозування. Для підтвердження можливості реалізації обґрунтованої схеми був використаний метод диференційно-термічного аналізу. Надлишковий активний мулу був оброблений магнітними речовинами, гідроксидом натрію та коагулянтном залізовмісним хлористо-сульфатним, виготовленим за ТУ У 24.1-33075701-002:2011 після чого був пропущений через статичне магнітне поле, внаслідок чого відбулося остаточне незворотне розділення води та осаду стічних вод. Отриманий таким чином осад стічних вод змішали у співвідношенні 3:2 з іншими вуглецевмісними відходами солодовні пивоварного заводу (аспіраційним пилом та сплавом). Нагрівання отриманого зразку суміші осаду стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні пивоварного заводу здійснили на комп'ютерному дериватографі Q-1000 до 1000°C.

Результати та їх обговорення. Фізико-хімічні властивості виробничих стічних вод, первинного осаду (сплаву), надлишкового активного мулу після обробки на декантері та аспіраційного пилу із сушильних камер Солодовні наведено у таблицях 1–4.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості виробничих стічних вод локальних каналізаційних очисних споруд солодовні пивовареного заводу

№ з/п	Фізико-хімічні властивості	Методики визначення	Одиниці виміру	Значення
1.	pH	ДСТУ 4077-2001	од. pH	8,1
2.	Жорсткість	ГОСТ 26449.1-85	мг-екв/дм ³	7,2
3.	Сухий залишок	МВВ 081/12-0109-03	мг/дм ³	985,0
4.	Лужність	ГОСТ 26449.1-85	мг-екв/дм ³	8,4
5.	NH ₄ ⁺	ГОСТ 26449.1-85	мг/дм ³	4,1
6.	NO ₃ ⁻	КНД 211.1.4.023-95	мг/дм ³	28,5
7.	NO ₂ ⁻	КНД 211.1.4.027-95	мг/дм ³	11,3
8.	PO ₄ ³⁻	ДСТУ ISO 6878:2003	мг/дм ³	5,2
9.	ХСК	ДСТУ ISO 5060-2003	мгО ₂ /дм ³	430,0
10.	БСК ₅	КНД 211.1.4.024-95	мгО ₂ /дм ³	310,0
11.	Завислі речовини	КНД 211.1.4.039-95	мг/дм ³	90,0
12.	Сульфати	ГОСТ 26449.1-85	мг/дм ³	74,5
13.	Хлориди	ДСТУ 4079-2001	мг/дм ³	118,3
14.	Залізо загальне	ГОСТ 4011-72	мг/дм ³	1,3
15.	Кальцій	ДСТУ ISO 6059:2003	мг/дм ³	96,2

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості надлишкового активного мулу після обробки на декантері локальних каналізаційних очисних споруд солодовні пивовареного заводу

№ з/п	Фізико-хімічні властивості	Методики визначення	Одиниці виміру	Опис / Значення
1.	Зовнішній вигляд	-	-	тверда речовина
2.	Колір	-	-	сірувато-чорний
3.	Запах	-	-	прілого ґрунту
4.	Масова частка органічної речовини на сухий продукт	ГОСТ 27980	%	15,0
5.	Кислотність (pH)	ГОСТ 27979	од. pH	7,9
6.	Вологість	ГОСТ 26713	%	80

Таблиця 3

Фізико-хімічні властивості первинного осаду (сплаву) локальних каналізаційних очисних споруд солодовні пивовареного заводу

№ з/п	Фізико-хімічні властивості	Методики визначення	Одиниці виміру	Опис / Значення
1.	Зовнішній вигляд	-	-	тверда речовина
2.	Колір	-	-	сірувато-жовтий
3.	Запах	-	-	метану
4.	Масова частка органічної речовини на сухий продукт	ГОСТ 27980	%	20,5
5.	Кислотність (pH)	ГОСТ 27979	од. pH	7,2
6.	Вологість	ГОСТ 26713	%	50

Таблиця 4

Фізико-хімічні властивості аспіраційного пилу із сушильних камер солодовні пивовареного заводу

№ з/п	Фізико-хімічні властивості	Методики визначення	Одиниці виміру	Опис / Значення
1.	Зовнішній вигляд	-	-	Тверда сипуча речовина
2.	Колір	-	-	Блідно-жовтий
3.	Запах	-	-	Майже відсутній
4.	Масова частка органічної речовини на сухий продукт	ГОСТ 27980	%	21,0
5.	Кислотність (pH)	ГОСТ 27979	од. pH	7,0
6.	Вологість	ГОСТ 26713	%	20

Аналіз отриманих даних свідчить про нераціональне поводження з органічною складовою виробничих стічних вод солодовні пивовареного заводу. Використання одних лише мембранно-біологічних реакторів, які забезпечують аеробні процеси очистки, не дозволяють використати енергію органічної складової повною мірою.

Найбільш перспективною технологією очищення стічних вод та утилізації органічних відходів харчових та сільськогосподарських підприємств є технологія, що дозволяє здійснювати анаеробне метанове бродіння в біореакторах-метантенках із отриманням біогазу та анаеробного осаду, із наступним доочищенням стічних вод аеробними методами.

Вибір такої схеми та її переваги перед виключно аеробною очисткою обумовлені наступними факторами.

На відміну від аеробної очистки, що потребує близько 100 кВт-год електроенергії на 100 кг ХСК вихідної стічної води, що витрачається на забезпечення аеробних процесів киснем через систему аерації, анаеробна очистка проходить із виділення біогазу (горючої суміші газів бродіння) еквівалентного 190 кВт-год електроенергії або 360кВт-год тепла на 100 кг ХСК, із яких приблизно 80 кВт-год тепла на 100 кг ХСК необхідно витратити на підтримку термічного режиму в біореакторах-метантенках. Отже, в результаті анаеробної біологічної очистки чистий вихід отриманої енергії складе $360 - 80 = 280$ кВт-год тепла на 100 кг ХСК або $190 - 80 = 110$ кВт-год електроенергії на 100 кг ХСК, в той час, як в результаті аеробної очистки витрачається 100 кВт-год електроенергії на 100 кг ХСК. Під час анаеробного метановому бродіння органічні сполуки не окислюються повністю, частина енергії вихідного субстрату зберігається в достатньо складних проміжних продуктах, які складають 10–20 кг ХСК/м³ і потребують відповідно вдвічі більше електроенергії для очистки в аеробних процесах, тобто 20–40 кВт-год електроенергії.

Тобто, на комбінації анаеробно-аеробної очистки стічних вод можна отримати $110 - 40 = 70$ кВт-год електроенергії на 100 кг ХСК (якщо утилізувати біогаз на когенераційних установках).

Окрім того під час анаеробного метанового бродіння тільки 10% органічних забруднень, виражених через ХСК, ідуть в приріст біомаси (надлишковий активний мул), при аеробній очистці в надлишковий активний мул перетворюється 50–80% органічних забруднень, виражених через ХСК.

Однак при анаеробному метановому бродінні органічні сполуки не окислюються повністю і частина енергії вихідного субстрату зберігається в достатньо складних проміжних продуктах, які придатні для окислення із значним споживання кисню, що робить неможливим скиди анаеробно оброблених стоків безпосередньо у рибогосподарські водойми, оскільки такі скиди викличуть кисневий дефіцит.

Таким чином, після анаеробної очистки стічних вод необхідна аеробна біологічна очистка, яка може бути доповнена магнітною сепарацією чи фільтрацією через мембрани.

Анаеробно-аеробна біологічна очистка найбільш ефективна для очищення стічних вод із значним вмістом органічних забруднень, наприклад для підприємств харчової промисловості.

Вона повністю відповідає сучасній концепції «подвійних еко» технологій які базуються на принципах ВАР (Best Available Technics) та ВЕР (Best Environmental Practices) і забезпечують подвійну ефективність покращення виробництва: екологічну та економічну.

Зважаючи на те, що при наведеному вище підході все ще залишається необхідність утилізації анаеробного та аеробного осадів, науковцями було вирішено перевірити можливість отримання пеллетів з цих осадів та інших вуглецевмісних відходів для можливості їх подальшої утилізації з використанням піролізних установок. Беручи до уваги той факт, що при аеробній очистці значно більше органічних речовин перетворюється в активний мул, а потім в осад, надлишковий активний мулу був оброблений нами магнітними речовинами, гідроксидом натрію та коагулянтном залізовмісним хлористо-сульфатним, виготовленим за ТУ У 24.1-33075701-002:2011 після чого був пропущений через статичне магнітне поле, внаслідок чого відбулося остаточне незворотне розділення води та аеробного осаду стічних вод.

Після цього аеробний осад стічних вод змішали з аспіраційним пилом та сплавом у співвідношенні 3:1:1 та виготовили з суміші паливні гранули (загальна маса зразка паливної гранули склала 200,2 мг), які залишили на 72 години. Маса зразка паливної гранули, що надійшла через 72 години на дериватографію становила вже 195,5 мг, що свідчить про гідрофобні властивості отриманого аеробного осаду стічних вод та його здатність до спонтанного виділення води без прикладання будь-яких зовнішніх сил.

Дериватограма зразка паливної гранули, виготовленої з суміші аеробного осаду стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні пивовареного заводу наведена на рисунку 1.

Результати диференційно-термічного аналізу зразка паливної гранули, виготовленої з суміші аеробного осаду стічних вод після обробки магнітними речовинами та полем з аспіраційним пилом та сплавом наведені у таблиці 5.

Аналіз отриманої дериватограми, дозволяє стверджувати, що паливні гранули – пеллети, виготовлені з суміші аеробного осаду стічних вод після обробки магнітними речовинами та полем з аспіраційним пилом та сплавом за своїми властивостями при використанні в якості паливно-енергетичної сировини, не поступаються деяким сортам вугілля.

Результати диференційно-термічного аналізу суміші аеробного осаду стічних вод після обробки магнітними речовинами та полем з аспіраційним пилом та сплавом

Матеріал	Вологість, %	Сухих речовин, %	Органічних речовин, % (на СР)	Мінеральні речовини, що розкладаються, % (на СР)	Зола, % (на СР)
Паливні гранули	6,55	93,45	84,62	0,33	15,05

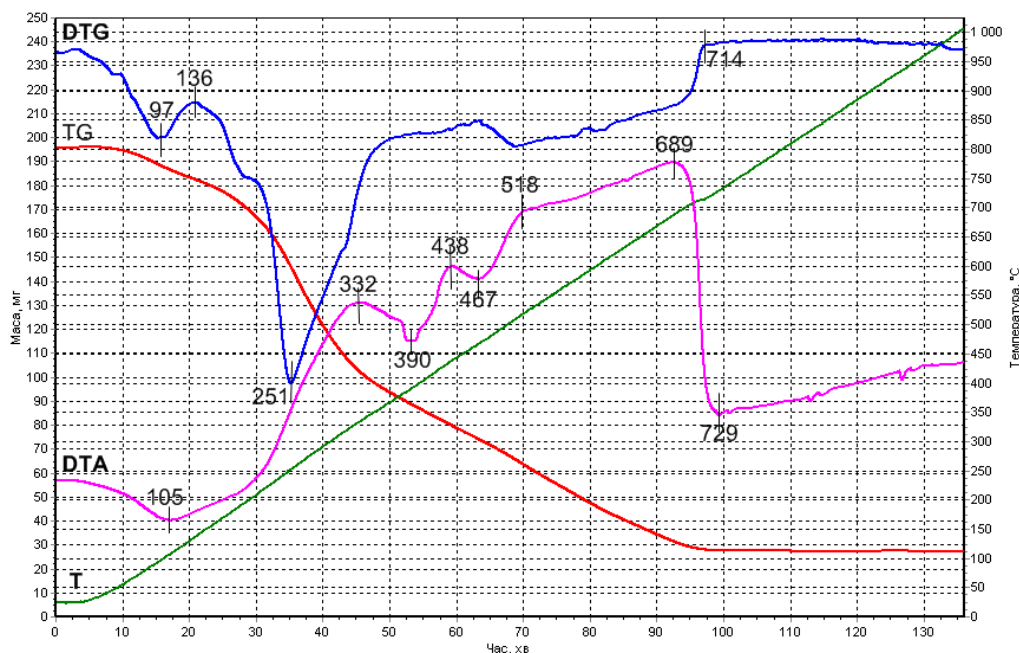


Рис. 1. Дериватограма зразка паливної гранули, виготовленої з суміші аеробного осаду стічних вод та вуглецевмісних відходів солодовні. Вихідна маса зразка, який надійшов на дериватографію – 195,5 мг

Висновки:

1. Застосування магнітних матеріалів та полів для процесів очистки стічних вод підприємств харчової промисловості є ефективним інструментом, що дозволяє досягти близько 100% видалення зважених часток, а відтак вкрай ефективно відділяти воду від органічних та мінеральних речовини, що розкладаються при нагріванні, термостійких неорганічних речовини на будь-якому з етапів обробки.

2. Магнітний осад, що утворюється під час обробки стічних вод підприємств харчової про-

мисловості з використанням магнітних матеріалів та полів, має гідрофобні властивості та здатен до спонтанної віддачі води під час звичайного зберігання.

3. Метод магнітної сепарації відіграє ключову роль у інтегрованій системі утилізації відходів солодовень пивоварних заводів, хоча, власне, і не забезпечує їх утилізацію, а лише дозволяє ефективно здійснювати поділ відходів солодовень пивоварних заводів на складові, утилізація яких належно вивчена та автоматизована.

Література

1. Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment.
2. Directive 2010/75/EU on industrial emissions.
3. Бондар О.І. Про першочергові заходи з відновлення і модернізації систем водопостачання територій, що постраждали внаслідок воєнних дій (на прикладі ліквідації наслідків надзвичайної ситуації воєнного характеру на Каховській ГЕС) / О.І. Бондар, К.Ю. Загороднюк, М.Г. Новіков, Ю.В. Загороднюк, В.С. Мошинський, В.Л. Филипчук, В.М. Гуляев: Науково-практичний журнал "Екологічні науки". Київ, 2023. № 4(49). С.7-14.
4. Бондар О.І. Основи водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням принципів раціонального природокористування (на прикладі Коблівської ОТГ) / О.І. Бондар, К.Ю. Загороднюк, С.В. Третяков, Загороднюк Ю.В.: Науково-практичний журнал "Екологічні науки". Київ, 2023. № 5(50). С. 7-14.
5. Zahorodniuk K. Experience of Bioregenerator Application for Waste water Treatment and further Processing of Obtained Sludge. Proceedings of International Scientific Conference "Actual Issues of Medicine: Experience of Poland and Ukraine". Lublin, Poland, 20-21 of October 2017 p. 134-137.

6. Загороднюк К.Ю. Інтенсифікація компостування відходів як шлях сталого розвитку тваринництва (на прикладі підстилки курників) / Загороднюк К.Ю., Загороднюк Ю.В., Рахамімов В.Д. Друга Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку»: збірник матеріалів (24-25 жовтня 2019, м. Херсон, Україна). Херсон: Олді-плюс, 2019. С.112-116.
7. Загороднюк К.Ю. Еколого-гігієнічна оцінка процесів очистки стічних вод при застосуванні біорегенератора «Охудо!» (на прикладі комплексу очисних споруд каналізації лівого берега м. Кам'янське, Дніпропетровська область, Україна) / К.Ю. Загороднюк, С.Т. Омельчук, С.Г. Гуша, Ю.В. Загороднюк, В.Г. Войцеховський, В.Д. Рахамімов, Ю.М. Іващенко, О.І. Яровий . Вода: гігієна і екологія № 1-4 (7). Одеса, 2019. С. 39-55.
8. Загороднюк К.Ю. Гігієнічна оцінка умов праці на каналізаційних очисних спорудах при застосуванні біорегенератора «Охудо!» (на прикладі каналізаційних очисних споруд смт Гурзуфа, АР Крим, Україна) / К. Ю. Загороднюк, В. Г. Бардов, С. Т. Омельчук, Ю. В. Загороднюк, В. Г. Войцеховський, І. М. Пельо, А. М. Гринзовський, Є. М. Анісімов, А. А. Борисенко . Український журнал з проблем медицини праці № 3 (44). Київ, 2019. С. 57-70.
9. Коцар О.М. Біотехнології кондиціонування зворотних вод для технічних потреб на основі використання біорегенератора Охудо! / О.М. Коцар, Ю.В. Загороднюк, І.М. Федай, К.Ю. Загороднюк. Вода: гігієна і екологія № 1-4 (7). Одеса, 2013. С. 39-55.
10. APHA, Standard methods for the examination of water and wastewater, American public health association, water works association and water Pollution control federation, 19th Washington, DC, (1995).