

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Житинська Інна Геннадіївна

УДК: 620.92

Обґрунтування ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації

Спеціальність 101 – «Екологія»

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня за освітньо-професійною програмою

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Жукова Наталія Іванівна,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Захист дисертації відбудеться «___» _____ 20__ року о ___ – годині на засіданні спеціалізованої вченої ради __. __. __ в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного Університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», за адресою: 03056 Ю мю Київ-56, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «___» _____ 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема відходів людської життєдіяльності не втрачає своєї актуальності. Для великих міст однією з головних проблем залишається обробка і утилізація осадів, що утворюються після біологічної очистки каналізаційних стоків. Сьогодні близько 97% населення і 100% підприємств м. Києва підключені до центральної системи водовідведення. З метою забезпечення безпеки систем біологічного очищення якісні характеристики стоків промислових підприємств суворо регламентовані Правилами скидання промислових стоків у міську каналізаційну мережу. Не зважаючи на це, в стоках та осадах, який утворюється після очищення, постійно виявляється перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Осади містять в своєму складі майже всі хімічні елементи періодичної таблиці, при чому їх кількісний вміст постійно змінюється. Через перевищений вміст солей важких металів осади перестали використовувати в сільському господарстві і після того почалось безперервне їх накопичення на мулових майданчиках. Нині майданчики переповнені і вже не справляються з своїми задачами, а вільних земельних ділянок на будівництво нових майданчиків немає. Виникає потреба пошуку нових методів утилізації, які дозволять за короткі терміни знешкодити накопичені обсяги осаду.

Мета дослідження – обґрунтування найбільш доцільного методу утилізації осаду.

Задачі дослідження:

- проаналізувати дослідження та публікації, що стосуються утилізації осадів;
- виконати аналіз технологічного процесу роботи Бортницької станції аерації;
- провести аналіз складу зброженого осаду та методів його утилізації;
- розглянути вплив мулових полів на забруднення підземних вод;
- обґрунтувати доцільність методу спалювання осаду;

- розробити стартап-проект «Впровадження ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації».

Об'єкт дослідження – утилізація збродженого мулу.

Предмет дослідження – параметри спалювання осаду стічних вод.

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури; метод математичного моделювання та прогнозування; графіко-аналітичний аналіз.

Наукова цінність встановлено залежність концентрації важких металів у воді від часу фільтрації; запропоновано та обґрунтовано новий спосіб утилізації збродженого осаду.

Практична значимість полягає в розробленій технології спалювання осаду стічних вод. Проведений аналіз технологічного процесу та економічних показників роботи установки; проаналізовано ефективність її роботи.

Отримані результати дослідження необхідно враховувати при виборі методу утилізації збродженого осаду на станціях аерації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались на II Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ, м. Київ, 2019.

Публікації. За результатами проведених досліджень опубліковано статтю у матеріалах II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних Досліджень магістрантів).

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація включає: 101 сторінку, 4 розділи, 16 рисунків, 28 таблиць, перелік посилань на 37 використаних джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, наведено методи проведення дослідження, показано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, проведено огляд літератури та розкрито стан наукової проблеми.

У **першому розділі** магістерської роботи наведено загальну характеристику стічних вод та технологію їх очищення на станції аерації.

Відходами, що залишаються після очищення комунально-побутових та промислових стоків на станції аерації є:

1. Грубе сміття (затримане на решітках).

Затримане решітками грубе сміття (гілки дерев, скло, тушки тварин) збирається та утилізується на сміттєспалювальному заводі «Енергія».

2. Пісок (з пісколовок).

Пісок з пісколовок переміщують на піскові площадки, де він підсушується і стає придатним для подальшого використання.

3. Осад з первинних відстійників.

Все, що відділилось від стічної води в первинних відстійниках, тобто сирий осад, направляється в метантенки для розкладу на прості речовини. Сирий осад характеризується високим вмістом органічної частки до 70% і швидко загниває.

4. Активний мул (з аеротенків).

Активний мул представляє собою складний гідробіоценоз, що складається з комплексу мікроорганізмів, бактерій, грибів, дріжджів та т.ін. В аеротенках активний мул нарощує свою біомасу, після чого відокремлюється від рідини. Третя частина активного мулу направляється до аеротенку, а решта – надлишковий мул – на зброджування в метантенках.

5. Зброджений мул.

Також у розділі наведено обсяги утвореного осаду та його характеристики.

Означена проблема нестачі площ під мулові поля, що потребує негайного вирішення шляхом впровадження новітнього ресурсозберігаючого методу утилізації збродженого мулу.

У **другому розділі** розглянута характеристика збродженого осаду. Для аналізу відбирались зразки ОСВ на трьох мулових полів БСА, в двох горизонтах (0-20 та 20-40 см.).

Дані аналізів показали, що хімічний склад осадів стічних вод на різних мулових картах є неоднаковим, агрохімічні показники вказані в таблиці 3.4 і варіюють в широких межах. Вологість змінюється від 53,8 до 89,7%, рНсол – від 5,4 до 6,3. Таку розбіжність можна пояснити нерівномірністю мікрорельєфу мулових площадок та різним віком ОСВ які на них знаходяться. Вміст органічної речовини є практично стабільним для всіх зразків і становить 56,9-58,8%, зольність в межах 41,2 – 45%. Вміст загальних форм поживних елементів також є досить стабільним: N – 1,12-1,32%, P₂O₅ – 1,16-1,36%, K₂O – 0,15-0,21%; однак слід відмітити значну розбіжність за даними найважливіших, з точки зору потенційного застосування в якості добрив, показників – вмісту рухомих форм поживних елементів. Зокрема, вміст нітратного азоту змінюється від 10,2 мг/100г до 15,6 мг/100г, амонійного азоту – від 11,4 мг/100г до 18,6 мг/100г, рухомого фосфору від 180,0 мг/100г, до 217,0 мг/100г, рухомого калію – від 30,0 мг/100г, до 36,0 мг/100г.

Визначено, що крім великого вмісту біогенних елементів в осаді присутні іони важких металів. Концентрації важких металів перевищують ГДК, тому для збереження природного вмісту даних елементів у ґрунтах потрібне доочищення збродженого осаду.

Здійснено моделювання процесів міграції важких металів у підземні води та встановлена залежність концентрації важких металів у воді від відстані поширення та часу фільтрації (рис. 1).

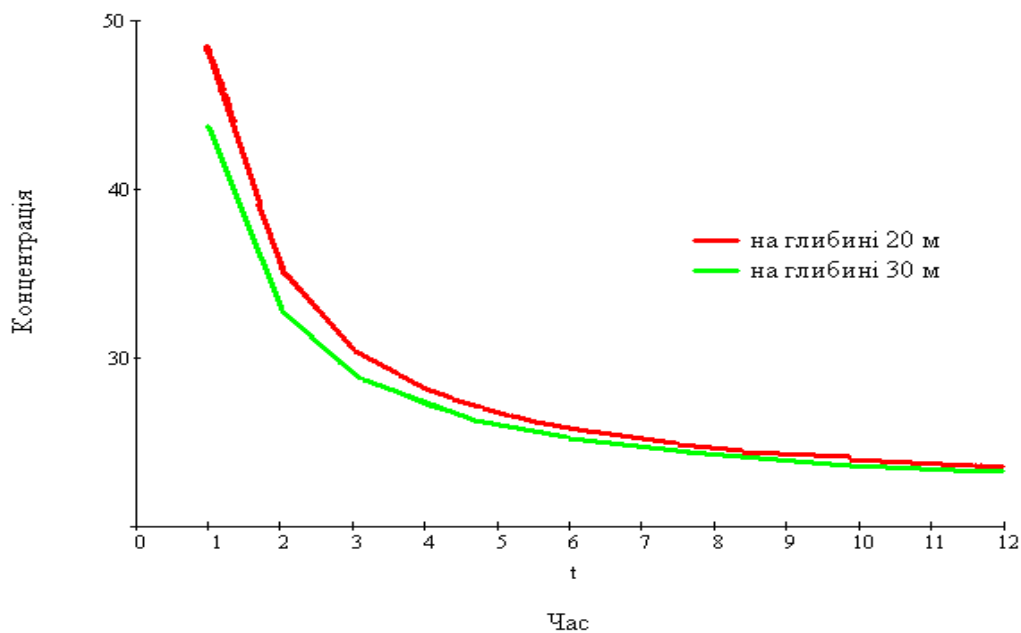


Рисунок 1 – Залежність концентрації важких металів у воді від часу фільтрації на глибині 20 та 30 м

Розглянуто методи утилізації збродженого осаду, а саме – спалювання та використання в якості органічних добрив. Використання збродженого осаду в якості добрива не набуло широкого поширення через вміст в ньому іонів важких металів. Це потребує попереднє очищення збродженого осаду від іонів важких металів.

Оскільки осад після очищення стічних вод має високу вологість (93-97%) для його спалювання необхідне зневоднення.

Доцільніше спалювати осад у печі киплячого шару. Це дозволить:

- зменшити об'єм та вагу осаду, що дозволяє зберегти земельні ділянки;
- новітні технології та системи по очищенню димових газів, мінімізують шкідливий вплив на атмосферу;
- отримати електричну та теплову енергію;
- отримувати прибуток від реалізації населенню та підприємства частки невикористаної теплової та електричної енергії.

У **третьому розділі** проведено еколого-економічне обґрунтування доцільності реалізації запропонованих рішень.

Оцінка негативного впливу на природу базується на двох основних альтернативних підходах. Перший враховує фактичну (по можливості - повну) оцінку заподіяного збитку, другий - попередні витрати на запобігання можливих збитків. Перший тип оцінок визначає фактичні збитки або витрати, спрямовані на ліквідацію негативних наслідків дії на навколишнє середовище, другий - на потенційні збитки внаслідок негативного впливу. Цей останній іноді називають можливим (або, очікуваним). Робота над ліквідацією заздалегідь передбачених збитків прогнозує впровадження різного виду захисних заходів щодо недопущення збитків.

Проектовані об'єкти повинні відповідати всім діючої на час проектування стандартам і положенням з екології виробництва (наприклад, "Санітарним нормам проектування промислових підприємств", "Правилам установа припустимих викидів речовин промисловими підприємствами" й ін.). Важливою умовою еколого-економічної оцінки порівняння витрат на нове будівництво з базовими останніми показниками кращих підприємств у галузі.

При розрахунку капіталовкладень на введення змін враховуються ціни на матеріали, устаткування, монтажні і пусконаладжувальні роботи, а також транспортні витрати.

На рис. 2 показані витрати на впровадження чотирьох варіантів. Проаналізувавши діаграму зробимо висновок, що доцільно спалювати зброджений осад в печі киплячого шару.

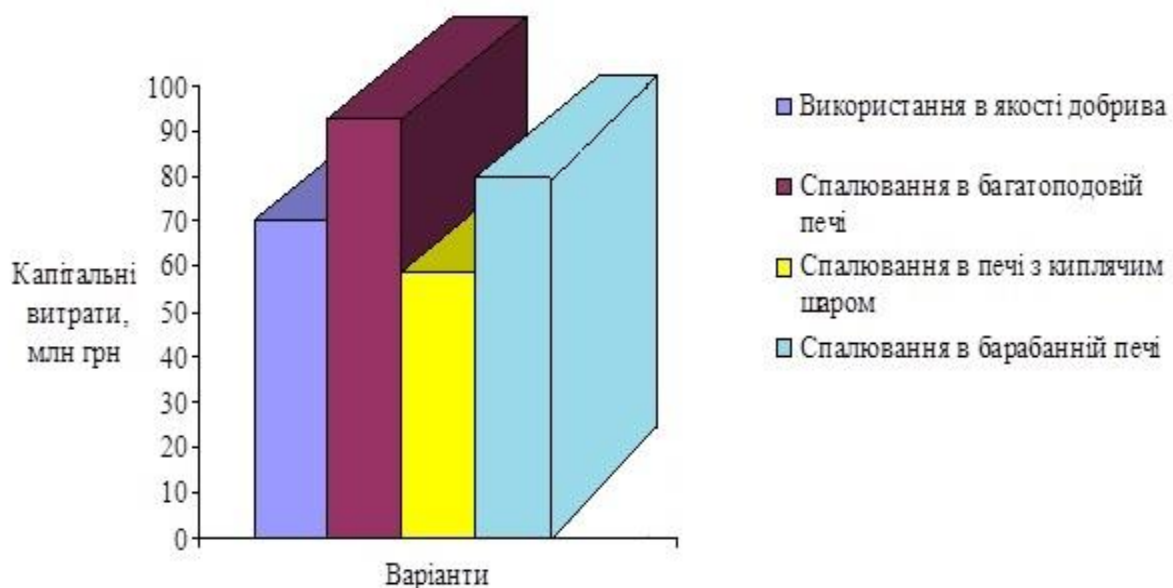


Рисунок 2 – Витрати на впровадження всіх варіантів

Спалювання зброженого осаду в печі з киплячим шаром дасть змогу зменшити екологічне навантаження на ґрунти та підземні води та мінімізувати площі під мулові поля. Використання даного методу утилізації зброженого осаду є економічно та екологічно вигідним.

Проведено техніко-економічні розрахунки по впровадженню спалювання зброженого осаду з отриманням енергії. Дані розрахунків занесено в табл. 1.

Таблиця 1 – Техніко-економічні розрахунки за проектом

№ п/п	Найменування	Вартість, млн. грн.
1	Виробництво електричної енергії при тарифі 0,147грн. за 1 кВт/год	36,27

Продовження таблиці 1

2	Економія електроенергії за рахунок виключення насосів по перекачування осадів на мулові поля та мулової води з полів	1,13
3	Економія електроенергії за рахунок виведення з роботи нагнітача (при зменшенні забруднень у стічній воді, що подається на очистку за рахунок виключення подачі зворотної мулової води з мулових полів)	1,85
	ВСЬОГО:	39,25

У четвертому розділі розроблено стартап-проект. Головною ідеєю стартап-проекту є впровадження нової технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації з застосуванням ресурсозбереження. Дана технологія не тільки дозволить вирішити низку проблем викликаних наявними способами утилізації, але і забезпечить отримання енергії, яку підприємство зможе використати на свої потреби, а надлишок продавати населенню.

За існуючих обставин альтернатив запропонованій технології утилізації осаду стічних вод для таких великих обсягів (щодобово на станціях утворюється близько 12000 м³ осаду) практично немає.

Таблиця 2 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Утилізація надлишкового мулу на станціях аерації з отриманням теплової та електричної енергії.	1 Утилізація осаду стічних вод 2. Отримання теплової та електричної енергії	Повне знешкодження осаду стічних вод; власне виробництва енергії; отримання додаткових коштів при продажі надлишку електричної енергії населенню.

Проаналізувавши конкурентне середовище, встановлено, що на ринку відсутні конкуренти, що пропонують схожі технології. Єдиним способом утилізації осаду в Україні залишається його накопичення на мулових полях.

Проведено SWOT-аналіз визначено головні сильні та слабкі сторони проекту.

Таблиця 3 – Матриця SWOT-аналізу стартап-проекту

<i>Сильні сторони</i>	<i>Слабкі сторони</i>
1.Вирішення проблеми утилізації осаду стічних вод 2. Новизна способу утилізації на державному ринку 3. Економія коштів за рахунок власного виробництва теплової та електричної енергії 4.Відсутність загрози забруднення підземних вод 5. Зменшення викидів парникових газів	1. Потреба в будівництві додаткового цеху по утилізації осаду 2. Досить висока вартість обладнання та установок
<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>
1. Можливість використання на всіх очисних спорудах країни 2.Вихід на міжнародний ринок	1.Негативні зміни з боку законодавства 2.Відсутність бажання підприємств змінювати технологію утилізації

Планується використання наступних видів ресурсів:матеріальні, капітальні, інтелектуальні. До матеріальних ресурсів віднесено осад стічних вод, що утворюється на очисних каналізаційних спорудах та осад накопичений на мулових полях; до капітальних – витрати на будівництво додаткового цеху, закупка установок та обладнання; до інтелектуальних – науково та комерційно цінну інформацію щодо ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації.

Обґрунтування необхідних витрат, формування на їх основі собівартості реалізації бізнес-ідеї стартап-проекту та формування її ціни. Витратне обґрунтування ціни товару (послуги) передбачає обґрунтування собівартості виробництва товару (надання послуг). Собівартість узагальнює витрати підприємства на виробництво і реалізацію товару (надання послуги).

Прямі матеріальні затрати включають в себе: витрати сировини й матеріалів за винятком повернутих відходів, витрати на комплектуючі вироби, витрати палива й енергії, витрати тари й тарних матеріалів, витрати будівельних матеріалів, витрати запасних частин, інші матеріальні витрати

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів. В табл. 4 представлено структуру бізнес-моделі інноваційної технології.

Таблиця 4 – Структура бізнес-моделі технології

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Споживчі сегменти
	Ключові ресурси	Канали збуту	
ТОВ ГЕФЕСТ ТОВ ІНЕРІС	Спалювання осаду стічних вод з отриманням енергії Матеріальні: осад стічних вод; Фінансові: кошти на закупівлю обладнання, будівництво цеху	Повне знешкодження осаду стічних вод, відсутність абсолютних аналогів Збут продукції відбувається шляхом виставлення окремих установок на спеціальних виставках	Локальні каналізаційно очисні споруди, очисні споруди великих міст
Собівартість методу: 59050000 грн			

Впровадження та реалізація стартап-проекту може мати значні ризики, тому необхідно проводити обґрунтування ризиків, які залежать від факторів невизначеності.

Розраховано рентабельність впровадження технології, яка складає 22,6%

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, у якій запропоновано та обґрунтовано термічний метод утилізації збродженого осаду з отриманням теплової та електричної енергії.

Основні результати роботи полягають наступному:

1. Означена проблема нестачі площ під мулові поля, що потребує негайного вирішення шляхом впровадження новітнього ресурсозберігаючого методу утилізації збродженого мулу.

2. Визначено, що крім великого вмісту біогенних елементів в осаді присутні іони важких металів. Концентрації важких металів перевищують ГДК, тому для збереження природного вмісту даних елементів у ґрунтах потрібне доочищення збродженого осаду.

3. Здійснено моделювання процесів міграції важких металів у підземні води та встановлена залежність концентрації важких металів у воді від відстані поширення та часу фільтрації.

4. Розглянуто методи утилізації збродженого осаду, а саме – спалювання та використання в якості органічних добрив. Використання збродженого осаду в якості добрива не набуло широкого поширення через вміст в ньому іонів важких металів. Це потребує попереднє очищення збродженого осаду від іонів важких металів.

5. Оскільки осад після очищення стічних вод має високу вологість (93-97%) для його спалювання необхідне зневоднення.

6. Доцільніше спалювати осад у печі киплячого шару. Це дозволить:

- зменшити об'єм та вагу осаду, зменшити екологічне навантаження на ґрунти та підземні води та мінімізувати площі під мулові поля;

- новітні технології та системи по очищенню димових газів, мінімізують шкідливий вплив на атмосферу;

- отримати електричну енергію 158 400 МВт;

- отримувати прибуток від реалізації населенню та підприємства частки невикористаної електричної енергії 36, 273 млн.грн./рік

7. Термін окупності мулоспалювальної установки складає 1 рік і 4 місяці.

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація включає: 101 ст., 4 розділи, 16 рис., 28 табл., перелік посилань на 37 використаних джерела.

Актуальність теми. Проблема відходів людської життєдіяльності не втрачає своєї актуальності. Для великих міст однією з головних проблем залишається обробка і утилізація осадів, що утворюються після біологічної очистки каналізаційних стоків. Сьогодні близько 97% населення і 100% підприємств м. Києва підключені до центральної системи водовідведення. З метою забезпечення безпеки систем біологічного очищення якісні характеристики стоків промислових підприємств суворо регламентовані Правилами скидання промислових стоків у міську каналізаційну мережу. Не зважаючи на це, в стоках та осади, який утворюється після очищення, постійно виявляється перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Осади містять в своєму складі майже всі хімічні елементи періодичної таблиці, при чому їх кількісний вміст постійно змінюється. Через перевищений вміст солей важких металів осади перестали використовувати в сільському господарстві і після того почалось безперервне їх накопичення на мулових майданчиках. Нині майданчики переповнені і вже не справляються з своїми задачами, а вільних земельних ділянок на будівництво нових майданчиків немає. Виникає потреба пошуку нових методів утилізації, які дозволять за короткі терміни знешкодити накопичені обсяги осаду.

Метою дослідження є обґрунтування найбільш доцільного методу утилізації осаду.

Об'єктом дослідження є утилізація збродженого мулу.

Предметом дослідження є параметри спалювання осаду стічних вод.

Задачі дослідження

- проаналізувати дослідження та публікації, що стосуються утилізації осади;
- виконати аналіз технологічного процесу роботи Бортницької станції аерації;
- провести аналіз складу збродженого осаду та методів його утилізації;
- розглянути вплив мулових полів на забруднення підземних вод;
- обґрунтувати доцільність методу спалювання осаду;
- розробити стартап-проект «Впровадження ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації».

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури; метод математичного моделювання та прогнозування; графіко-аналітичний аналіз.

Наукова цінність встановлено залежність концентрації важких металів у воді від часу фільтрації; запропоновано та обґрунтовано новий спосіб утилізації збродженого осаду.

Практична значимість полягає в розробленій технології спалювання осаду стічних вод. Проведений аналіз технологічного процесу та економічних показників роботи установки; проаналізовано ефективність її роботи.

Отримані результати дослідження необхідно враховувати при виборі методу утилізації збродженого осаду на станціях аерації.

За результатами дисертації опублікована стаття у збірнику матеріалів II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ.

Ключові слова: ЗБРОДЖЕНИЙ ОСАД, ІОНИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, СПАЛЮВАННЯ ОСАДУ, БОРТНИЦЬКА СТАНЦІЯ АЕРАЦІЇ.

ABSTRACT

The master's thesis includes: 101 st., 4 sections, 16 figures, 28 tables., A list of references to 37 used sources.

Actuality of theme. The problem of waste of human life does not lose its relevance. For large cities, one of the major problems remains the treatment and disposal of sediment formed after biological sewage treatment. Today, about 97% of the population and 100% of Kyiv's enterprises are connected to the central drainage system. In order to ensure the safety of biological treatment systems, the quality characteristics of industrial wastewater runoff are strictly regulated by the Rules for Discharging Industrial Wastewater into the Urban Sewerage Network. In spite of this, the permissible concentrations of harmful substances are constantly detected in the drains and sediment formed after cleaning. Sediments contain almost all the chemical elements of the periodic table, and their quantitative content is constantly changing. Due to the excess content of heavy metal salts, sediments ceased to be used in agriculture and after that their continuous accumulation on sludge sites began. Nowadays the sites are overcrowded and are no longer able to cope with their tasks, and there are no vacant land plots for the construction of new sites. There is a need to look for new disposal methods that will help to clear the accumulated sediment volumes in a short time.

The purpose of the study is to substantiate the most appropriate method of sludge disposal.

The object of the study is the disposal of fermented sludge.

The subject of the study is the parameters of incineration of sewage sludge.

Research objectives

- to analyze studies and publications concerning the disposal of sludge;
- to carry out an analysis of the technological process of the Bortnitskaya aeration station;
- to analyze the composition of fermented sludge and methods of its disposal;

- consider the impact of silt fields on groundwater pollution;
- to substantiate the feasibility of the method of burning sludge;
- to develop a start-up project "Implementation of resource-saving technology for the disposal of excess sludge at aeration stations.

Research methods: systematic analysis of scientific and technical literature; method of mathematical modeling and prediction; graphical-analytical analysis.

The scientific value is the dependence of the concentration of heavy metals in water on the filtration time; a new method of disposal of fermented sludge is proposed and substantiated.

Practical importance lies in the developed technology of incineration of sewage sludge. The analysis of the technological process and economic performance of the installation; efficiency of its work is analyzed.

The results of the study should be considered when choosing the method of disposal of fermented sludge at aeration stations.

According to the results of the dissertation, an article was published in the collection of materials of the II Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates.

Key words: fermented sediment, heavy metal ions, sediment combustion, fighter station of aeration.