

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема: Розроблення екологічно безпечного біотехнологічного рішення енергетичної утилізації відходів аквакультур

Завідувач кафедри

Пляцук Л. Д.

_____ (підпис)

Керівник проекту

Черниш Є. Ю.

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

Фалько В.В.

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи ТСм-11

Каменський М. Є.

_____ (підпис)

Суми 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
_____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА Каменському Максиму Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розроблення екологічно безпечного біотехнологічного рішення енергетичної утилізації відходів аквакультур

затверджена наказом по університету від “03” листопада 2022 р. № 1006-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 09 січня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

інформація наукометричної бази даних Scopus, Енергетична стратегія України на період до 2035 року, технічних звіти, статистичні дані Біоенергетичної Асоціації України, вітчизняні та зарубіжні патентні бази, Накази МНС України, Закони України.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Основні шляхи негативного впливу теплових електростанцій на компоненти навколишнього середовища; дослідження інноваційних напрямків енергетичної утилізації аквакультур; вивчення можливості сумісної енергетичної утилізації відходів теплових електростанцій та аквакультур; розроблення екологічно безпечного рішення енергетичної утилізації відходів аквакультур на базі теплових електростанцій.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкове ядерне замерзаннякових креслень) екологічні проблеми впливу теплових електростанцій на стан компонентів екосистеми, огляд інноваційних методів використання аквакультур в енергетичних цілях, інтегроване технологічне рішення використання аквакультур на базу теплових електростанцій для зменшення їхнього вуглецевого сліду

Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ 1. Огляд напрямків інтеграції виробництва біопалива у технологічний процес теплових електростанцій.	Квітень-Вересень 2022 р.	
2	Розділ 2. Оцінка можливості застосування аквакультур в енергетичних цілях	Вересень-Жовтень 2022 р.	
3	Розділ 3. Розроблення моделі аквакомплексу з виробництвом енергії на базі теплоелектростанції	Жовтень-листопад 2022 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Листопад 2022 р.	

4. Дата видачі завдання _____ 24.09.2022 _____

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 27 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 46 с., у тому числі 1 таблиця, 12 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

Мета роботи – пошук екологічно безпечного рішення утилізації відходів аквакультур на базі теплових електростанцій.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі *завдання*:

- визначення основних шляхів негативного впливу теплових електростанцій на компоненти навколишнього середовища;
- огляд інноваційних напрямків енергетичної утилізації аквакультур;
- вивчення можливості сумісної енергетичної утилізації відходів теплових електростанцій та аквакультур;
- розроблення екологічно безпечного технологічного рішення енергетичної утилізації відходів аквакультур на базі теплових електростанцій.

Об'єкт дослідження – вплив теплових електростанцій на компоненти довкілля.

Предмет дослідження – технологічні рішення інтеграції переробки аквакультур в енергетичній галузі для зменшення техногенного впливу від експлуатації теплових електростанцій на екосистемні компоненти.

Ключові слова: АКВАКУЛЬТУРИ, ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, БІОПАЛИВО, ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Дослідження можливості інтеграції біопалива у технологічний процес теплових електростанцій	6
1.1 Екологічні аспекти функціонування теплових електростанцій.....	6
1.2 Визначення основних шляхів зниження впливу ТЕС на довкілля	9
1.3 Перспективи застосування біотехнологій у енергетичній галузі промисловості	11
Розділ 2 Оцінка можливості застосування аквакультур в енергетичних цілях ...	14
2.1 Особливості вирощування аквакультур в Україні	14
2.2 Шляхи вирощування аквакультур в енергетичних цілях.....	18
2.3 Екологічні аспекти виробництва палива із аквакультур.....	22
Розділ 3 Розроблення моделі аквакомплексу з виробництвом енергії на базі теплоелектростанції	24
3.1 Опис існуючої системи водопостачання та водовідведення ТЕС	24
3.2 Пропозиції щодо модернізації існуючої системи водовідведення аквакомплексом.....	26
3.4 Розрахунок економічного ефекту запропонованої технології.....	36
Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	37
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при роботі біогазової установки .	37
4.2 Розрахунок прожекторного освітлення виробничого майданчику	40
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при роботі біогазового комплексу	41
Висновок.....	42
Перелік джерел посилань	44

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 21510235

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
		Каменський		
		Черниш		
		Батальцев		
		Пляцук		

Розроблення екологічно
безпечного біотехнологічного
рішення енергетичної утилізації
відходів аквакультур

Літ.	А	Аркушів
4	4	46
СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТСМ-11		

ВСТУП

Актуальність роботи. Останнім часом великої актуальності набуває питання розширення сфери використання відновних джерел енергії. Енергія викопного палива, не лише обмежена ресурсним потенціалом, а й спричиняє значний негативний вплив на довкілля на усіх етапах свого життєвого циклу. У розрізі цієї проблематики перспективним напрямом є дослідження можливості енергетичної утилізації відходів енергетичної промисловості та біпродуктів.

Метою роботи є пошук екологічно безпечного рішення утилізації відходів аквакультур на базі теплових електростанцій.

Завдання, що були поставлені:

- визначення основних шляхів негативного впливу теплових електростанцій на компоненти навколишнього середовища;
- аналіз інноваційних напрямків енергетичної утилізації аквакультур;
- обґрунтування можливості сумісної енергетичної утилізації відходів теплових електростанцій та аквакультур;
- розроблення екологічно безпечного рішення енергетичної утилізації відходів аквакультур на базі теплових електростанцій.

Об'єктом роботи є вплив теплових електростанцій на компоненти довкілля.

Предметом роботи є технологічні рішення інтеграції переробки аквакультур в енергетичній галузі для зменшення техногенного впливу від експлуатації теплових електростанцій на екосистемні компоненти.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
					ТС 21510235					5
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Таблиця 1.1 – Основні теплові електростанції в Україні

Назва ТЕС	Потужність, МВт	Марка вугілля	Регіон
Бурштинська	2321	Г	Івано-Франківська обл.
Запорізька	2825	ГСШ	Запорізька обл.
Курахівська	1517	Г	Донецька обл.
Луганська	1185	АШ	Луганська обл.
Зуєвська	1270	Г	Донецька обл.
Криворізька	2274	Г	Дніпропетровська обл.
Придніпровська	1195	АШ	Дніпропетровська обл.
Доброутвірська	500	Г	Львівська обл.
Ладжинська	1800	ГСШ	Вінницька обл.
Вуглегірська	3600	ГСШ	Донецька обл.
Зміївська	2200	АШ, Т	Харківська обл.
Трипільська	1800	АШ	Київська обл.
Старобешівська	1975	АШ, Т	Донецька обл.
Слов'янська	880	АШ, Т	Донецька обл.

На вугільні електростанції припадає найбільша частка викидів парникових газів в енергетичному секторі, оскільки вони виробляють найбільші викиди CO₂ на одиницю електроенергії порівняно з усіма іншими видами викопного палива.

Під час спалювання вугілля велика кількість твердих частинок, що містять незгорілий вуглець і оксиди важких металів, надходить в атмосферу разом із чадним газом (СО) і токсичними органічними сполуками, включаючи канцерогенний бензопірен і діоксини, золу-винесення, сірку і сірчистий ангідрид, оксиди азоту, деяка кількість сполук фтору, а також газоподібні продукти неповного згоряння палива [2].

Серед основних екологічних проблем функціонування ТЕС слід виділити:

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

Арк

7

- значне антропогенне забруднення поверхневих водних об'єктів, особливо річок, як наслідок втрата їх природних показників;
- регулярні викиди до атмосферного повітря забруднюючих речовин, зокрема: сажа, парникові гази, оксиди (CO, NO_x, SO_x), що призводить до процесів руйнування озонового шару та інших наслідків, у тому числі парникового ефекту;
- теплове забруднення, що викликає зміни кліматичних умов, особливо в міських екосистемах промислово навантажених територій;
- зниження оптичних властивостей повітря через недостатню прозорість повітря і відбивання сонячних променів у верхніх шарах атмосфери;
- проблема очистки стічних вод підприємств енергетичного сектору [3-7].

При аналізі негативного впливу ТЕС на навколишнє середовище комплексно враховуються такі фактори:

- схема технології виробництва енергії та параметри енергетичного обладнання;
- вид і склад палива;
- екологічні умови в районі розташування ТЕС ;
- природні кліматичні умови в місцевості.

Перевагою будь-якого палива з екологічної точки зору є найнижчий вміст мінеральних фракцій, адже від цього залежить викид сірки і паливного азоту, кислотоутворюючих компонентів (SO₂, NO₂) і твердих часток в атмосферу. Крім того, паливо нещодавно почали оцінювати за вмістом горючого водню та вуглецю, причому останній утворює вуглекислий газ, основний парниковий газ, під час спалювання.

Всі види твердого палива (вугілля, торф, сланці) містять мінеральні речовини, які при спалюванні утворюють золу і шлак. Шлак потрапляє в холодну лійку котла або виходить з топки в розплавленому вигляді (в печах з рідким шлаковідведенням). Зола з топки виноситься разом з продуктами згоряння, значна частина якої вловлюється золоуловлювачами різної конструкції.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						8

Зола-винос містить не тільки мінеральну частину палива, а й горючі речовини. При спалюванні деяких видів вугілля (антрацит) вміст горючих речовин (за масою) в золі досягає 10-20%. Це не тільки впливає на погіршення використання палива, але й може призвести до збільшення шкідливих викидів.

З точки зору забруднення атмосфери твердими частинками важливими параметрами палива є його зольність, а також реакційні характеристики вугілля. Діоксид сірки, SO₂, виділяється в результаті спалювання палива, що містить сірку, включаючи всі види твердого палива та мазуту. Кількість діоксиду сірки, що виділяється з димовими газами, прямо пропорційна вмісту сірки у вихідному паливі та споживанні палива.

Великий викид шкідливих речовин залежить не тільки від процентного вмісту золи, сірки та азоту в паливі, а й від витрати палива, яка в свою чергу залежить від теплоти згоряння палива. Тому основними параметрами, що характеризують кількість утвореної золи та сірчистого газу, є їх вміст у паливі. [8].

1.2 Визначення основних шляхів зниження впливу ТЕС на довкілля

Технологічна політика в галузі екології залежить від необхідності дотримання екологічних норм і вимог (обмежень) на глобальному, регіональному та локальному рівнях:

- глобальний рівень – існуючі обмеження за Кіотським протоколом;
- регіональний рівень стосується обмежень на викиди та скиди забруднюючих речовин згідно з багатосторонніми та двосторонніми міжнародними конвенціями та угодами, включаючи Конвенцію про транскордонне забруднення повітря на великі відстані;
- локальний рівень – обмеження викидів і скидів забруднюючих речовин, утворення відходів, фізичного впливу на місцевому рівні для

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						9

сірки, викиди діоксиду сірки можна зменшити шляхом десульфурації вугілля перед спалюванням. На цій хімічній реакції двоокису заснована дія газоочисних пристроїв різних конструкцій.

Перспективним є технологічні рішення, що передбачають впровадження біотехнологій [1, 8].

1.3 Перспективи застосування біотехнологій у енергетичній галузі промисловості

Реалізація природоохоронної політики щодо функціонування промислових підприємств і виробничих потужностей України зумовлена її міжнародним статусом як країни-учасниці багатьох багатосторонніх угод та угод щодо дотримання процесу скорочення викидів парникових газів та стримування стрімких темпів зміни клімату.

Згідно з відповідними директивами та угодами, зокрема Паризькою кліматичною угодою (угода в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату) та Європейською зеленою угодою, Україна має поступово рухатися до циркулярної економіки, тобто замкнутого економічного циклу. Відповідно необхідно розробити та впровадити план декарбонізації з метою досягнення абсолютного нуля загальноєвропейських рівнів викидів парникових газів до 2050 року (проміжним результатом є скорочення на 40% до 2030 року) та стримування підвищення глобальної температури на 2-1,5 °C для запобігання непереборним Виникнення кліматичних наслідків [3,4].

Заходи політики щодо декарбонізації енергетики згруповані за принципом функціональних одиниць. Нижче наведені цілі для декарбонізації енергії:

- енергоефективність, включаючи політику та заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності та енергозбереження при одночасному покращенні енергетичних послуг та якості енергопостачання;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

- політика та заходи щодо відновлюваної енергетики, спрямовані на підтримку та стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в Україні;
- модернізація та інновації, включаючи політику та заходи, спрямовані на оновлення основних фондів традиційної енергетики (виробництво, передача, споживання енергії) та впровадження інноваційних технологій (таких як розумні мережі, промислове виробництво та використання водню тощо);
- зміни на ринках та інституціях, включаючи організаційні та економічні заходи, які прямо чи опосередковано впливають на структурні зміни в економіці та ринках товарів і послуг; регулятивні та управлінські практики на національному та галузевому рівнях; стандарти та правила; інформаційна та освітня діяльність; технічні освіти, науки та політики.

Широке використання відновлюваної енергії значною мірою доповнить заходи з енергоефективності в декарбонізації промисловості. Зокрема, можна досягти додаткового скорочення викидів парникових газів на 2,43 Гт CO₂-екв (порівняно зі сценарієм «енергоефективності»).

Одним із варіантів розвитку енергетики паралельно з процесом декарбонізації є постійне розширення виробництва біопалива:

- розширення сталого виробництва біомаси для енергопостачання: з метою покращення якості сільськогосподарської та лісової біомаси (деревини, відходів деревини, відходів збирання та переробки сільськогосподарської продукції) продукти; енергетичні культури) використовуються для виробництва тепла та заміни викопного палива;
- розробка та впровадження технологій перетворення біомаси: Метою є прискорення розробки новітніх технологій перетворення біомаси для виробництва біопалива першого та другого покоління та розвитку таких технологій на ринку;
- розширення виробництва теплової енергії з біомаси побутових відходів і біомаси садових відходів: спрямоване на збільшення виробництва теплової енергії з біомаси, яка може використовуватися для твердих побутових

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АКВАКУЛЬТУР В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ

2.1 Особливості вирощування аквакультур в Україні

Термін «аквакультура» (від латинського aqua — вода і aquaculture — відтворювати, вирощувати) походить від сільськогосподарської діяльності, пов'язаної зі штучним відтворенням, утриманням і культивуванням водних організмів у повністю або частково контрольованих умовах для виробництва продукції. Отже, відмінною рисою діяльності в секторі аквакультури порівняно з іншими галузями сільського господарства є використання водних ресурсів, а тому аквакультура базується на праві користування водними ресурсами.

Українське законодавство регулює зміст аквакультури та визначає:

- державне стимулювання виробництва риби;
- раціональне використання державних ресурсів;
- охорону екосистем;
- забезпечення продовольчої безпеки.

На території України рибогосподарськими є понад 49 тис. водойм. Потужним потенціалом для розвитку аквакультури є ставки, озера, водосховища (крім комплексних водосховищ), технічні водойми. Крім того, перспективним напрямком для вітчизняної аквакультури є створення розплідників.

Останнім часом все більш популярним стає напрям аквакультури із закритими установками водопостачання або рециркуляційними системами. Це високотехнологічний, сучасний і перспективний напрям культивування гідробіонтів, що дозволяє значно розширити видовий склад аквакультурних об'єктів.

Аквакультура поділяється на наступні напрями:

- комерційне вирощування промислової риби та її реалізація;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510235

Арк
14

ставкової аквакультури. Винятком є лише соми, чисельність розмноження яких зростає не перший рік поспіль. Однак це не пов'язано з фермерством, а з рециркуляційними системами аквакультури.

Якщо проаналізувати виробництво коропа, то галузь аквакультури в останні роки занепадає. Порівняно з минулим роком коропа менше порівняно з 2018 роком на 1%, а рослиноїдної риби – на 3%. Видобуток сома зріс на 40 відсотків, а виробництво осетрових скоротилося на 19 відсотків, майже до 25 відсотків, згідно з Національною службою рибного господарства та формою 1А (щорічно). Вирощування інших видів риб також скоротилося на 3% (рисунок 2.2).

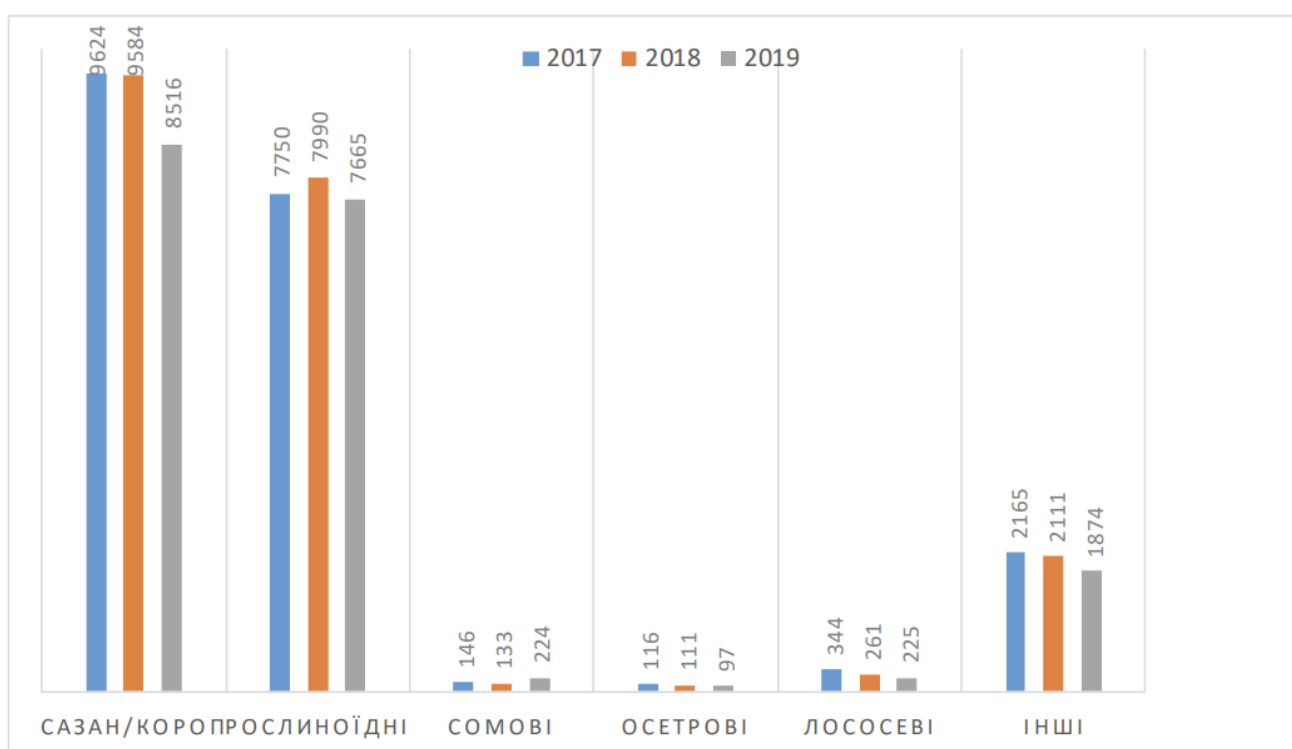


Рисунок 2.2 - Обсяги вирощування товарної риби в Україні, т

Незважаючи на те, що частка традиційних місць аквакультури дещо скоротилася за останні роки, виробництво коропа залишається найбільш стабільним. Проте пропозиція товарів на ринку формує попит на цю продукцію. Дані щодо реалізації продукції аквакультури допомагають виявити причини падіння виробництва аквакультури в останні роки.

Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп. Дата

У 2019 році підприємства аквакультури (не роздрібні мережі) реалізували 11 тис. тонн власної продукції. Це на 22% менше, ніж минулого року. Причина не тільки в низькій купівельній спроможності наших громадян. Зменшення продажів продукції аквакультури багато в чому залежить від ефективного маркетингу. Більшість українських виробників аквакультури ігнорують необхідність розробки маркетингової стратегії, тобто мало досліджують уподобання споживачів, мало використовують рекламні матеріали, продають необроблену та непідготовлену живу рибу. Це питання вимагає ретельного вивчення. Наразі, за інформацією від суб'єктів господарювання, які подають Форму 1А – Риба (річна), ми спостерігаємо зменшення обсягів реалізації продукції аквакультури порівняно з 2018 роком, а саме: на 25% менше коропа та на 17% менше трав'яних %, осетрових – на 38%, 12 % для лосося та 32 % для інших видів. Лише сом збільшив продажі на 48%.

За останні кілька років ми спостерігаємо зростання продажів сома. Експерти пояснили, що це пов'язано з розвитком вторинного господарства та збільшенням виробництва сома. В Україні виникли сучасні переробні компанії, діяльність яких спрямована на ефективне виробництво та переробку власної продукції (створення ланцюжків вартості). Часто ці компанії мають інфраструктуру для переробки та збуту власної продукції [19].

2.2 Шляхи вирощування аквакультур в енергетичних цілях

Економічна та екологічна життєздатність спеціальних наземних енергетичних культур є сумнівною. Наприкінці 1960-х років було вперше випробувано виробництво великої кількості біомаси (макродоростей) для біопалива в морському середовищі. Перші спроби зазнали невдачі через інженерні проблеми офшорного землеробства. Однак перетворення енергії за допомогою анаеробного бродіння є успішним, оскільки біохімічний склад макродоростей робить їх ідеальною сировиною. Технологія

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк 18
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

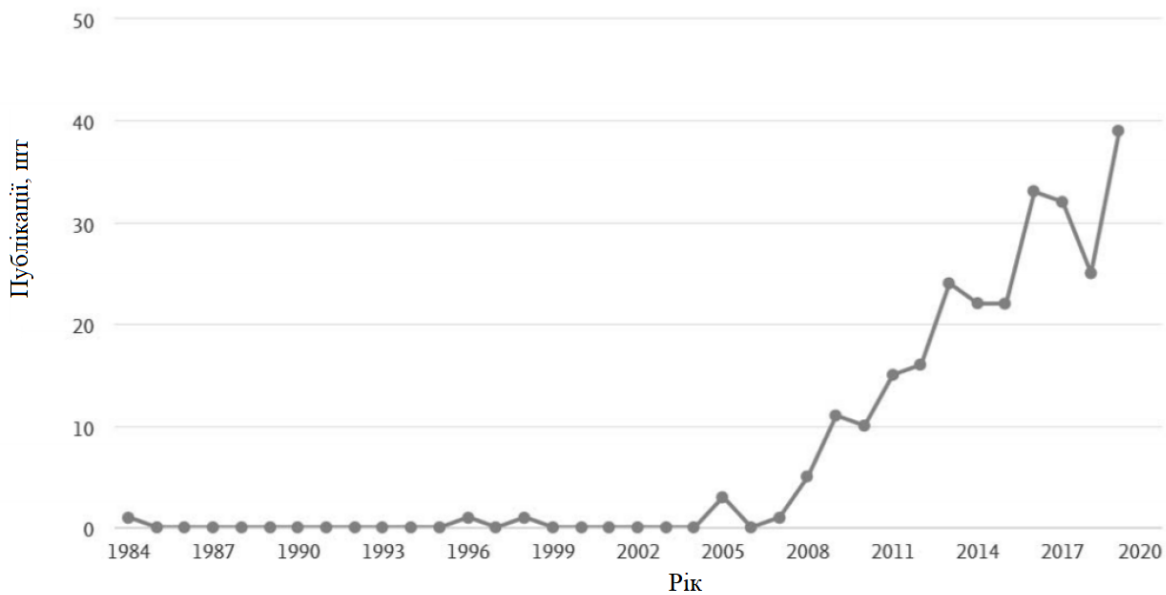


Рисунок 2.1 – Результати пошуку у системі БД Scopus за ключовими поняттями «аквакультура», «біопаливо» та «захист навколишнього середовища»

Так відома ізраїльська компанія UniVerve [10] запустила новий проект, який має на меті перезавантажити існуючу енергетику в напрямку відновлюваної енергетики. У муніципалітеті Дімона активно розвивається використання аквакультури для виробництва екологічного біопалива. В даний час вони стикаються з багатьма проблемами, спрямованими на зниження витрат виробництва, максимізацію врожаю аквакультури, пошук нових штамів, які можуть швидко збільшити їх власну біомасу, і збільшення прибутку від продажу водоростевого біопалива.

Позитивним аспектом цих досліджень є те, що для швидкого та продуктивного зростання біомаси водоростей необов'язково використовувати прісну очищену воду.

В Україні також проводяться дослідження, спрямовані на використання аквакультури для очищення стічних вод. Виявляється, чистка водоростями - це не тільки відмінне рішення для хімічного чищення ножів, А також сприяє зниженню на порядок у кількісних показниках бактеріальних збудників, особливо ентерококів, у стічних водах тваринницьких підприємств [11].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) представляють собою перспективну технологію для інтенсифікації виробництва риби при зниженні впливу на навколишнє середовище.

У рециркуляційних системах аквакультури споживання води значно зменшується (наприклад, мінімізація накопиченої води), що призводить до низьких скидів стічних вод із незалежними джерелами води та постійними концентраціями забруднюючих речовин. Це забезпечує вищий ступінь контролю наприкінці обробки, ніж у звичайних системах аквакультури.

Отже, галузь аквакультури потребуватиме кінцевих технологій, які включають очищення солоних органічних речовин, фосфору та азоту стічних вод.

Біометанація є одним із завершальних етапів переробки в системах аквакультури. Процес бродіння стічних вод аквакультури починається з позаклітинних бактерій, що викликають гідроліз, під час якого нерозчинні органічні полімери (тобто вуглеводи, білки, ліпіди) розщеплюються на розчинні похідні (тобто цукри, амінокислоти, довголанцюгові жирні кислоти), які далі перетворення на вуглекислий газ, водень і летючі жирні кислоти. Потім летючі жирні кислоти ферментують до ацетату. Нарешті, метаногени перетворюють свої продукти на метан, вуглекислий газ і H_2S . При належному управлінні біометанація є економічно ефективним способом зменшення органічних відходів при виробництві відновлюваної енергії, такої як біогаз.

Останнім часом процес біометанації використовувався для усунення органічних відходів в аквакультурі, частково через готовність біогазових установок приймати рибні органічні відходи з оптимальним вмістом сухої речовини (>5%) для виробництва біогазу [1, 15 – 17].

2.3 Екологічні аспекти виробництва палива із аквакультур

Аквакультура включає в себе розведення тварин (включаючи ракоподібних, риб і молюсків) і рослин (включаючи морські водорості та прісноводні

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк 22
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

макрофіти) і може практикуватися як у внутрішніх (прісноводних), так і в прибережних (морських) водах, впливаючи на екологію обох водних систем.

Інтенсивне виробництво фабричної аквакультури вимагає великої кількості води, добрив, кормів та інших хімікатів, що створює багато відходів і всі інші пов'язані з цим екологічні проблеми.

Усі ці наслідки при недотриманні екологічної безпеки виробництва можуть призвести до вимирання риби та евтрофікації водойм, шкідливого цвітіння водоростей, втрати біорізноманіття, донної гіпоксії та забруднення прибережних вод.

Але в той же час вирощування морських водоростей в інтегрованій політрофічній аквакультурі є важливим інструментом для раціонального екологічного менеджменту в галузі.

Ось чому аквакультура є важливим майбутнім напрямком виробництва в багатьох галузях (енергетика, продовольство та захист навколишнього середовища) [1].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						23

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ АКВАКОМПЛЕКСУЗ ВИРОБНИЦТВОМ ЕНЕРГІЇ НА БАЗІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Опис існуючої системи водопостачання та водовідведення ТЕС

Робота підприємств теплоенергетики має найбільший негативний вплив на навколишнє середовище порівняно з іншими стаціонарними джерелами економіки чи іншої діяльності. Теплові електростанції використовують велику кількість води в процесі виробництва. Основна частина води використовується для охолодження різного обладнання: конденсаторів турбін, масляних і повітроохолоджувачів, рухомих механізмів тощо. Температура води після конденсатора для охолодження турбіни і повітроохолоджувача зазвичай на 8–10 °С вища за воду, що береться з джерела (рисунок 3.1).

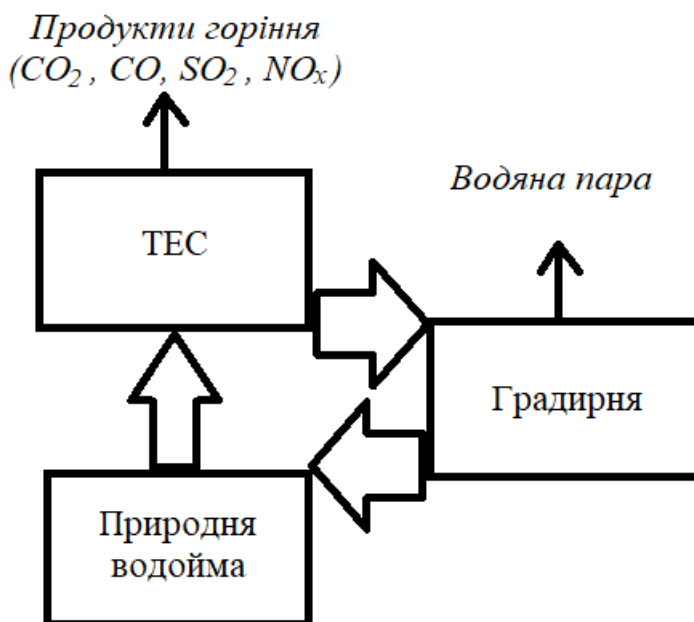


Рисунок 3.1 – Узагальнена схема кругообігу води ТЕС

Підп. і дата			
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.			
Підп. і дата			
Інв.№подл.			

Вип					
Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

ТС 21510235

накопичуватися у водних організмах, що призводить до токсикологічної інтоксикації організмів, що призводить до смерті (рисунок 3.2).

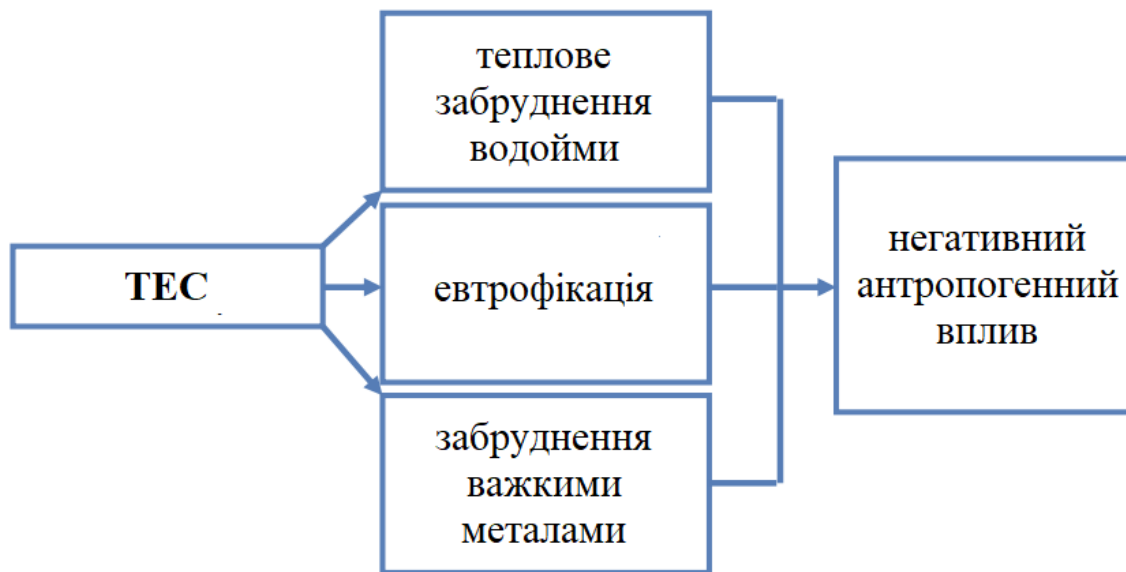


Рисунок 3.2 - Шляхи негативного впливу на довкілля внаслідок функціонування системи водовідведення ТЕС

3.2 Пропозиції щодо модернізації існуючої системи водовідведення аквакомплексом

Застосування нової схеми за допомогою біологічного очищення на базі аквакомплексу зменшить негативний антропогенний вплив на природні водойми, дозволить виробляти екологічно чисте паливо, зменшить екологічні штрафи та платежі за шкоду, завдану довкіллю внаслідок реалізації отриманої продукції. Цей комплексний підхід робить технологічний процес більш екологічним (рисунок 3.3). Екологізація виробництва означає підвищення ефективності виробничого процесу, зменшення впливу людини на процес виробництва та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.



Рисунок 3.3 – Переваги застосування аквакомплексу

Завдяки впровадженню нових водно-технологічних рішень та біологічному очищенню стічних вод підприємство може досягти замкнутого циклу використання води (рисунок 3.4).

Замкнутий цикл починається зі збору води з природного резервуару, потім вода проходить через різні охолоджувальні пристрої, в результаті чого вода нагрівається до температури вище тієї, що отримується з природного джерела. Сприйнятлива до теплового забруднення вода потрапляє в аквакультурний комплекс і проходить всі етапи, починаючи від біологічного очищення і закінчуючи виробництвом екологічно чистого палива, аквакультурою і виробництвом особливо цінної риби. Після всіх етапів на виході утворюється чиста вода, яку можна повертати для охолодження обладнання або скидати у природну водойму, не порушуючи теплового балансу водойми і, таким чином, не завдаючи негативного антропогенного впливу на рослинний і тваринний світ.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

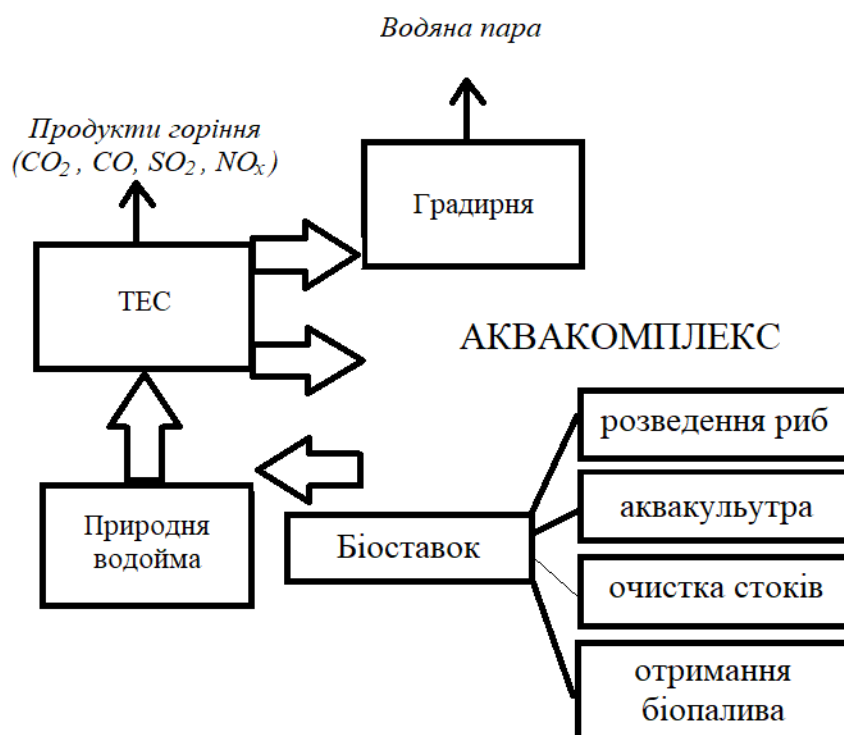


Рисунок 3.4 – Схема кругообігу води ТЕС із впровадженням аквакомплексу

Біологічне очищення стічних вод у природних умовах може здійснюватися в біологічних басейнах, фільтрувальних полях, підземних фільтрувальних спорудах, сільськогосподарських полях зрошення.

Біологічні ставки – це штучно створені мілководні водойми, які здійснюють біологічне очищення стічних вод на слабофільтрованому ґрунті за процесами, що відбуваються в процесі самоочищення водойми. Після проходження стічних вод через інші біологічні очисні споруди їх також можна додатково очищати за допомогою біологічних басейнів. Ставки бувають поодинокі (малі, стоячі, глибиною 0,6-1,2 м) або складаються з трьох-п'яти ставків з повільним потоком освітленої або біоочищеної стічної рідини через біофільтри [21].

Після первинного очищення стічних вод необхідна доочистка, оскільки вода може містити дисперсні домішки або сполуки, наявність яких неприпустима при скиданні води у природні водойми. Найбільш економічно вигідним і екологічно безпечним є використання штучних біобасейнів на базі ТЕС.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

Біологічно очищену воду можна повертати в охолоджуючу установку або використовувати в аквакультури та рибному виробництві.

На території аквакомплексу пропонується побудувати три біологічні ставки площею 1 га кожен. Перший штучний біоставки призначені для вирощування водоростей, головним чином *Chlorella vulgaris* і *Spirulina*. Штучний біологічний басейн складається з труб опалення, труб водопостачання, труб подачі вуглекислого газу, труб збору біомаси водоростей і мішалок (рисунк 3.5).

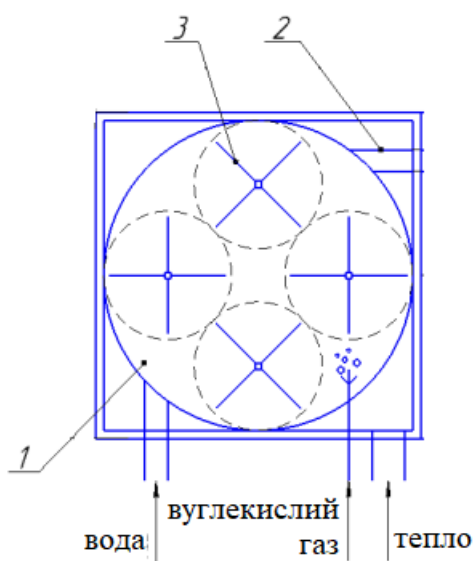


Рисунок 3.5 – Схема першого біоставки: 1 – споруда штучного біоставки; 2 – трубопровід для відкачування біомаси водоростей; 3 - змішувач

Приміщення ставка опалюється, оскільки для активного розмноження водоростей необхідна постійна оптимальна температура води, дах прозорий для максимального проникнення сонячного світла, необхідного для культивування автотрофних водоростей, конденсації стічної води в турбінах і повітроохолоджувачах. Після входу в біологічний пул, вуглекислий газ, що утворюється в результаті спалювання, також транспортується до біологічного басейну поживних речовин і мікроелементів для досягнення оптимальної активності водоростей і збільшення швидкості утворення біомаси. Зібрана

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

Арк
29

водоростева біомаса використовується для виробництва екологічно чистих видів біопалива.

Другий штучний біоставок – це великий подвійний комплекс, що складається з: біоставка для первинного біологічного очищення та біоставка для вирощування та виробництва водних рослин, макрофітів та особливо цінних водоростей (рисунок 3.6).

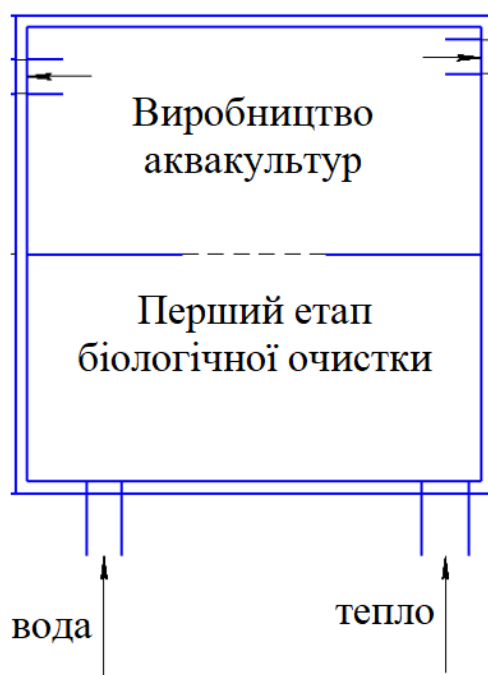


Рисунок 3.6 - Схема другого біоставка

Приміщення опалювальне, оскільки. для активного розмноження аквакультури та розведення риб необхідна постійна оптимальна температура води. До біоставка надходять стічні води після конденсаторів турбін і охолоджувачів повітря. Стічні води спочатку проходять первинне аеробне біологічне очищення, де відбувається поглинання органічних та неорганічних небажаних речовин спеціальною вищою водною рослиною ейхорнією. Ейхорнія – водяний гіацинт (*Eichornia crassipes*), багаторічна трав'яниста водна рослина, має дуже розвинену поверхню кореневої системи, де осідають суспензії,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

переробляються різні органічні забруднювачі. Важливою властивістю ейхорнії є збагачення води киснем, отриманим внаслідок біосинтезу та розщеплення шкідливих речовин на прості нетоксичні хімічні елементи. Внаслідок цього стічні води можуть очищатися до відповідності санітарним нормам. Далі очищена вода надходить у біоставок, де відбувається культивування аквакультури: макрофітів, водних рослин, особливо цінних видів водоростей та лікарських трав. Для оптимальної життєдіяльності аквакультури та збільшення швидкості утворення біомаси додаються живильні мікроелементи.

Третій штучний біоставок є рибницькою фермою, який поділений на 4 секції (рисунок 3.7).

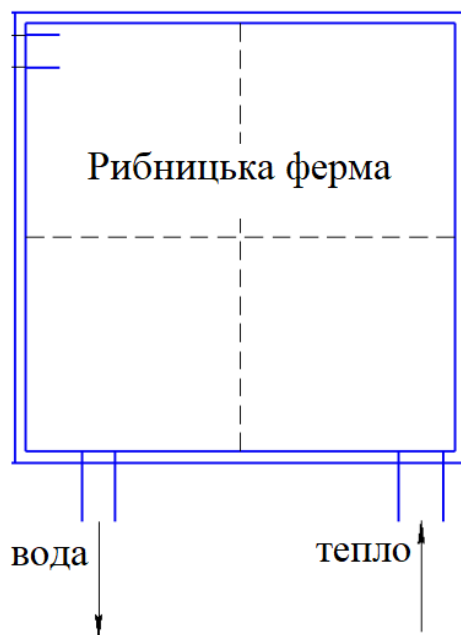


Рисунок 3.7 – Схема третього біоставка

Після процесу культивування аквакультури чиста вода надходить на рибницьку ферму, де відбувається необхідний підігрів, у кожній секції. Пройшовши через рибницьку ферму необхідність у очищенні води, практично відсутня, така вода може бути повторно використана для вироблення

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

електроенергії на ТЕЦ, або може бути скинута в природне водоймище, не порушуючи екосистему водойми.

У процесі очищення та культивування аквакультури утворюється осад з органічних залишків, який можна використовувати для компостування та отримання біогумусу.

Четвертою частиною аквакомплексу є виробництво екологічно чистих видів палива, а також культивування мікродоростей у фотобіореакторі (рисунок 3.8).

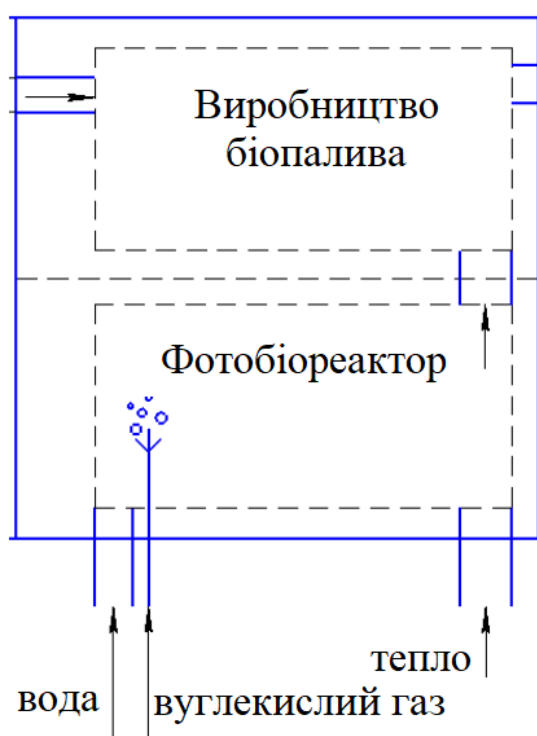


Рисунок 3.8 – Схема основної частини аквакомплексу

Приміщення опалювальне, оскільки для активного розмноження водоростей необхідна постійна оптимальна температура води, також у приміщенні постійно присутнє освітлення, використовуються лампи денного світла для культивування автотрофних водоростей. У фотобіореактор надходять стічні води, які охолодили конденсатори турбін і повітроохолоджувачі, також фотобіореактор подається вуглекислий газ у вигляді бульбашок, що утворюється

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

в результаті згоряння природного газу, і додаються поживні мікро-і макроелементи для оптимальної життєдіяльності водоростей і збільшення швидкості освіти. Після «дозрівання» (необхідної концентрації мікроводоростей у розчині) біомаса мікроводоростей збирається, а надлишки води надходять назад у фотобіореактор. Зібрана біомаса обробляється та надходить на виробництво біопалива.

Загальна схема аквакомплексу наведена на рисунку 3.10.

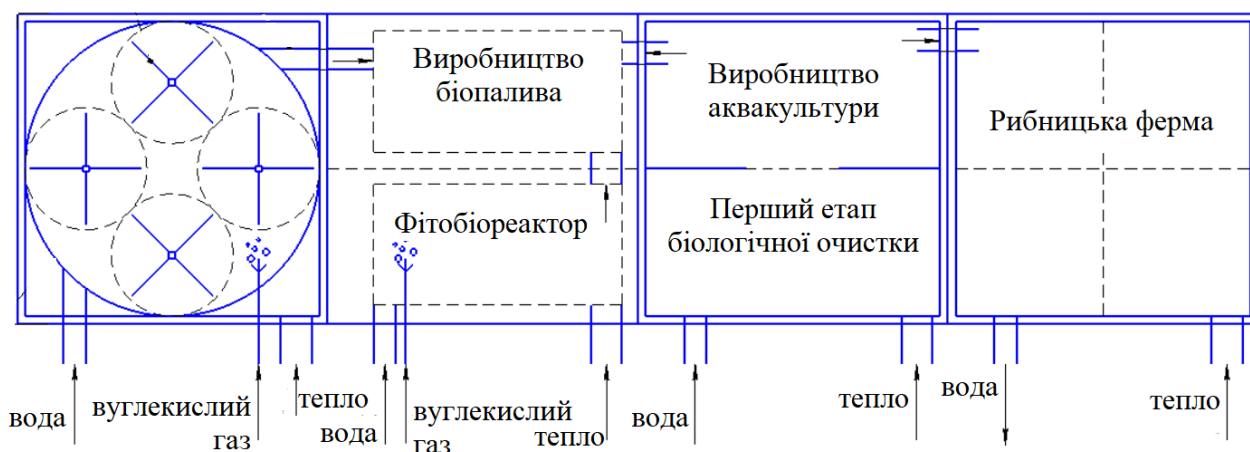


Рисунок 3.10 – Схема аквакомплексу

Джерелом виробництва біопалива на аквакомплексі є біомаса аквакультури та біомаси, що отримується в процесі культивування мікроводоростей з біопруду та фотобіореактора. Зібрана рослинна біомаса вичавлюється під пресом або масловідділювачем, отримана олія заливається в загальний бак-реактор і додається метанол і каталізатор КОН для прискорення протікання реакції, всі інгредієнти змішуються при нагріванні і після декількох годин відстою виходить найпростіший біодизель.

У процесі виробництва біопалива після екстрагування або вичавки мікроводоростей і водних рослин утворюється позбавлена жирних кислот біомаса, що містить велику кількість сполук азоту і є гарним джерелом мінералів. Таку біомасу необхідно утилізувати із мінімальними еколого-економічними витратами.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Найбільш екологічно чистим та економічно ефективним є метод компостування отриманих відходів від виробництва біопалива. Біомаса висушується і додається в компостовану суміш «бідної землі», сорбентів та препаратів. Після закладки компосту відбувається процес компостування, який проходить у чотири фази.

В результаті компостування виходить високоякісний компост, який можна використовувати для міської меліорації (рисунок 3.9). Використання відходів виробництва біодизеля та компостування органічних відходів аквакультурних комплексів може вирішити проблему їх утилізації та потенційно отримати додаткові прибутки від продажу біогумусу.

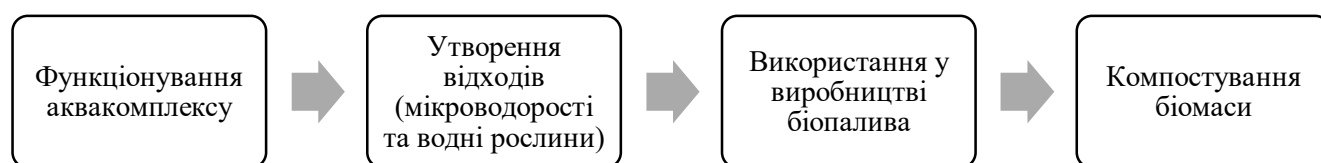


Рисунок 3.10 – Схема утилізації відходів функціонування аквакомплексу

Тепло від згоряння палива наразі не використовується, однак тепло, що виділяється ТЕЦ, можна використовувати для опалення аквакультурного комплексу та живлення мікродоростей та аквакультури. Тепло, що виділяється, здатне покрити 77% тепла, необхідного водоростям для росту. Технологія не потребує жаркого, непривітного клімату

В результаті досліджень в Університеті Регенсбурга були отримані дані про те, що одним з видів водоростей, придатних для використання в енергетиці, є хлорела, яка здатна фільтрувати до 50% вуглекислого газу. Однак фотосинтез відбувається лише при постійному освітленні. Тому реальніше говорити про видалення 20% CO₂ з викидів за допомогою водоростей. Поки що напрямок досліджень полягає у використанні шкідливих речовин, які викидають ТЕС, для видалення CO₂ та CO водоростей. Теплоелектростанція середнього розміру може виробляти до 20 тис. тонн водоростей на рік [22].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 21510235

Типова електростанція, що працює на вугіллі, викидає до 13 відсотків вуглекислого газу в димових газах своєї труби. Такі високі концентрації CO₂ збільшують поглинання та передачу CO₂ у ставковій системі. Концепція поєднання вугільної електростанції з вирощуванням водоростей пропонує спосіб переробки вуглекислого газу, який утворюється під час спалювання вугілля, у придатне для використання рідке паливо (рисунок 3.11). При вирощуванні у великих відкритих водоймах мікроводорості можуть використовувати вуглекислий газ із паливних газів, які виділяються безпосередньо у товщу води. Крім того, стічні води можуть містити велику кількість поживних речовин (таких як неорганічне залізо), необхідних для росту мікроводоростей [23].

Якщо розглядати ТЕЦ, яка викидає до 10 тонн оксидів вуглецю на рік, то викиди CO₂ і CO можна знизити, підключивши до вихлопної труби водяний комплекс, в якому ростуть мікроводорості *Chlorella*. В результаті викиди CO₂ скоротяться на 2 тонни.

Тепло, що виділяється при спалюванні палива, пропонується використовувати для обігріву акваріумного комплексу, тим самим створюючи сприятливі та комфортні умови для росту та розмноження біомаси мікроводоростей взимку, одночасно зменшуючи антропогенний вплив на навколишнє середовище. Через переважаючий північний і північно-західний вітер взимку частота виникнення суворих погодних умов взимку висока, а викиди продуктів згоряння палива при комбінованому виробництві тепла та електроенергії не ідеальні, тому вихід із ситуації

Підприємство може згодувати мікроводорості аквакультурного комплексу як скиди теплових скидів, так і скиди стічних вод.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						35

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при роботі біогазової установки

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори нерозривно пов'язані між собою. До таких факторів належать чинники, що призводять до погіршення стану здоров'я людини або травми внаслідок тривалого чи короткочасного впливу на особу.

Взагалі будь-який фактор, який впливає на працівників, знижує їхню працездатність або викликає різні захворювання (професійні захворювання). Межа між двома наборами факторів досить умовна.

Загалом усі шкідливі та небезпечні фактори поділяються на 4 групи:

- хімічні,
- біологічні,
- психофізіологічні.
- хімічні.

Хімічні фактори. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори хімічної природи поділяються за дією на організм людини на:

- токсичні: негативно впливають на весь організм, наприклад чадний газ, ртуть, свинець;
- дратівливі: ацетон, хлор, оксиди азоту подразнюють слизові оболонки. –
- канцерогенні: оксид хрому, берилій та їх сполуки можуть призводити до розвитку ракових клітин, викликати алергічні реакції, та мутації.

Фізичні фактори. На багатьох виробництвах взагалі неможливо уникнути впливу фізичних факторів. Серед них особливе місце займають мікроклімат, шум та вібрації, електромагнітне випромінювання.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк 37
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

Кожен фактор окремо не становить особливої небезпеки для здоров'я людини при короткочасному впливі, але працівники зазвичай проводять тривалий період часу під дією вказаних вище чинників, тому їх вплив стає масштабнішим.

Шум завжди був присутній на підприємствах, які використовують машини та інше обладнання. Гучні звуки можуть викликати головний біль, підвищення артеріального тиску та втрату слуху. Такі умови призводять до зниження працездатності, втоми та зниження концентрації, що може призвести до нещасних випадків.

Вібрація входить до переліку шкідливих виробничих факторів. Вона поділяється на кілька категорій:

- за способом транспортування: загальна і місцева;
- за напрямом: вертикальна та горизонтальна;
- за тривалістю дії: тимчасова та постійна.

Через постійний вплив вібрації починає пошкоджуватися не тільки нервова система, але і рухова та сенсорна. Працівники, які змушені працювати в таких умовах, часто скаржаться на головний біль.

До психофізіологічних факторів відносять обтяженість умов праці та їх інтенсивність. Наприклад, фізичні навантаження, стрес, перевтома, тощо. [24, 25]

Біогазова установка буде джерелом наступних шкідливих та небезпечних факторів виробництва:

– шум та вібрація. Джерелом шуму та вібрації біогазової установки є насосне обладнання реактор та рухома частини установки. Оскільки організм людини піддається тривалому впливу шуму чи вібрації, робота центральної нервової системи може бути порушена. Нормативні значення виробничого шуму регламентовані ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», відповідно до яких, допустиме значення шуму для виробництв становить 75 дБА. При перевищенні допустимого значення, необхідно провести наладку обладнання та устаткування, що є джерелом шуму та користуватися засобами індивідуального захисту, наприклад – беруші;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Виц	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510235

4.2 Розрахунок прожекторного освітлення виробничого майданчику

Призначення освітлювальної установки штучного освітлення – забезпечити можливість роботи за відсутності або недостатності природного освітлення (нічний період роботи), і для безпеки людей в процесі роботи, а також при їх евакуації у разі аварії робочого освітлення.

Для освітлення виробничого майданчику біогазової установки розміром 10х10 м планується використовувати прожекторне освітлення. Розрахунок необхідного обладнання та його кількість здійснюється у відповідності до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Відповідно до таблиці Г.1 Додатка Г ДБН В.2.5-28:201 для машинних зал насосних станцій з постійним черговим персоналом норма освітленості становить $E_n = 200$ люк [26]. Отже, попередньо наближене значення потужності прожектора (Вт) з лампою розжарювання визначаю за формулою:

$$P = P_{\text{пит}} \cdot E_n \cdot K_3 \cdot A \cdot B$$

де $P_{\text{пит}}$ – питома потужність (для ламп розжарювання $P_{\text{пит}} = 0,5-0,9$ Вт/м²);
 K_3 – коефіцієнт запасу для зовнішніх освітлювальних установок, $K_3 = 1,3$.

$$P = 0,7 \cdot 200 \cdot 1,3 \cdot 10 \cdot 10 = 18\,200 \text{ Вт}$$

Користуючись довідниковою літературою, обираємо прожектор типу ГО 04У-2000-04 з лампою ГО-2000. Тоді необхідна кількість прожекторів розраховується за формулою:

$$N = P/P_d$$

$$N = 18\,200/2000 \approx 9 \text{ шт}$$

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Виц	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						40

результаті збільшення структурної складності середовища існування, у випадках вирощування аквакультур в відкритих водоймах; - при недотриманні екологічної безпеки виробництва можуть призвести до вимирання риби та евтрофікації водойм, втрати біорізноманіття, нестачі кисню на дні та забруднення прибережних вод; водночас вирощування морських водоростей в інтегрованій багатотрофічній аквакультурі є важливим інструментом для раціонального екологічного управління галуззю в майбутньому.

4. проаналізовано досвід створення аквакомплексів із виробництва біопалива на базі ТЕС, що діють на принципах маловідходного виробництва та направлені на отримання екологічно безпечних продуктів з доданою вартістю.

5. розроблено інтегровану модель комбінації енергетичного використання аквакультур із виробництвом корисних біопродуктів та рециклінгом стічних вод теплових електростанцій, що потребує подальшої деталізації за окремим технологічними процесами та технічними рішеннями.

Отже, згідно з усіма вищезазначеними перевагами, аквакультура є ключовим напрямком виробництва у майбутньому в багатьох галузях (енергетичній, харчовій та у галуззі захисту навколишнього середовища).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						43

ПЕРЕЛІК ДЖРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Каменський М. Є. Екологічна безпека технологій енергетичного використання аквакультур кваліфікаційна робота бакалавра за спец. : 183 – технології захисту навколишнього середовища. керівник : Черниш Є. Ю. – Суми: СумДУ, 2021.
2. Є. І. Крижанівський, Г. В. Кошлак Екологічні проблеми енергетики. - Енергетика, контроль на діагностика об'єктів нафтогазового комплексу. № 1(25) – Київ, 2016. 80-90 с.
3. Технічне завдання на реконструкцію електрофільтрів блока 300 МВт Ладжинської ТЕС із метою створення комбінованої установки для очищення димових газів від леткої золи та діоксиду сірки. Львів, 2007.
4. Маляренко В.А., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Н.Л., АНИПКО О.Б. Основы энерготехнологии промышленности: Учебник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002.- 436 с.
5. Маляренко В.А, Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Стольберг Ф.В., Широков С.В., Шутенко Л.Н. Энергетические установки и окружающая среда: / Под ред. проф. Маляренко В.А. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.
6. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: «Політехніка», 2003. – 232 с.
7. Маляренко В.А., Лисак Л.В. Енергетика, довкілля, енергозбереження: Монографія / Під ред. проф. В.А. Маляренка. – Харків: «Рубікон», 2004. – 368 с.
8. Зменшення навантаження на навколишнє середовище теплових електростанцій методом управління процесом горіння в котлах із циркулюючим киплячим шаром: наукова робота. URL : [https://ontu.edu.ua/download/konfi/2020/all-ukrainian_student_scientific_works_tep/Burning.pdf] (дата звернення: 01.12.2022).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Інв.№подл.
Вип	Арк

9. Гуслева А. О. Еколого–технологічні рішення декарбонізації транспортного сектору шляхом застосування біопалива / А. О. Гуслева // СумДУ Кафедра екології та природоохоронних технологій. – 2020.

10. Островський П. І. Аграрний маркетинг: навч. посіб. / П. І. Островський. К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 224 с.

11. Abd-Elhady, E. S. E. (2015). Evaluation of algae dry biomass as a biochemical soil remediation for polluted soil. *International Journal of Environment*, 4(4), 309-314.

12. Aksu, Z. (1998). Biosorption of heavy metals by microalgae in batch and continuous systems. In Y. S. Wong, & N. F. Y. Tam (Eds.), *Algae for wastewater treatment* (pp. 37e53). Berlin: Springer.

13. Scharlemann JPW, Laurance WF: Environmental science - How green are biofuels? *Science* 2008, 319:43–44.

14. Gibbs HK, Johnston M, Foley JA, Holloway T, Monfreda C, Ramankutty N, Zaks D: Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: the effects of changing yield and technology. *Environ Res Lett* 2008, 3. doi:10.1088/1748-9326/3/3/034001.

15. Williams PJJ, Laurens LML: Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. *Energy Environ Sci* 2010, 3:554–590.

16. Brennan L, Owende P: Biofuels from microalgae-a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renew SustEnerg Rev* 2010, 14:557–577.

17. Mata TM, Martins AA, Caetano NS: Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. *Renew Sust Energ Rev* 2010, 14:217–232.

18. Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Федоренко М. О. та ін. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Практичний посібник/Автор – К.: «Простобук», 2016. – 119 с.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

19. Мальцев О. Ф. Є. Технологічні засоби захисту довкілля при здійсненні інтенсивної аквакультури кваліфікаційна робота бакалавра за спец. : 183 – технології захисту навколишнього середовища. керівник : Трунова І. О.. – Суми: СумДУ, 2021.

20. Максимов І. М. Розробка аквакомплекса на базі ТЕЦ с использованием технологій культивированоия аквакультур и получения биодизеля бакалаврська робота за спец: 20.03.01 – техносферна безпека. Керівник : Заболотских В. В. – ТГУ, 2016.

21. Намакштанский Я.В. Альтернативные виды топлива растительного происхождения в автотранспорте XXI века / Я.В. Намакштанский // Наука и инновации – 2005: материалы междунар. науч-практ. видеоинтернет-конф.

22. Виноградова, А.В., Биотехнология топлива: учеб. пособие / А.В. Виноградова, Г.А. Козлова, Л.В. Аникина. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 212 с.

23. Huang G. et al. / Biodiesel production by microalgal biotechnology // Applied Energy vol. 87 (2010), pp. 38-46.

24. Атаманчук П. С. Охорона праці в галузі: навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – К. : ЦУЛ, 2017.

25. Авраменко Н. Л. Охорона праці : навч. посіб. / Н. Л. Авраменко, І. С. Сагайдак. – Ірпінь : Університет ДФС України, 2018.

26. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ, 2018

27. Охорона праці : навч. посіб. / Я. І. Бедрій, та ін. Львів: Укр. держ., 2000.280 с.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510235	Арк
						46