

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 101 «Екологія»

Тема: Дослідження біологічного очищення стічних вод на
штучних біоплато

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____
(підпис)

Керівник проекту Васькіна І. В. _____
(підпис)

Консультанти:

з охорони праці Васькін Р. А. _____
(підпис)

Виконавець

студент групи ОС.мз-02с Кураш Б.В. _____
(підпис)

Суми 2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
_____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Курашу Богдану Владиславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження біологічного очищення стічних вод на штучних біоплато
затверджена наказом по університету від “17” листопада 2021 р. № 0858-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 24 січня 2022 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) дані щодо складу стічних вод що надходять на очисні споруди; Отчет: Обследование очистных сооружений канализации КП «Горводоканал» СГС г. Сумы / Чугуев – 2016 г. ; СанПіН 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення». Дані щодо ефективність очищення для найбільш поширених типів біоплато дослід
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Ефективність очищення для найбільш поширених типів біоплато. Схеми біоплато. Типова схема горизонтального біоплато; вгорі: вторинна обробка; внизу: доочищення побутових стічних вод. Приклади споруд на штучних біоплато. Схема досліджуваного гібридного біоплато типу ВП-ГП. Концентрації забруднюючих речовин на різних стадіях очищення на об'єкті. Середня ефективність видалення забруднюючих речовин у гібридних біоплато (ВП-ГП) залежно від сезону.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Васькін Р.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Квітень-Вересень 2021 р.	
2	Аналіз існуючих конструкцій біоплато	Вересень-Жовтень 2021 р.	
3	Робота з результатами експерименту	Жовтень-листопад 2021 р.	
4	Надання рекомендацій за результатами дослідження	Листопад 2021 р.	
5	Робота над розділом «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	Грудень 2021 р.	
6	Оформлення роботи	Січень 2022 р.	

6. Дата видачі завдання 15.04.2021 р.

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра.

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 50 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 69 с., у тому числі 7 таблиць, 13 рисунків, список використаних джерел на 6 сторінках.

Метою є дослідження ефективності очищення стічних вод на штучних біоплато. Для досягнення поставленої мети буде потрібно вирішити такі завдання:

- провести літературний аналіз;
- розгляд існуючих схем біоплато;
- визначити найбільш ефективний тип біоплато;
- обґрунтувати доцільність використання технології очищення стічних вод в біоплато.

Об'єкт дослідження – штучні біоплато.

Предмет дослідження – процеси біологічного очищення стічних вод.

Методи дослідження: аналітичні, інформаційні.

Ключові слова: СТАЛИЙ РОЗВИТОК, СТІЧНІ ВОДИ, ШТУЧНЕ БІОПЛАТО, БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ, ГІБРИДНІ БІОПЛАТО, ВЕРТИКАЛЬНИЙ ПОТІК, ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ПОТІК.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД	7
1.1 Біологічні методи очищення.....	7
1.2 Існуюча система очищення стічних вод міста (біологічне очищення)...	9
1.3 Характеристика стічних вод міста Суми.....	11
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА БІОПЛАТО	13
2.1 Огляд систем біоплато та їх особливості.....	13
2.2 Процеси видалення забруднюючих речовин та патогенів.....	19
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА ГІБРИДНИХ БІОПЛАТО.....	30
3.1 Обґрунтування вибору методу очищення.....	30
3.2 Особливості експлуатації та обслуговування біоплато.....	35
3.3 Ефективність процесів видалення забруднюючих речовин на гібридних біоплато.....	39
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4.1 Техніка безпеки при роботі на очисних спорудах.....	50
4.2 Розрахунок прожекторного освітлення виробничого майданчику.....	55
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на очисних спорудах.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	64

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

ЕК 16510025

	Вип.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата				
Розроб.			Кураш			Дослідження біологічного очищення стічних вод на штучних біоплато	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.			Васькіна					4	68
Н.Контр.			Батальцев			СумДУ, ЦЗДВН гр. ОСМЗ-02с			
Затв.			Пляцук						

ВСТУП

В останнє десятиліття зросла обізнаність про навколишнє середовище, і боротьба із забрудненням навколишнього середовища і забрудненням стала головним порядком денним зацікавлених урядових органів у всьому світі. Зазвичай підходить метод відновлення навколишнього середовища для певного виду відходів вибирається на основі ефективності процесу деградації і вартості методу [1-3]. Що ще важливіше, вплив обраного методу на навколишнє середовище викликає особливе занепокоєння, оскільки в деяких методах відновлення дочірній продукт процесу розкладання більш токсичний, ніж вихідний забруднювач. Вчені і дослідники вважають, що не існує єдиного універсального методу відновлення, придатного для всіх типів забруднюючих речовин і всіх джерел; замість цього ефективна програма відновлення може включати одночасне впровадження двох або більше методів [1, 2].

Біоплато є однією з ефективних технологій, які в даний час залучають екологів для очищення стічних вод від забруднюючих речовин [2]. Природні біоплато видаляють забруднюючі речовини з водних ресурсів за допомогою різних природних процесів, включаючи біодеградацію, сорбцію, фітостабілізацію, фітоекстракцію та ризофільтрацію [2, 4–7]. Побудовані біоплато розробляються таким чином, щоб імітувати природні процеси з видалення розкладання забруднюючих речовин у стічних водах [8, 9]. Міські стічні води, промислові стічні води (зокрема, стічні води нафтопереробних заводів і очищення кислої води продукти), сільськогосподарські стічні води, зливові води, стічні води текстильної промисловості, викугування на звалищах, дренаж гірничих робіт і т. д. є прикладами забруднених стічних вод, які можна очистити за допомогою біоплато [10-12].

Побудовані (штучні) біоплато використовують природні процеси для деградації забруднення; таким чином, це екологічно чистий метод відновлення з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище [13]. Штучні

Інв. №1600Л.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №000Л.	Піп. і дата	EK 16510025	Арк
						5
Випр.	Арк	№ докум.	Піп.	Дата		

біоплато призначені для очищення стічних вод з різних джерел, аналогічних звичайним очисним спорудам [14].

Метою роботи є дослідження ефективності очищення стічних вод на штучних біоплато.

Об'єкт дослідження – штучні біоплато .

Предмет дослідження – процеси біологічного очищення стічних вод.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні чи реконструкції очисних споруд (в тому числі комунальних) що зменшить рівень забруднення природних вод та антропогенне навантаження на довкілля.

Інв. № по обл.	І підп. і дата	Взам. ІНВ. №	№в. № до обл.	І підп. і дата	ЕК 16510025	Арк
Випр.	Арк	№ док. ум.	І підп.	Дата		6

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД

1.1 Біологічні методи очищення

Очищення стічних вод відбувається на очисних спорудах які складаються з різного технологічного обладнання залежно від методу очищення. Як правило, останнім етапом очищення є біологічний етап. Основний процес якого передбачає біологічне окиснення органічних сполук спеціальним біоценозом бактерій, найпростіших і багатоклітинних організмів водоростей грибів, який називається активним мулом або біоплівкою. Активний мул являє собою темно-коричневі пластівці, розміром до декількох сотень мікрметрів. На 70% він складається з живих організмів і на 30% - з твердих частинок неорганічної природи.

Мікроорганізми, складові біоценозу активного мулу, утворюють великі агрегати, або пластівці пов'язані слизоподібними біологічними полімерами розміром (пластівців) 20-100 мкм [9].

В залежності від наявності або відсутності кисню в муловій суміші (суміші активного мулу і стічної води) можуть використовуватися як аеробні, так і анаеробні бактерії.

З технічного плану розрізняють кілька варіантів біологічної очистки. На даний момент основними є методи з вільно плаваючим мулом - активний мул (аеротенки), з прикріпленими мікроорганізмами на спеціальних носіях - біофільтри і метантенки (анаеробне бродіння). Останні використовуються для отримання з осаду природного газу (метану), так званого біогазу [5].

Очищення з вільно плаваючим активним мулом може реалізовуватися в проточному режимі (аеротенк-відстійник) і в циклічному режимі (реактори періодичної дії).

№. №лобл.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №доубл.	Підп. і дата
-----------	--------------	---------------	-------------	--------------

№. №лобл.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №доубл.	Підп. і дата
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

EK 16510025

Арк

7

Також в біологічному очищенні після аеротенків води поступають у вторинні відстійники. У вторинних відстійниках працюють мулососи. Вони видаляють активний мулу з дна вторинних відстійників і повертають в аеротенк (поворотний мул). Зайвий прирощений мул виводиться з системи (надлишковий мул).

Для прискорення процесу ілоподілу найсучаснішою є технологія мембранного поділу із застосуванням ультрафільтраційних мембран.

Для пластівців активного мулу властивість осідати характеризується величиною мулового індексу, який визначається як обсяг, займаний 1 г відібраного з аеротенків мулу після відстоювання протягом 30 хв.

Добре осідаючі мули мають муловий індекс 120 мл/г, задовільно осідають - 120-150, погано осідають - більше 150 мл/г. При поганому осіданні мулу його затримка у відстійнику і рециркуляція затруднені, а ефективність очищення знижена [7].

Розрізняють такі технологічні показники як органічне навантаження та окисну потужність. Органічне навантаження – питома кількість забруднень, що підходить за показником БСК, а окисна потужність – питома кількість знятих забруднень.

Стан біоценозу (активного мулу) також визначають за муловим індексом, що визначається кількістю об'єму мулу після 30-хвилинного відстоювання, відносно до 1 граму сухого активного мулу. При добре працюючих аеротенках, муловий індекс коливається від 70 до 120 см³/г, при навантаженні на БСК нижче 200 мг/г та більше 500мг/г, муловий індекс підвищується більше, ніж 120, це вказує на незадовільне очищення стічних вод.

Показником якості активного мулу є коефіцієнт протозойності, який відображає співвідношення кількості клітин найпростіших мікроорганізмів до кількості бактеріальних клітин. У високоякісному мулі на 1 мільйон бактеріальних клітин має припадати 10-15 клітин найпростіших [8].

№. №100Л.	Поп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. №доубл.	Поп. і дата
-----------	-------------	---------------	-------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						8

На формування ценозів активного мулу можуть впливати сезонні коливання температури, та склад стічних вод тому склад мулу практично не відтворюваний.

У звичайних аеротенках поточна концентрація активного мулу не перевищує 2-4 г/л. Збільшення концентрації мулу в стічній воді призводить до зростання швидкості очищення, але вимагає посилення аерації, для підтримки концентрації кисню на необхідному рівні.

В аеротенках імітуються процеси природного самоочищення води у водоймах, при екстремальних концентраціях речовин та обмеженій екосистемі.

Частинки активного мулу, утворені нитчастими бактеріями, з одного боку, формують адсорбційний скелет, навколо якого виникають флокули, з іншого – запобігають утворенню піни та стимулюють осадження [2].

1.2 Існуюча система очищення стічних вод міста (біологічне очищення)

Освітлена вода після первинних відстійників надходить на аеротенки, де за допомогою кисню повітря, яке подається через фільтровні пластини, та активного мулу проходить біологічне очищення стічних вод. Біологічне очищення це основна стадія очищення стічних вод [3].

Площа аеротенків першої черги (4 од.) – 11424 м² .

Площа аеротенків другої черги (2 од.) – 5472 м² .

Площа аеротенків третьої черги (4 од.) – 21312 м² .

Площа аеротенків четвертої черги (2 од.) – 9360 м² .

В аеротенки поступають стічні води, активний мул та повітря для постійного змішування компонентів і постачання активного мулу киснем, який необхідний для здійснення біохімічної реакції окислення органічних та неорганічних речовин спеціальним біоценозом бактерій, найпростіших і багатоклітинних організмів водоростей грибів якими і утворений активний мул.

№. №100Л.	Поп. і дата	Взаєм. №. №	№. №доубл.	Поп. і дата
-----------	-------------	-------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						9

1.3 Характеристика стічних вод міста Суми

Найбільшим чинником нестабільної роботи очисних споруд КП «Міськводоканал» є залпові надходження забруднюючих речовин від сумських підприємств, які призводять до порушень процесу біологічної очистки міських стічних вод. Для своєчасного реагування на очисних спорудах здійснюється щоденний лабораторний контроль.

Так, 25-26 січня 2021 року лабораторією очисних споруд КП «Міськводоканал» було зафіксовано перевищення допустимих концентрацій забруднюючих речовин в стічних водах, які надійшли на міські очисні споруди за такими показниками (табл. 1.1.)

Таблиця 1.1 - Концентрація забруднюючих речовин в стічних водах, які надійшли на міські очисні споруди (за даними 25-26 січня 2021 року)

№ п/п	Показники	Зафіксована концентрація забруднюючих речовин в стічних водах, які надійшли на ОС, мг/дм ³	Норми ГДК забруднюючих речовин від абонентів, мг/дм ³	Кратність перевищення, в разів
1.	Азот амонійний	56,88	20	2,8
2.	Синтетичні аніоноактивні поверхнево-активні речовини (АПАР)	3,01	0,43	7,0
3.	Фосфати	14,15	5,7	2,5
4.	Жири	12,0	7,8	1,5
5.	Сірководень та його сполуки	20,3	1,5	13,5

Поп. / дата	
№в. Неодобл.	
Взаєм. Інв. №	
Поп. / дата	
№в. Неодобл.	

EK 16510025					Арк
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	11

Тобто, були зафіксовані значні коливання якості вхідних стічних вод за головними показниками: вмісту азоту амонійного і фосфатів, а також високі концентрації інших забруднювачів.

На даний час погіршення якості вхідних побутових стічних вод зумовлено застосуванням великої кількості миючих засобів та антисептиків, серед яких зустрічаються бактерицидні препарати.

Зміна в останні роки складу стічних вод, поява у них токсичних сполук, бактерицидних речовин, аніонних поверхнево-активних речовин негативно впливає на процес біологічного очищення. Окрім того, при зимовій низькій температурі повітря уповільнюється швидкість біологічних процесів, що додатково знижує показники якості очищення стічних вод.

Таким чином, при надходженні до очисних споруд стічних вод із такими суттєвими перевищеннями концентрацій забруднюючих речовин за наявної технології біологічної очистки неможливо досягти зниження остаточного вмісту розчинених фосфатів і азоту, а також техногенних сполук, які не підлягають біологічному розкладу [7].

Для підвищення ефективності очищення стічних вод КП «Міськводоканал» працює над удосконаленням технології та модернізацією обладнання, а саме поступово здійснює:

реконструкцію та заміну застарілого і аварійного обладнання на очисних спорудах;

визначення реальних, в тому числі погодинних навантажень на станцію очистки по концентраціям забруднювачів та підбір на цій основі відповідного сучасного насосного і аераційного обладнання;

вивчення складу і властивостей токсичних речовин у стічних водах, а також дослідження їхнього впливу на мікроорганізми активного мулу та роботу споруд біологічного очищення;

використання новітніх біотехнологій очищення промислових і побутових стічних вод, таких як біологічна активація мікроорганізмів активного мулу.

№. №1000.	Підп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№. №0000.	Підп. і дата
-----------	--------------	---------------	-----------	--------------

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк 12

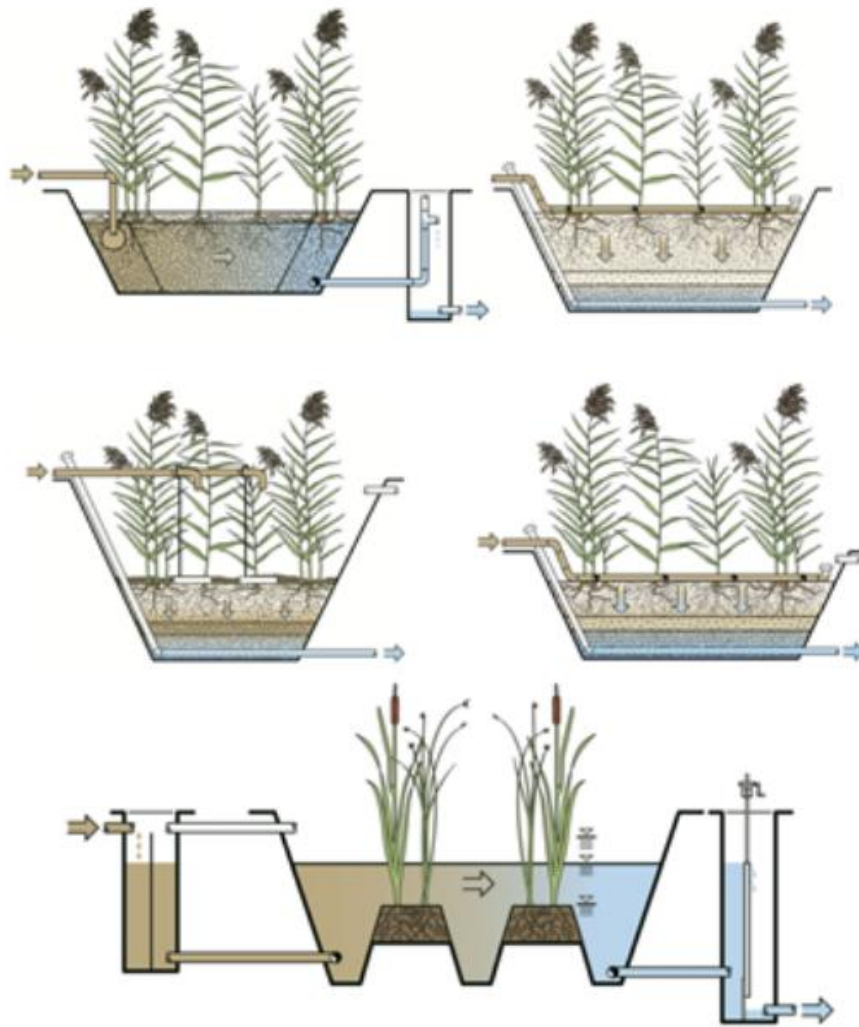


Рисунок 2.1 - Схеми біоплато [21]. Вгорі ліворуч: біоплато з горизонтальним напрямом потоку (ГП); вгорі праворуч: біоплато з вертикальним напрямом потоку (ВП); зліва посередині: французький вертикальний потік, перша стадія; праворуч посередині: французький вертикальний потік, друга стадія; внизу – біоплато з вільною поверхнею води.

Також успішно застосовуються вертикальні біоплато для очищення просіяних неочищених стічних вод. Ці так звані французькі біоплато - вертикальні біоплато що забезпечують комплексне очищення осаду і стічних вод в єдиній системі і, таким чином, економлять на витратах на будівництво, оскільки первинне очищення стічні води не потрібні. Біоплато з вільною водною поверхнею (ВВП) (також відомі як біоплато з поверхневим стоком)

Інв. №	Поп. і дата	Взам. Інв. №	№ № добул.	Поп. і дата

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

EK 16510025

Арк

15

являють собою густо зростаючі утворення, в яких вода тече вище шару фільтруючого матеріалу. У біоплато з підповерхневою течією рівень води підтримується нижче поверхні пористого середовища, такого як пісок або гравій. Біоплато ВВП зазвичай використовуються для третинного очищення стічних вод.

Нижче наведена коротка інформація про основні типи біоплато, що аналізувалися - горизонтальні біоплато, вертикальні біоплато, французькі вертикальні біоплато і біоплато з вільною водною поверхнею.

Горизонтальні біоплато. Стічні води проходять горизонтально через фільтр на основі піску або гравію, завдяки чому рівень води підтримується нижче поверхні. Такий тип очищення має певні особливості [20]:

- Через водонасиченого стану відбуваються в основному анаеробні процеси розкладання.
- Ефективна первинна обробка необхідна для видалення твердих частинок, щоб запобігти засміченню фільтра.
- Використовуються великі рослини (макрофіти).
- Використовуються для вторинної або третинної обробки.

Вертикальні біоплато. Стічні води проходять вертикально через фільтр на основі піску або гравію. Рівень води підтримується нижче поверхні:

- Стічні води періодично завантажуються на поверхню фільтру і просочуються вертикально через фільтр.
- Між двома завантаженнями повітря знову надходить в пори і аерує фільтр, так що в основному відбуваються аеробні процеси розкладання.
- Ефективна первинна обробка необхідна для видалення твердих частинок, щоб запобігти засміченню фільтра.
- Використовуються макрофіти.

Французькі вертикальні біоплато:

№. Вертол.	Поп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неодубл.	Поп. і дата
------------	-------------	---------------	-------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ЕК 16510025

- використовують для очищення стічних вод після механічного очищення.
- Дві стадії біоплато працюють послідовно і паралельно.
- Забезпечують комплексне очищення осаду і стічних вод за один етап.
- Установа первинної обробки не потрібна.

У порівнянні з іншими системами очищення, біоплато для обробки вимагають більше землі, але менше вимагають зовнішньої енергії. Якщо дозволяє ландшафт, очисні біоплато можуть експлуатуватися без насосів і, отже, без будь-яких зовнішніх витрат енергії. Як і всі великі системи, очисні біоплато надійні і стійкі до коливань припливу і концентрації. Таким чином, очисні біоплато особливо підходять для використання в якості невеликих децентралізованих очисних систем.

У табл. 2.1 наведено очікувану ефективність видалення для типових конструкцій з чотирьох основних типів біоплато. Для кожного з чотирьох основних типів існує ряд модифікацій, які можуть призвести до підвищення ефективності видалення.

У табл. 2.2 наведено порівняльні вимоги до вибору типу обробки обраних технологій вторинного очищення побутових стічних вод. Слід зазначити, що технології, наведені в таблиці 2.1, не забезпечують таку ж саму якість стоків як анаеробні ставки та висхідний анаеробний мул. Але реактори не часто використовуються в помірному кліматі для побутових стічних вод і мають більш широке застосування в теплих кліматичних зонах.

№. Нагол.	Поп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Поп. і дата	EK 16510025					Арк				
										17				
										Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Таблиця 2.1 – Ефективність очищення для найбільш поширених типів біоплато [18]

Параметри	Горизонтальні біоплато	Вертикальні біоплато	Французькі вертикальні біоплато	Біоплато з вільною водною поверхнею
Стадія очищення	Вторинна	Вторинна	Первинна та вторинна	Третинна
Зважені тверді речовини (всього)	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Органічні речовини (ХПК)	> 80%	> 90%	> 90%	> 80%
Азот амонійний	20-30 %	> 90%	> 90%	> 80%
Азот загальний	30-50 %	< 20 %	< 20 %	30-50 %
Фосфор загальний	10-20 %	10-20 %	10-20 %	10-20 %
Колі-титр	0,301	0,3-0,6	0-0,5	0

Таблиця 2.2 - Вимоги до обраних технологій очищення стічних вод для вторинної обробка для теплого та помірнього клімату [21]

Технологія обробки	Необхідна площа очищення, м ² /екв.нас
Факультативний ставок	2,0 – 6,0
Анаеробний + факультативний ставок	1,2 – 3,0
Реактор УАСБ	0,03 – 0,10
Активний мул	0,12 – 0,30
Крапельний біофільтр	0,15 – 0,40
Горизонтальні біоплато	3,0 – 10,0
Вертикальні біоплато	1,2 – 5,0
Французькі вертикальні біоплато	2,0 – 2,5

№. №100л.
Поп. і дата
Взам.І№.№
№в.№доубл.
Поп. і дата

Порівняно з іншими очисними системами очисні біоплато мають більшу площу, але меншу потребу у зовнішній енергії та менші витрати на експлуатацію. Якщо ландшафт дозволяє біоплато можна експлуатувати без насосів і, таким чином, без будь-яких надходжень зовнішньої енергії. Як і всі розгалужені системи, біоплато є надійними і стійкими до коливання потоку води та концентрації забруднюючих речовин. Штучні біоплато угідь тому особливо підходять для використання в якості невеликих децентралізованих систем очищення.

2.2 Процеси видалення забруднюючих речовин та патогенів

Очисні біоплато являють собою складні системи очищення стічних вод, що володіють різноманітним набором шляхів видалення забруднюючих речовин і патогенних мікроорганізмів. На відміну від інших традиційних систем очищення стічних вод, в яких процеси видалення оптимізуються за допомогою серії окремих операцій, призначених для певної мети, в одному або двох реакторах одночасно відбувається кілька шляхів видалення.

Водно-болотні рослини грають кілька важливих ролей в обробці біоплато. В першу чергу, їх коріння і кореневища забезпечують місця прикріплення мікробних біоплівки, що підвищують біологічну активність за питома площа в порівнянні з системами відкритої води, такими як ставки [16]. Вони розсіюють потік, обмежуючи гідравлічне коротке замикання, а також можуть виділяти невеликі кількості кисню і органічних сполук вуглецю в кореневу матрицю, стимулюючи як аеробні, так і безкисневі мікробні процеси. Дійсно, унікальною особливістю рослин є їх здатність підтримувати різноманітний консорціум мікробів: облігатні аеробні, факультативні та облігатні анаеробні мікроорганізми можуть бути виявлені завдяки великим градієнтам окислювально-відновних процесів, що є фактором, що сприяє надійній роботі штучних біоплато.

№. Вертол.	Піп. і дата	Взам. ІНВ. №	№. Неубол.	Піп. і дата	EK 16510025					Арк				
										19				
					Випр.	Арк	№ докум.	Піп.	Дата					

Неоднорідний розподіл окислювально-відновних умов в межах штучних біоплато обумовлені декількома факторами, особливо наявністю кореневої системи макрофітів, а в вертикальні біоплато і деяких інших системах- коливаннями рівня води, викликаними циклічними режимами течії.

Основні шляхи видалення забруднення в штучних біоплато:

- Осадження зважених твердих частинок, фільтрація.
- Органічна речовина - осадження і фільтрація для видалення твердих частинок органічної речовини, біологічна деградація (аеробна та /або анаеробна) для видалення розчиненої органічної речовини.
- Нітроген амоніфікація і подальша нітрифікація і денітрифікація, поглинання рослинами та експорт шляхом збору біомаси.
- Реакції адсорбції фосфору - осадження, обумовлене властивостями фільтруючого середовища, поглинанням рослинами та експортом за рахунок збору біомаси.
- Осадження патогенів, фільтрація, природне вимирання, хижацтво (здійснюється найпростішими і метазоями).

2.2.1 Органічна речовина

Механізми видалення твердих частинок і розчинних органічні речовини відрізняються і залежать від конструкції біоплато. Як правило, хімічна потреба в кисні (ХПК) використовується в якості основного аналітичного методу для вимірювання органічної речовини, однак 5-денна (вуглецевий) біохімічна потреба в кисні (БПК₅) також може бути використана. Основними механізмами видалення розчинених органічних речовин є мікробні шляхи, але на відміну від більшості систем очищення стічних вод вод, в різних мікросайтах одного і того ж реактора на біоплато можна використовувати кілька способів [23].

Тверді частинки органічної речовини

Тверді частинки органічної речовини, що надходять з надходять стічними водами, утримуються головним чином за рахунок фізичних процесів, таких як фільтрація і осадження. Затримані частинки накопичуються і піддаються

№. Непообл.	Підп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Підп. і дата
-------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						20

гідролізу, утворюючи додаткове навантаження розчинених органічних сполук, які можуть бути додатково гідролізовані або розкладені в обробному шарі. Накопичення твердих частинок органічної речовини в гранульованому середовищі є типовою особливістю біоплато для обробки підземних вод і є одним з основних факторів, що лежать в основі експлуатаційна проблема засмічення в цих системах. Інші джерела твердих частинок органічної речовини включають зростання біоплівки і накопичення рослинного і мікробного детриту [21]. Тобто відносний внесок різних фракцій накопичення твердих частинок органічної речовини залежить від застосовуваного навантаження стічних вод і властивостей рослин і біоплівок, що ростуть в системі.

В цілому, накопичення твердих частинок органічної речовини у біоплато, оброблюваних підземним потоком, набагато перевищує типову швидкість надходження твердих частинок, що вказує на те, що інші матеріали (такі як мертвий рослинний матеріал) сприяють утворенню твердих частинок органічної речовини, утримуваних в обробному шарі.

Розчинна органічна речовина

Мікроби викликають хімічну реакцію, в ході якої електрони переносяться з органічної речовини (донора електронів) в певну сполуку (акцептор електронів), в процесі вивільняючи енергію для росту клітин. Конкретний шлях зазвичай визначається акцептором електронів. Основні шляхи, активні в штучних біоплато, перераховані в розділі зменшення виділення енергії, включають:

- аеробне дихання з киснем в якості електрона акцептор і діоксиду вуглецю в якості основного продукту;
- денітрифікації нітратів і нітритів як акцептора електронів і газу азоту і діоксиду вуглецю в якості основних продукції;
- сульфатредукції з сульфатом в якості акцептора електронів і сульфідних і діоксид вуглецю в якості основних видів продукції;

№. Непопл.	Поп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№. Непопл.	Поп. і дата
------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						21

- метаногенезу, в якому органічна речовина одночасно електронно-акцепторні і донорні, і вуглекислий газ і метан головні продукти.

Кожен шлях володіє оптимальним окислювально-відновним потенціалом і тому може бути активний в різних місцях в межах одного і того ж біоплато, оскільки існують сильні окислювально-відновні градієнти в залежності від рівня насичення і відстані від поверхні води і коріння рослин варіюються від сильно анаеробних (менше -100 мВ) до повністю аеробних (більше +400 мВ).

Аеробне мікробне дихання

Багато гетеротрофних бактерій використовують кисень як кінцевий акцептор електронів, і оскільки це шлях з найбільшим виходом енергії, ці мікроби будуть домінувати при наявності кисню. Більшість гетеротрофних бактерій є факультативними, що означає, що вони також можуть використовувати нітрат або нітрит як акцептори електронів при обмеженні кисню. Доступність кисню сильно варіюється в залежності від різних конфігурацій біоплато.

Більшість вертикальних біоплато експлуатуються з імпульсним, переривчастим поверхневим навантаженням, аеруючим шар між імпульсами і збільшенням присутності кисню в основній масі води. Таким чином, аеробне дихання є домінуючим шляхом видалення в системах вертикальні біоплато. Високочастотні біоплато майже завжди повністю насичені водою з точністю до декількох сантиметрів від поверхні.

Потреба в кисні для типових побутових стічних вод набагато вище, ніж сума всіх цих входів, таким чином, в той час як деяке гетеротрофне дихання, безсумнівно, має місце, особливо поблизу коренів рослини, інші шляхи зазвичай є домінуючими. Поверхнева реаерація вище в юбіоплато з вільною водною поверхнею, ніж в горизонтальних біоплато через відкриту водної поверхні, таким чином, будучи більш гетеротрофно активною, ймовірно, переважають менш енергетично сприятливі процеси, особливо в донних відкладеннях і поблизу них.

№. Непообл.	Піп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№. Неубол.	Піп. і дата
-------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						22

Денітрифікація - це біологічно опосередковане відновлення нітрату до газоподібного азоту за допомогою декількох проміжних стадій за відсутності розчиненого молекулярного кисню. У цих безкисневих умовах і при наявності нітратів Денітрифікація може бути переважаючим шляхом деградації органічної речовини в штучних біоплато. На денітрифікацію припадає значна частка загального видалення органічного вуглецю у горизонтальних біоплато [18]. Однак, доступність нітратів часто проблематична, оскільки вони зазвичай відсутні в помітних кількостях у вхідному потоці і не можуть бути отримані шляхом автотрофної нітрифікації до тих пір, поки не буде видалено достатню кількість органічної речовини.

Сульфат є поширеним компонентом багатьох видів стічних вод і може використовуватися в якості кінцевого акцептора електронів великою групою анаеробних гетеротрофних мікроорганізм. Основним продуктом є сульфід, який є джерелом неприємних запахів і може викликати придушення як мікробної активності, так і росту рослин (Віснер та ін., 2005). З іншого боку, більшість сульфідів металів сильно нерозчинні, і відновлення сульфатів є важливим механізмом видалення металів у штучне біоплато. зниження вмісту сульфатів може бути дуже важливим способом видалення органічних речовин, на частку якого припадає значна частка загального видалення тріски у біоплато, оброблених горизонтальні біоплато [19].

Метаногенез - це анаеробна мікробна реакція, при якій органічна речовина окислюється до двоокису вуглецю і відновлюється до метану. Незважаючи на те, що це не строгий механізм видалення ХПК, низька розчинність метану у воді ефективно видаляє органічні речовини шляхом виділення метану. Необхідні окислювально-відновні умови для метаногенезу дуже схожі на умови, необхідні для відновлення сульфату. Крім того, метаногени і сульфатредуктори використовують аналогічні органічні субстрати (такі як оцтова кислота і метанол). Коли відношення ХПК до сульфату нижче 1,5, сульфатредукуючі бактерії зазвичай витісняють метаногени, а коли співвідношення перевищує

№. Неплобл.	Плоп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№в. Неубол.	Плоп. і дата
-------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	EK 16510025	Арк
						23

шість, зазвичай переважають метаногени [20]. При проміжних співвідношеннях ці два процеси часто протікають одночасно, і, якщо продукти не викликають занепокоєння, чистий ефект видалення органічних речовин може бути об'єднаний.

2.2.3 Нітроген

Азот існує в багатьох формах, і різні взаємопов'язані процеси перетворюють його з однієї форми в іншу в складній системі, званої азотним циклом. Азот надходить у більшість первинних та вторинних біоплато у вигляді органічного азоту та амонію ($\text{NH}_4\text{-N}$), при цьому третинні системи отримують суміш видів азоту, включаючи нітрат. В більшості біоплато очікується і/або потрібен певний рівень перетворення азоту до скидання кінцевих стічних вод у водойму. У багатьох випадках очікується перетворення в нітрат, менш токсичну форму азоту, але все більш юрисдикції очікують повного видалення азоту зі стічних вод. Практично всі шляхи кругообігу азоту активні на очисних біоплато, включаючи мінералізацію (амоніфікацію), випаровування аміаку, нітрифікацію, денітрифікацію, поглинання рослинами і мікробами, фіксацію азоту, відновлення нітратів, анаеробне окислення аміаку, адсорбцію, десорбцію, захоронення і вилуговування [11]. Однак вважається, що тільки деякі з цих шляхів вносять значний внесок у механізми перетворення і видалення азоту важливо при очищенні стічних вод.

На очисних біоплато переважають викликані мікробами перетворення азоту, характерні для інших систем очищення стічних вод, при цьому сорбція і поглинання рослинами також присутні в обмеженого ступеня. Внесок кожного шляху залежить від типу оброблюваного водно-болотного угіддя, застосовуваної швидкості завантаження, гідравлічного часу перебування, температури, типу рослинності і властивостей середовища.

Амоніфікація складається з перетворення органічного азоту в амоній за допомогою позаклітинної активності ферментів, що виділяються мікроорганізмами. Амоніфікація вважається необхідним першим кроком до

№. Неплобл.	Плоп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№. Неубол.	Плоп. і дата
-------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	EK 16510025	Арк
						24

перетворення азоту в нітрат видалення, але рідко є обмежуючим етапом для подальшого видалення.

Нітрифікація - це окислення амонію до нітрату, якому сприяє Консорціум автотрофних мікробів з нітритом в якості основного проміжного продукту. Для здійснення процесу мікроорганізми, кисень, лужність і мікроелементи повинні бути присутні в стічних водах. Автотрофні нітрифікатори, як правило, є мікроорганізмами, що ростуть повільніше, ніж аеробні гетеротрофи, і, таким чином, можуть бути витіснені в присутності легко біорозкладаного органічної речовини. Основною перевагою вертикальних біоплато є їх висока здатність до насичення киснем і, отже, здатність до нітрифікації. У високочастотних системах може відбуватися деяка нітрифікація, особливо при невеликому завантаженні органічним речовиною, але нітрифікація часто є обмежуючим етапом видалення азоту в високочастотних системах. Нітрифікація сама по собі є процесом перетворення і не призводить до видалення азоту, якщо тільки це належним чином не пов'язано з денітрифікацією.

Денітрифікація обговорювалася як механізм видалення органічного вуглецю, але життєво важлива для ефективного видалення азоту, оскільки вона перетворює нітрат в газоподібний азот, який викидається в атмосферу. Денітрифікації часто важко досягти на біоплато вторинної очистки (і в більшості систем очищення стічних вод в цілому), оскільки процес нітрифікації зазвичай є необхідною умовою для перетворення надходить аміаку в нітрат, що не може відбутися до тих пір, поки не буде витрачено достатню кількість органічного вуглецю. Це може призвести до недостатня кількість залишкової органічної речовини для денітрифікації. Високий потенціал насичення киснем систем вертикальних біоплато робить їх неефективними при денітрифікації, так як процес вимагає аноксії, щоб закінчитися утворенням газоподібного азоту. більшість систем горизонтальні біоплато денітрифікують весь нітрат, який може утворитися всередині, якщо його використовувати для вторинної обробки, тоді як часткова денітрифікація більш поширена в третинних системах. Тому

№. Неплобл.	Плоп. / Дата
Взаєм. Інв. №	№. Неубол.

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	EK 16510025	Арк
						25

завантаження потрібні для того, щоб цей механізм домінував у роботі переривчастих систем, таких як вертикальні біоплато.

Поглинання рослинами

Поширена помилка полягає в тому, що рослини видаляють більшу частину азоту на оброблених біоплато. Макрофіти дійсно накопичують азот в своїх тканинах, і поглинання рослинами призводить до видалення азоту в діапазоні від 0,2 до 0,8 г/м², залежно від розглянутих видів макрофітів [13]. Частина цього запасеного азоту може бути видалений шляхом регулярного збору наземної біомаси, проте більше половини поглинання азоту може зберігатися в підземних тканинах, і час важливо, оскільки рослини переміщують азот між наземними і підземними тканинами в залежності від пори року. Збір врожаю також пов'язаний з експлуатаційними витратами, і його економічна ефективність сумнівна, якщо система не завантажена слабо. Якщо рослини не збирають, чистого видалення азоту не відбувається, тому що будь-який азот в рослинній тканині в кінцевому підсумку вивільняється під час розкладання рослинної речовини.

2.2.4 Фосфор

Фосфор надходить на більшість очисних біоплато в основному у вигляді органічного фосфору і ортофосфату, але більша частина органічного фосфору перетворюється в ортофосфат в процесі розкладання органічної речовини. Механізми, які відіграють певну роль у видаленні фосфору на штучних біоплато, включають хімічне осадження, осадження, сорбцію і поглинання рослинами і мікробами. На жаль, більшість з цих процесів протікають повільно або неактивно, якщо тільки для посилення абіотичних процесів не використовуються спеціальні середовища. Як і у випадку з азотом, рослини включають фосфор у свою біомасу, але це може призвести до видалення механізм тільки в тому випадку, якщо рослини зібрані і, отже, схильні до тих же обмежень, що і поглинання азоту рослинами в якості механізму видалення. Ефективність обробки біоплато для видалення фосфору визначається

№. Непопл.	Поп. і дата	Взаєм. №. №	№. Непопл.	Поп. і дата
------------	-------------	-------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Поп.	Дата	ЕК 16510025	Арк
						27

застосовуваної швидкістю завантаження. У системах з вільною водною поверхнею з дуже малим навантаженням, наприклад, для очищення стічних вод, видалення фосфору може бути чудовим і в першу чергу за рахунок накопичення ґрунту (осадження і спільного осадження з іншими мінералами). Для очищення типових вторинних стічних вод з використанням систем вертикальні біоплато і горизонтальні біоплато видалення, як правило, досить скромне як тільки сорбційна здатність середовища буде насичена. Дослідження з метою пошуку середовищ з високою сорбційною здатністю фосфору з деяким успіх. Ці фільтруючі матеріали називаються реактивними середовищами. Як і всі середовища, реактивні середовища мають обмежену пропускну здатність, однак можна відкласти насичення на кілька років, що може бути відповідним в певних ситуаціях.

Іншим варіантом є використання додаткового невстановленого фільтруючого шару, в якому реактивне середовище можна періодично замінювати без втрати здатності видаляти інші компоненти в вищій осередки. Цей витратний фільтр зазвичай залишають незайнятим, щоб полегшити видалення матеріалу, як тільки він досягне своєї сорбційної здатності. Загальноприйнятий підхід полягає в дозуванні хімічних солей (на основі заліза або алюмінію) для реакції з фосфором вище за течією від оброблюваного водно-болотного угіддя і використанні системи для утримання будь-яких залишкових осаджених твердих речовин [14].

2.2.5 Патогенні мікроорганізми

Видалення патогенів у штучних біоплато надзвичайно складно через безліч процесів, які можуть призвести до видалення або інактивації бактерій, вірусів, найпростіших або паразитів. Технологія обробки біоплато пропонує відповідне поєднання фізичних, хімічних і біологічних механізмів, необхідних для видалення патогенних організмів. Фізичний фактори включають фільтрацію та осадження, а хімічні фактори включають окислення і адсорбцію до органічної речовини. Механізми біологічного видалення включають виділення кисню і

№. Непообл.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Піп. і дата
-------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Піп.	Дата	EK 16510025	Арк
						28

протилежному кінці шару перед вивантаження. Стояк, розташований за межами русла біоплато, контролює рівень води в гравійній середовищі. Вся грядка ізольована від навколишньої землі комбінацією пластикового вкладиша і геотекстильної мембрани.

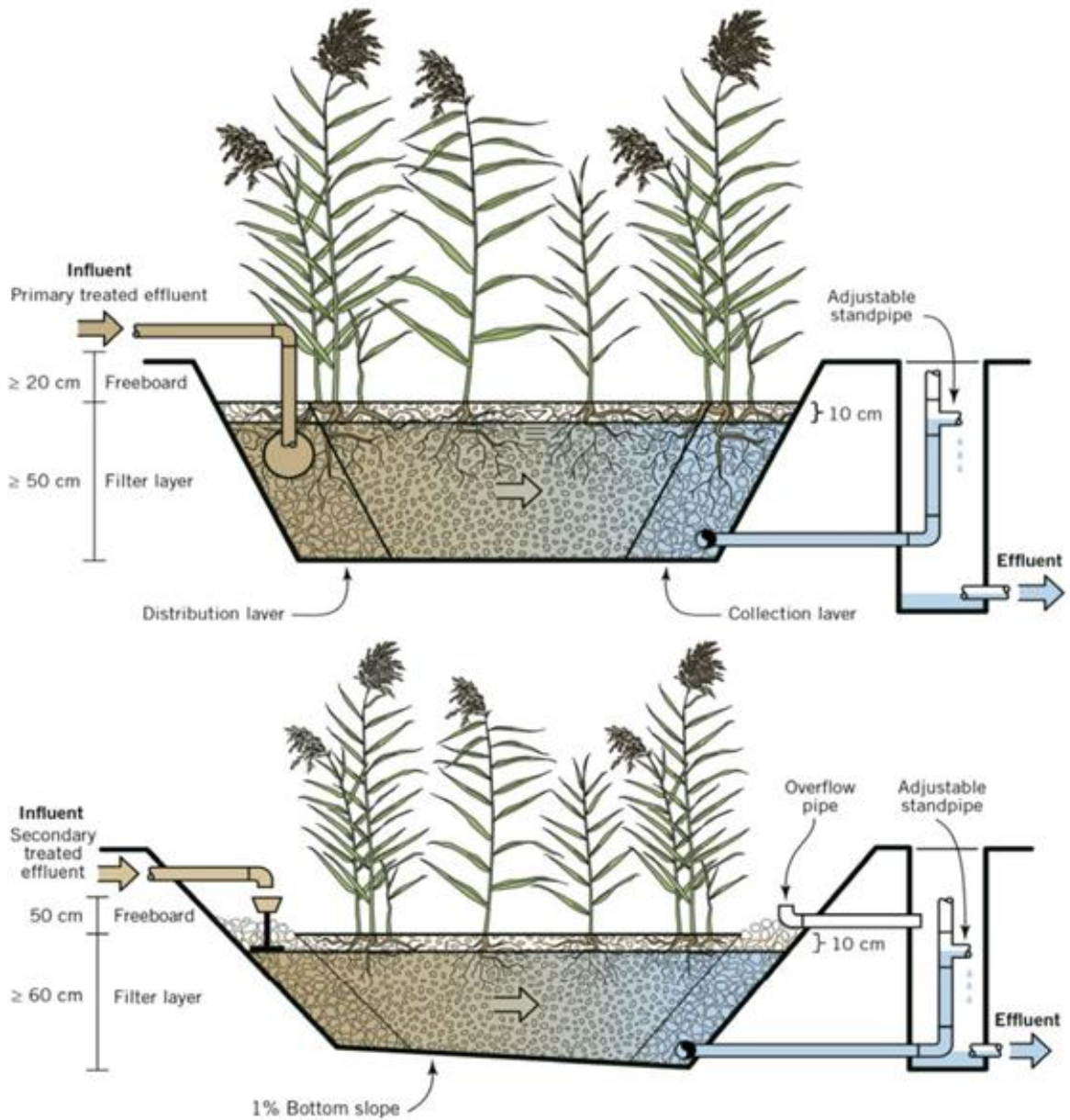


Рисунок 3.1 - Типова схема горизонтального; вгорі: вторинна обробка; внизу: доочищення побутових стічних вод [22].

Для вторинного очищення побутових стічних вод глибина гравію, як правило, становить 0,5-0,7 м, а рівень води підтримується на 5-10 см нижче

Інв. №	Площ. 1 част.	Взаєм. Інв. №	№ № добул.	Площ. 1 част.
№ № добул.				

ЕК 16510025

Арк

31

поверхні. У системах третинної очищення у Великобританії глибина самого басейну становить від 1,0 до 1,5 м, з яких приблизно 0,60 м заповнено гравієм. Високочастотні системи у Великобританії зазвичай виготовляються з поздовжнім ухилом підстави (1%) для полегшення осушення шару в разі необхідності. Залишковий об'єм шару використовується для зберігання води під час сильних потоків або штормів.

Переважаючі шляхи мікробіологічного видалення у біоплато є анаеробними. При використанні для вторинного очищення побутових стічних вод горизонтальні біоплато, як правило, здатні видаляти БПК5 і ХПК в розумній мірі (20 мг/л в стічних водах) але продуктивність окремих систем значною мірою залежить від концентрації вступників речовин. Видалення азоту загального в системах горизонтальні біоплато дещо обмежене через обмежених аеробних умов для нітрифікації. Однак високочастотні біоплато можуть бути дуже ефективними при денітрифікації за умови наявності достатньої кількості нітратів і вуглецю у товщі води. Фосфор не може стійко видалятися у високогірних біоплато протягом тривалого часу, якщо не використовуються реактивні середовища [19].

Розміри біоплато можуть бути розраховані з використанням простих вимог відносно до питомої площі поверхні ($m^2/екв.нас.$), максимальні швидкості завантаження по площі. В цілому, критерії проектування біоплато, що забезпечують вторинну очищення побутових стічних вод, досить схожі в різних країнах в одних і тих же кліматичних умовах.

Співвідношення довжини до ширини для вторинних горизонтальних біоплато зазвичай становить від 2:1 до 4:1, тоді як для третинних систем ширина зазвичай більше довжини, щоб максимізувати площу поперечного перерізу і зменшити ймовірність засмічення при більш високих гідравлічних швидкостях. У більшості посібників з проектування вказується максимальна швидкість завантаження, заснована на площі плану біоплато, оскільки це легко пояснити будівельникам і кінцевим користувачам. Основне припущення полягає в тому,

№. Непопл.	Площ. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Непопл.	Площ. і дата
------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						32

що всі шари горизонтальних біоплато забезпечують стандартну глибину середовища 0,6 м – це наслідок колишніх уявлень про те, що коріння рослин забезпечують більшу частину обробки, і це значення є передбачуваною максимальною глибиною проникнення коренів.

Використання навантаження з максимальною площею поперечного перерізу, тобто навантаження, прикладеної до ширини і глибини вхідного отвору, переміщує відходить від цього припущення і надає можливість змінювати довжину і глибину шару, щоб забезпечити стійку очистку стічних вод. Ширина русла, однак, зазвичай обмежується максимум 25-30 м, щоб полегшити рівномірний розподіл потоку в одному осередку біоплато.

Розподіл і збір стічних вод мають вирішальне значення для забезпечення контакту забруднюючих речовин з мікроорганізмами при мінімізації засмічення шару. Шари зазвичай мають більш грубу середу на обох кінцях (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Приклади споруд на штучних біоплато

Випускний колекторні системи зазвичай являють собою сільськогосподарські дренажні труби з отворами або щілинами, розташований

Плоп. і дата	
Взам. інв. №	№в. №доубл.
Плоп. і дата	
№в. №лобл.	

					ЕК 16510025		Арк
Випр	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			33

по ширині кінця русла біоплато, з'єднаний з поворотною трубою для контролю глибини води всередині русла. Підповерхневі завантажувальні конструкції зазвичай являють собою труби з трійниками або отворами, рівномірно розташованими через кожні 10% ширини шару [18], в той час як конструкції з поверхневим навантаженням зазвичай жолобів з v-подібними вирізами, розташованими з інтервалом 2,5 м. У минулому використовувалися стоячі труби, але, як показав досвід, їх було важко утримувати в чистоті, тому їх замінили відкритими жолобами, які легко чистити всмоктуючим шлангом або лопата.

Розмір зерен використовуваних матеріалів різняться в залежності від країни і розробника. Вплив розміру наповнювача на розміри біоплато враховується при виконанні гідравлічних розрахунків для запобігання потоку по суші і відбивається на максимальних рекомендованих швидкостях завантаження для кожного варіанту конструкції.

У Європі горизонтальні біоплато зазвичай засаджують звичайним очеретом (*Phragmites sp.*). Системи можуть бути засаджені іншими типами рослин, в залежності від місцевих правил та/або клімату. Наприклад, у Сполучених Штатах рослини з роду *Phragmites* вважається інвазивним видом, тому використовують інші види, такі як *Sagittaria latifolia*, *Schoenoplectus validus*, *Schoenoplectus acutus* і *Iris pseudacorus* [24]. У тропічному кліматі використовувалися такі рослини як *Cyperus*, *Typha*, *Helicornia* і *Canna sp.* [25].

Роль рослин у біоплато в основному пов'язана з фізичними процесами, такими як збільшення площі поверхні для росту прикріплених мікроорганізмів і забезпечення кращої фільтрації. У помірному і холодному кліматі шар підстилки може забезпечити додаткова теплоізоляція в зимовий період. Однак в жаркому, посушливому кліматі може знадобитися регулярна (щорічна) обрізка рослинності. Це пов'язано з тим, що кліматичні умови сприяють накопиченню сміття в чистому вигляді, надмірно ізолюючи підстилку і одночасно зменшуючи місткість біоплато. Для штучних біоплато, що забезпечують вторинну очищення

№. Непообл.	Плоп. і сата	Взаєм. ІНБ. №	№. Неубол.	Плоп. і сата
-------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	ЕК 16510025	Арк
						34

побутових стічних вод, внесок поглинання рослин у видалення поживних речовин мінімальний. Відбувається передача кисню, опосередкована рослинами, але вона мінімальна по порівнянні з потребою в кисні, створюваної вступниками стічними водами.

Для більш ефективного очищення стічних вод слід застосовувати комбіновані системи очищення які поєднують вертикальні та горизонтальні потокові конструкції.

3.2 Особливості експлуатації та обслуговування біоплато

Жодна система очищення біоплато не вимагає технічного обслуговування. Найбільш важливою експлуатаційною проблемою для штучних біоплато є засмічення. Це відбувається, коли поровий простор в середовищі заповнюється твердими речовинами (органічними або неорганічними), що обмежує площу контакту і час між біоплівкою і водою. Засмічення може відбутися в будь-якому типі (біологічного) фільтра [26]. На горизонтальних біоплато, що забезпечують очищення побутових стічних вод, засмічення найчастіше викликається надлишком органічних і/або твердих речовин навантаження на гравійний шар. Часто це відбувається через неправильне обслуговування септика (біоплато вторинної очистки) або резервуарів для остаточного відстійника (біоплато третинної очистки) або неправильних розмірів самого водно-болотного угіддя. В якості основних факторів, що призводять до засмічення систем, були запропоновані швидкості завантаження гідравлічних і твердих частинок, які знаходяться на верхній межі рекомендованих значень. Це може бути результатом неадекватної конструкції або навмисне використання високочастотних шарів для зберігання твердих частинок, а не для обробки. У будь-якому випадку, це чисте накопичення твердих речовин в порові простори, які призводять до сухопутного потоку і засмічення системи. Засмічення може таким чином буде зведено до мінімуму, а тривалість роботи продовжено,

№. Непопл.	Поп. і дата	Взам. Інв. №	№. Неубол.	Поп. і дата
------------	-------------	--------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						35

обравши відповідний носій (наприклад, гравій і пісок) і контролюючи швидкість навантаження (перевірка гідравлічних і маси забруднюючих речовин навантаження) [28, 31, 44]. Приклади успішних проектів біоплато наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 - Біоплато Ондрейов (Польща)

Регулярні перевірки належної експлуатації та технічного обслуговування біоплато включають:

- Обробка вгору за течією: септики (вторинна очищення горизонтальні біоплато) і відстійники (третинна очищення горизонтальні біоплато) необхідно регулярно спорожняти, щоб запобігти перенесення твердих частинок у біоплато горизонтальні біоплато. інтервал спорожнення залежить від розміру септика, але його слід проводити не рідше одного разу на рік. Аналогічна логіка застосовна

№. Непообл.	Піоп. і сата	Взаєм. Інв. №	№в. Непообл.	Піоп. і сата
-------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	
-------	-----	----------	-------	------	--------------------	--

до відстійників після інших форм біологічної очищення перед третинним очищенням, з типовими частотами спорожнення для обортових біологічних контакторів і струменевих фільтрів в діапазоні від 30 до 90 днів. Осад, який був видалений з резервуарів, може бути оброблений на місці в окремому водно-болотному угіддя для обробки осаду або транспортується на централізовану очисну установку для подальшої переробки. Крім того, якщо потрібно перекачування, обладнання повинно обслуговуватися відповідно до специфікаціями виробника (наприклад, мастило).

- Система розподілу припливу: нерівномірний розподіл може призвести до потрапляння твердих частинок або органічних речовин на невелику частину передбачуваної зони припливу і привести до засмічення. Для систем з поверхневим завантаженням важливо забезпечити рівномірну подачу стічних вод по ширині русла біоплато. Для горизонтальних біоплато з підповерхневим навантаженням розподільні труби повинні бути правильно спроектовані і повинні містити оглядові отвори, щоб припливний колектор можна було періодично промивати і / або очищати.

- Структура контролю рівня на виході: Структура контролю рівня на виході повинна перевірятися на регулярній основі. Рівень води повинен підтримуватися на 5-10 см нижче поверхні гравію. Якщо зменшення висоти контрольної конструкції випускного отвору не призводить до зниження рівня води в гравії, можуть знадобитися подальші дослідження для оцінки ступеня засмічення гравійного шару.

- Накопичення поверхневого осаду (тільки поверхневі біоплато третинного типу): Системи третинного очищення з поверхневим завантаженням слід контролювати на предмет накопичення осаду. Накопичення осаду у вхідній зоні пласта слід вимірювати один раз на рік.

- Рослинність: слід контролювати рослинність біоплато, щоб гарантувати, що небажані види рослин (бур'яни) не захоплять передбачуване рослинне угруповання. У перші два повних вегетаційних періоди бур'яни слід видаляти по

№. Непообл.	Піп. і дата	Взам. інв. №	№. Неубол.	Піп. і дата
-------------	-------------	--------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						37

мірі необхідності. У помірному кліматі підстилка з рослин забезпечує додаткову ізоляцію у зимовий період. У жаркому і посушливому кліматі солома може накопичуватися нескінченно, і може знадобитися збір врожаю рослин.

Проблеми, які виникають внаслідок проблем під час проектування, будівництва та експлуатації ВЧ біоплато включають:

- Попередня обробка, яка обслуговується неналежним чином: тверді речовини відходять від неправильного Підтримка вищезазначених компонентів обробки може призвести до вивільнення тверді речовини потрапляють на гравійний шар і призводять до засмічення.

- Невідповідний фільтруючий матеріал: тільки промитий, округлий гравій або крупний чистий пісок слід використовувати на горизонтальні біоплато біоплато. Гострі краї можуть пошкодити вкладиш і забезпечують менш ідеальні пори, що впливає на пористість.

- Нерівномірний розподіл стічних вод: нерівномірний розподіл стічні води по ширині водно-болотного угіддя можуть призвести до локального засмічення і пільгові шляхи потоку.

- Погане вирівнювання ділянки: дощова вода надходить у горизонтальні біоплато стають проблематичними, якщо біоплато не забудовані валами або ділянка ні адекватно градуйований, щоб відвести стік з біоплато, а не в них басейн.

У ситуаціях, коли горизонтальне біоплато засмітилося до такої міри, що вода закорочується по поверхні русла і, таким чином, обходить очищення, або в випадку, коли вимоги до скидання стічних вод більше не виконуються, може знадобитися реконструкція русла. Реконструкція включає повне видалення гравійного середовища. Часткова заміна середовища не рекомендується, оскільки стічні води будуть переважно протікати через чисте середовище. Гравій можна або видалити і утилізувати за межами майданчика, або промити на місці і повернувся в тіло біоплато.

№. Непопл.	Поп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Непопл.	Поп. і дата
------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	
-------	-----	----------	-------	------	--------------------	--

3.3 Ефективність процесів видалення забруднюючих речовин на гібридних біоплато

У проаналізованих системах концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, що надходять у шари типу горизонтальні біоплато, були значно нижче, ніж в неочищених стічних водах, що надходять в початкові відстійники (перший елемент установки) [25]. Середні значення забруднюючих речовин в стічних водах, що надходять в досліджуваних системах, представлені в таблицях 3.1 і 3.2. Зважені тверді речовини, які не видаляються в системі попередньої обробки, ефективно видаляються за допомогою процесів фільтрації і осадження, які відбуваються в штучних біоплато [26].

Для досягнення найвищого ефекту очищення побутових стічних вод у рекомендується застосовувати гібридні біоплато, де які складаються з початкового відстійнику і системи з двох ділянок вертикального потоку і горизонтального типу з очеретом і вербою. Швидкість стікання стічних вод у споруджених водно-болотних системах становить 0,4 м³/день. За період дослідження (2017–2019) проведено 20 серій аналізів та відібрано 60 проб стічних вод.

Пропонована установка, схема якої наведена на рис. 3.4, складається з 3-х камерного первинного відстійника з насосною станцією та системою з двох шарів біоплато комбінованого типу. У першому ложі з вертикальною течією (вертикальний тип), очерет звичайний (*Phragmites australis (Cav.)*). На другому ложі з горизонтальною течією (горизонтальний-тип) висаджена верба (*Salix viminalis L.*) (рис. 3.5). Для засипання пластів використовувався густий пісок з грануляцією 1–2 мм. Для захисту ґрунтових вод від забруднення використовували 1-мм поліетилен високої щільності.

№. Неплобл.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Плоп. і дата
-------------	--------------	---------------	------------	--------------

№. Неплобл.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Плоп. і дата
Випр.	Арк.	№ докум.	Плоп.	Дата

ЕК 16510025

Арк

39

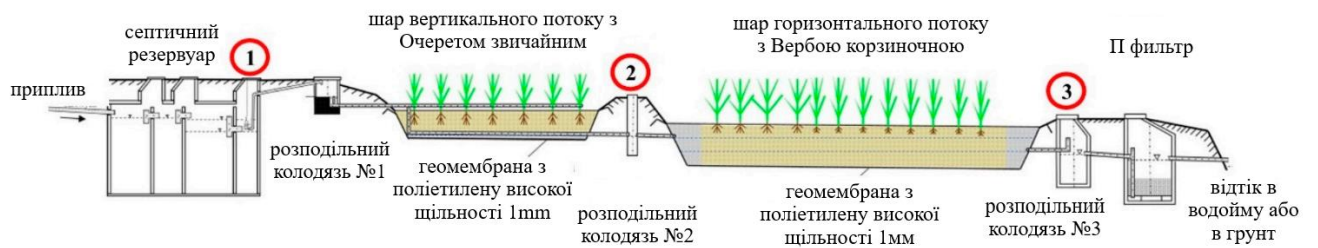


Рисунок 3.4 - Схема досліджуваного гібридного біоплато типу ВП-ГП [39].



Рисунок 3.5 – Горизонтальна ділянка гібридного біоплато

На досліджуваному об'єкті процеси фільтрації і осадження проводилися в шарах типу комбінованого біоплато. В аналізованій системі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, що надходять у вертикальні біоплато була значно нижчою, ніж у стічних водах, що надходять у первинні відстійники.

Інв. №лобл.	Плоп. і дата	Взам. Інв. №	№в. №дубл.	Плоп. і дата
-------------	--------------	--------------	------------	--------------

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

EK 16510025

Середні значення забруднюючих речовин в стічних водах, що надходять на ділянки з ертикальним потоком у представлені в таблиці 3.2. Отримані значення були подібними до представлених у літературі для механічно оброблених стічних вод в первинних відстійниках

Концентрації забруднюючих речовин на різних стадіях очищення на об'єкті наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Концентрації забруднюючих речовин на різних стадіях очищення на об'єкті.

параметр	1- приплив в перший шар VF				2- відтік з першого шару VF				3- відтік з другого шару HF			
	min	max	\bar{x}	σ	min	max	\bar{x}	σ	min	max	\bar{x}	σ
pH	7.0	8.05	-	0.25	6.06	7.68	-	0.38	6.62	7.51	-	0.27
розчинений кисень (мг / л)	0.02	1.64	0.55	0.50	2.02	5.94	4.32	0.96	1.3	8.32	4.90	1.72
зважені тверді речовини (мг / л)	56.0	286	129	64.3	8.9	107	54.0	30.5	3.7	53.1	26.7	15.3
БПК 5 (мг/л)	193	345	275	38.6	3.4	149	15.4	31.8	1.1	11.2	3.5	2.4
ХПК-Сг (мг/л)	575	1220	785	148	24.0	630	88.4	130	5.2	82.0	34.8	15.3
амонійний азот (мг / л)	78.0	139	110	18.9	0.28	58.0	17.0	16.5	0.12	41.4	11.4	10.8
нітратний азот (мг / л)	0.10	2.70	1.03	0.66	5.01	75.20	49.4	16.06	1.70	57.10	23.6	15.1
нітритний азот (мг / л)	0.01	0.41	0.21	0.10	0.06	14.95	1.93	3.18	0.04	1.14	0.41	0.27
загальний азот (мг / л)	82.9	209	144	29.4	55.0	130	81.4	20.3	9.1	95.2	39.9	20.8
загальний фосфор (мг / л)	14.2	71.8	27.2	13.7	9.1	27.0	12.7	4.4	0.1	7.0	2.6	2.0

Детальна інформація щодо результатів дослідження наведена на рис. 3.6 – 3.7 та у табл. 3.2.

Поп. / дата	
№. Неодобл.	
Взаєм. ІНБ. №	
Поп. / дата	
№. Неодобл.	

					EK 16510025		Арк
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			41

Таблиця 3.2 - Середнє навантаження забруднюючої речовини (СНЗР) та швидкості видалення маси (ШВМ) у досліджуваних гібридних біоплато, г/м²/добу)

параметр		ВП	ГП	ВП-ГП
завислі речовини	СНЗР	2.87	0.72	1.08
	ШВМ	1.67	0.36	0.85
БПК ₅	СНЗР	6.11	0.21	2.29
	ШВМ	5.77	0.16	2.26
ХПК	СНЗР	17.44	1.18	6.54
	ШВМ	15.48	0.71	6.25
Азот заг.	СНЗР	3.20	1.09	1.20
	ШВМ	1.39	0.55	0.87
N-NH ₄	СНЗР	2.44	0.23	0.92
	ШВМ	2.07	0.07	0.82
Фосфор заг.	СНЗР	0.60	0.17	0.23
	ШВМ	0.32	0.13	0.21

Графічно результати дослідження представлені на рис. 3.6-3.7.

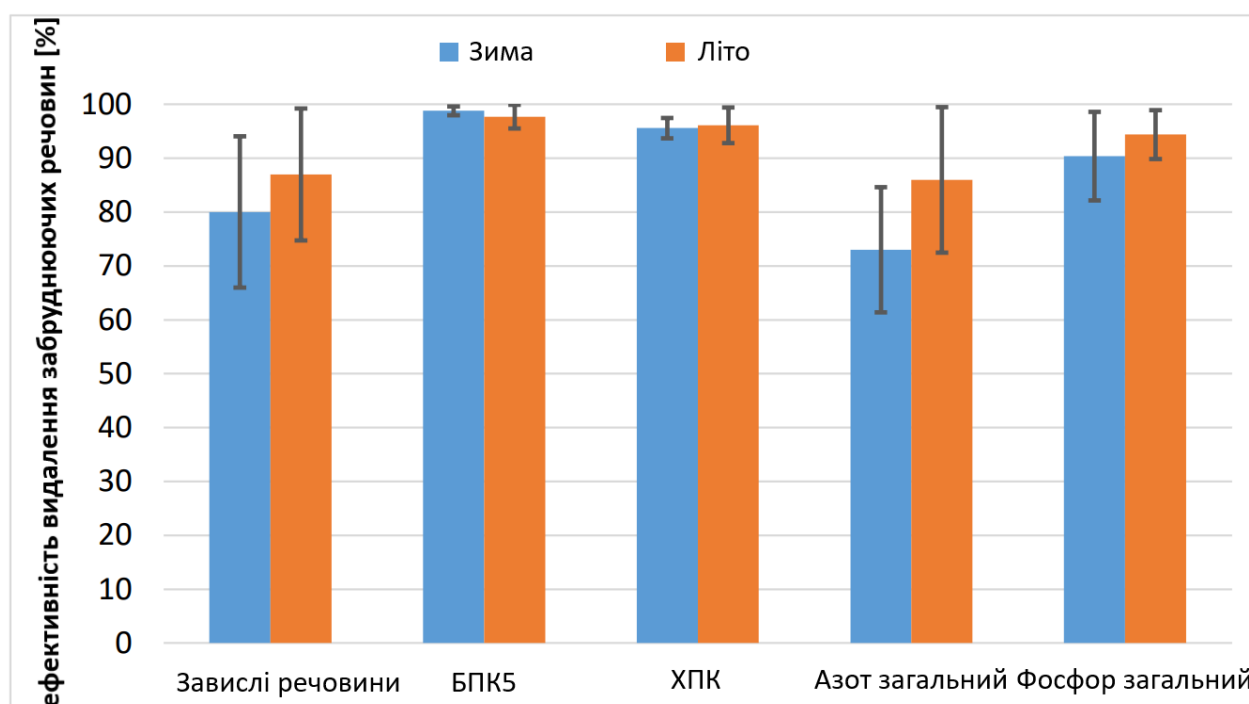


Рисунок 3.6 - Середня ефективність видалення забруднюючих речовин у гібридних біоплато (ВП-ГП) залежно від сезону.

№. Період.	Піп. і дата
Взаєм. ІНБ. №	№. Неодобл.
Піп. і дата	Піп. і дата

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

EK 16510025

Арк

42

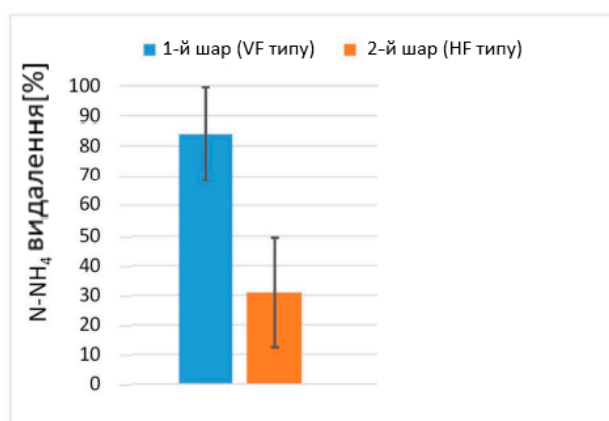
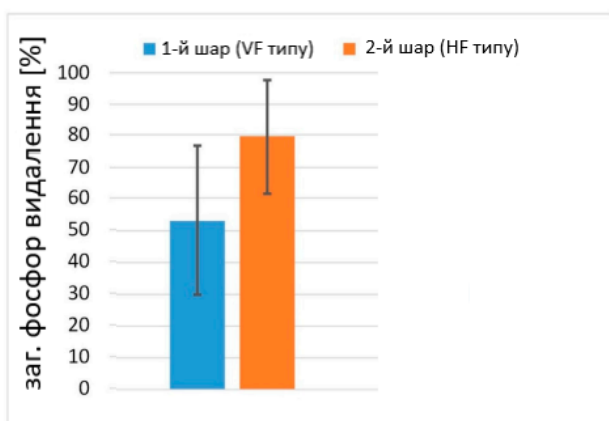
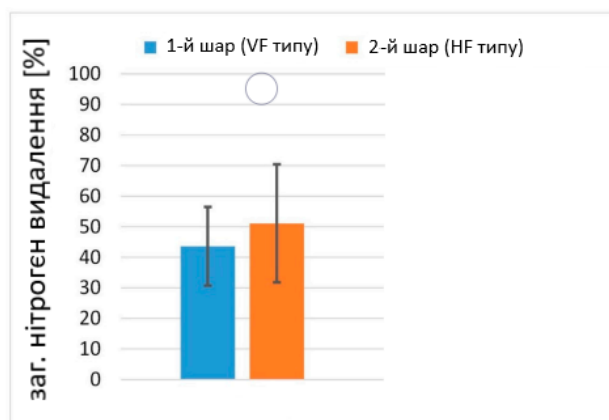
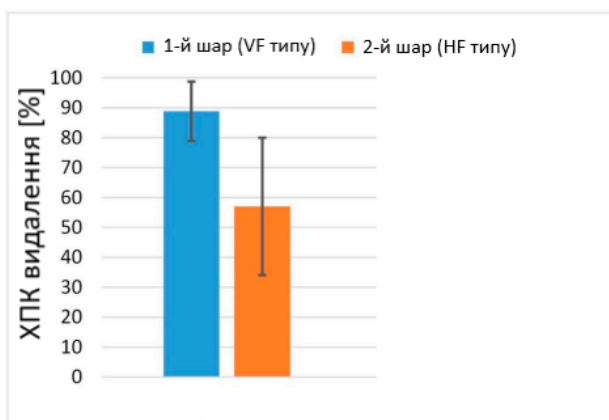
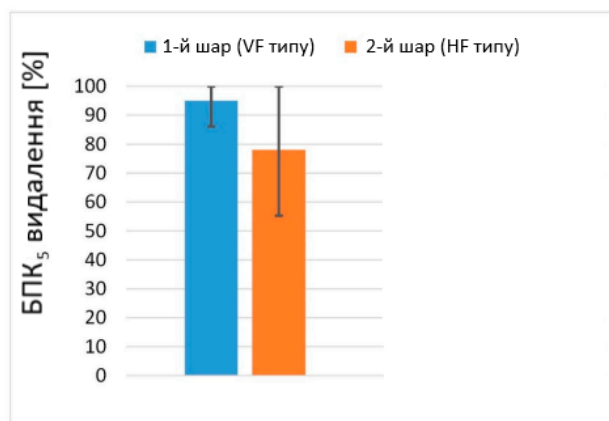
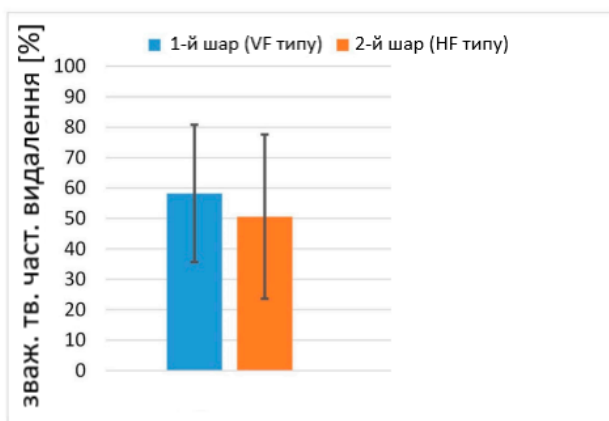


Рисунок 3.7 – Середня ефективність видалення забруднюючих речовин у вертикальному та горизонтальному етапі на досліджуваному біоплато

3.3.1 Завислі речовини

Середні ефекти видалення завислих речовин в двох паралельних грядках типу вертикальні біоплато зі звичайним очеретом і манною травою склали 71% і 84% відповідно [38]. Досить високі результати по загальному видаленню зважених твердих частинок (86,9%) були також отримані в шарі типу

№в. Неплобл.	Плоп. і оата	Взаєм. ІНБ. №	№в. Недубл.	Плоп. і оата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

EK 16510025

вертикальні біоплато з гігантським міскантусом, який був першим елементом гібридної системи типу вертикальні біоплато-горизонтальні біоплато. Зазвичай видалення завислих речовин на вертикальних біоплато коливається в межах 85-90% [27, 28, 29].

Середні ефекти видалення завислих речовин залежно від пори року в шарах типу горизонтальні біоплато були нижчими, ніж у шарах типу вертикальні біоплато, і становили 51% і 49% відповідно (рис. 3.6). Значно менші ефекти видалення завислих речовин (26-32%) були отримані в двох пластах з горизонтальним потоком з вербою у двох аналогічних гібридних об'єктах типу ВП-ГП. Видалення завислих речовин ефективніше влітку в біоплато горизонтального типу.

Дослідження показало, що середній вміст загальної кількості зважених речовин в очищених стічних водах, що скидаються з обстежених об'єктів, становило 26 і 10 мг/л відповідно і було значно нижче граничного значення (50 мг/л), зазначеного в польських правилах [30]. Середні ефекти видалення завислих речовин в різні пори року на біоплато склали 80% і 87%, БПК5 і ХПК. Органічна речовина озкладається як аеробними, так і анаеробними мікробними процесами, а також шляхом осадження і фільтрації твердих органічних частинок. матерія. Інтенсивність аеробної та анаеробної деградації сильно залежить від вмісту кисню у стічних водах, що проходять через біоплато [31]. Брікс і Аріас [32] вказали, що в системах з вертикальним потоком існують дуже хороші аеробні умови для розкладання органічної речовини, а пропускну здатність кисню в системах з горизонтальним потоком недостатня для повного аеробного розкладання забруднюючих речовин і що там переважають анаеробні процеси.

3.3.2 Органічні речовини

Проведені дослідження показали, що шари типу вертикальні біоплато забезпечують дуже хороші умови для розкладання органічних речовин, про що свідчать концентрації розчиненого кисню в стічних водах, що впливають з цих

№. №100л.	Піп. і дата	Взаєм. №. №	№. №доубл.	Піп. і дата
-----------	-------------	-------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						44

шарів, які варіювалися від 4,32 до 4,59 мг/л (рис. 3.6). Отримані результати досліджень показують, що концентрація кисню в стічних водах, що впливають з проаналізованих шарів типу вертикальні біоплато, була вище, ніж повідомлялося раніше в літературі [33, 34], що доводить, що ці шари забезпечували кращі умови для розкладання органічна речовина. Відповідні умови вмісту кисню призвели до того, що шари типу вертикальні біоплато мали ефект видалення БПК5 95% і 87% відповідно, а в разі ХПК - 89% і 91% відповідно (рис. 3.6, 3.7). Масова частка видалення у вертикальних шарах потоку становила 5,77 і 2,66 г/м²/добу (для БПК5) і 15,48 і 8,03 г/м²/добу (табл. 3.2). Минулий досвід різних країн світу показує, що ефективність видалення БПК5 і ХПК в вертикальні біоплато коливається від 87% до 96% і від 82% до 87% відповідно.

В залежності від пори року ефекти видалення БПК5 і ХПК в ліжка типу горизонтальні біоплато були нижчими, ніж у ліжках типу вертикальні біоплато, і склали 78% і 82% для БПК5 і 57% для ХПК (рис. 3.6, 3.7). Масове видалення також був значно нижчим, ніж у ліжках типу вертикальні біоплато, і склав 0,16 і 0,24 г/м²/добу для БПК5 і 0,71 і 0,96 г/м²/добу для ХПК (табл. 3.2).

Середня ефективність видалення БПК5 і ХПК в обох протестованих гібридних системах вертикальні біоплато-горизонтальні біоплато була дуже висока і для БПК5 склала 99% і 98% відповідно, а для ХПК - 96% (рис. 3.7). Аналогічна ефективність видалення БПК5 (97-99%) і ХПК (96-98%) спостерігалася в гібридних системах типу вертикальні біоплато-горизонтальні біоплато в Польщі [41,42]. Дослідження показало, що середні значення БПК5 і ХПК в очищених стічних водах становили 3-4 мг/л і 15-35 мг / л відповідно (рис. 3.7) і були у багато разів нижче граничних значень (40 і 150 мг/л).

3.3.3 Загальний азот і азот амонійний

Процес біологічного видалення азоту на очисних спорудах стічних вод протікає за участю трьох груп бактерій: амоніфікуючих, нітрифікуючи і денітрифікуючих бактерій [71]. Присутність всіх трьох з цих мікробних груп в

№. Непообл.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Піп. і дата
-------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						45

конкретних елементах гібридних біоплато необхідно для ефективного перетворення органічних сполук азоту, присутніх у стічних водах, у форми, доступні для рослин. Кожна з цих бактеріальних груп потребує інше середовище для оптимального росту, і тому біоплато повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити відповідні умови для правильного функціонування окремих процесів видалення азоту. Згідно Бенхему і Моту [33], процеси нітрифікації і денітрифікації є основними механізмами видалення азоту в CWS. Процеси окислення, адсорбції матеріалом, що заповнює шар, і поглинання азоту рослинами відіграють набагато меншу роль в усуненні азоту. В одноступінчатих біоплато неможливо досягти високих ефектів видалення азоту, оскільки вони не можуть забезпечити як аеробні, так і анаеробні умови одночасно. Однак це можливо в гібридних системах з вертикальним і горизонтальним потоком стічних вод, в яких процеси нітрифікації і денітрифікації протікають з різним ступенем інтенсивності. Системи вертикального потоку забезпечують ефективну нітрифікацію і видалення $N-NH_4^+$, але денітрифікація дуже обмежена. Але з іншого боку, системи з горизонтальним потоком мають сприятливі умови для денітрифікації і в меншій мірі здатні окислювати амонійний азот. Тому для досягнення високих ефектів видалення азоту в даний час рекомендуються гібридні біоплато з різними конфігураціями [35].

На досліджуваному об'єкті на ділянці з вертикальним потоком була виявлена не тільки відносно висока ефективність видалення амонійного азоту: 84% і 92% відповідно (рис. 3.6, 3.7), але і значне зниження його концентрації з 78-110 мг/л при припливі до 7-17 мг / л при виході. Одночасно спостерігалось збільшення концентрації нітратів, нітритів і розчиненого кисню у відтоку з пластів вертикальні біоплато (рис. 3.7). Отримані результати доводять, що шари типу вертикальні біоплато забезпечують ефективний процес нітрифікації та ефективне видалення $N-NH_4^+$. Вертикальні біоплато забезпечує ефективне (91%) видалення амонійного азоту і ефективний процес нітрифікації.

№. Період.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неодобл.	Піп. і дата
------------	-------------	---------------	-------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						46

Ділянка типу горизонтальні біоплато забезпечувала подальше видалення амонійного азоту. Масова частка видалення для ділянки ГП було набагато менше, ніж для ділянки ВП і складало 0,07 і 0,11 г/м²/добу відповідно (табл. 3.2). З іншого боку, вплив N-NH⁴⁺ видалення було дуже різноманітним і склало 31% і 93% відповідно (рис. 3.6, 3.7). Крім того, концентрації амонійного азоту в стоці з пластів типу ГП значно розрізнялися (рис. 3.7). Ці відмінності могли бути викликані аеробними умовами про що свідчать концентрації розчиненого кисню в стоці з цих пластів, які становили 4,90 і 7,24 мг/л відповідно.

На об'єкті в основному відбувався процес денітрифікації. видалення. Дослідження показало, що ефекти видалення нітратного азоту в досліджених шарах типу ГП на взимку та влітку склали 52% і 77% відповідно.

Середні ефекти N-NH₄⁺ видалення в досліджуваній гібридній системі ВП-ГП склали 90% і 99% відповідно. Аналогічні ефекти видалення амонійного азоту (88-91%) також були отримані раніше в двох аналогічних гібридних системах типу ВП-ГП з очеретом і вербою в Польщі [36].

Ефективність видалення загального азоту в шарах типу ГП (51-81%) була значно вищою, ніж у шарах типу ВП (28-44%) (рис. 3.6, 3.7). Середня ефективність видалення загального азоту склали 73% і 86% відповідно (рис. 4), а доля масової частки загального азоту в проаналізованих вона склали 0,87-0,88 г/м²/добу (табл. 3.2). Дослідження показує, що ефективність повного видалення азоту зазвичай приблизно на 10-20% вище в гібридних біоплато, ніж в одноступінчатих системах [36, 37].

Загальний фосфор. Фосфор може бути видалений зі стічних вод в гібридних біоплато головним чином шляхом сорбції і поглинання рослинами. Єдиним постійним механізмом видалення фосфору в гібридних біоплато є вирубка і збір рослин з грядок. Однак Брікс [38] вважав, що кількість цього елемента, яке може бути видалено шляхом збору рослин, невелика. Згідно з Вимазалом [31], лише близько 10% фосфору та азоту видалається в штучних біоплато із зібраною біомасою рослин. Показано, що ефективність видалення

Інв. №	№ докум.	Підп.	Дата
Взаєм. Інв. №	№. Неодубл.	Підп. / Дата	

EK 16510025

Арк

47

фосфору в початковій період експлуатації штучного біоплато дуже висока, а потім через деякий час зменшується через втрату сорбційної здатності фільтруючим матеріалом [37, 39].

На досліджуваному об'єкті процес повного видалення фосфору здійснювався на ділянках типу горизонтальні біоплато з найвищою ефективністю, при цьому ефект від їх видалення становить 80% і 88% відповідно. Набагато менший ефект від загального видалення фосфору був отриманий в шарах типу вертикальні біоплато, 53% (рис. 3.6, 3.7), але в цих шарах навантаження фосфор (масова частка видалення) була вище, ніж в шарах типу горизонтальні біоплато, і склала 0,32 і 0,22 г/м²/добу відповідно (табл. 3.2). Ефекти повного видалення фосфору були набагато менше в пластах типу вертикальні біоплато, ніж у пластах типу горизонтальні біоплато, що, ймовірно, було пов'язано з більш коротким гідравлічним час утримування стічних вод в шарах типу вертикальні біоплато.

Середня ефективність видалення загального фосфору в вивченому гібридних біоплато відповідно до сезону склала 90% і 94% відповідно (3.7). Аналогічні ефекти видалення фосфору (94-96%) були отримані в гібридних біоплато в Польщі [36, 40]. У більшості гібридних CWS у світі середня ефективність видалення загального фосфору зазвичай становила від 70% до 89% [41, 42]. Були також деякі випадки де ефективність видалення фосфору була низькою і коливалася в межах 47-65% [43, 44, 45] або навіть менше 40% [46, 37, 38]. Також було показано, що ефекти повного видалення фосфору в гібридних біоплато зазвичай приблизно на 20-40% вище, ніж в одноступінчатих системах [36, 37].

За органолептичними показниками очищена вода після очищення відповідає вимогам щодо запаху та прозорості (рис. 3.8)

Ім'я. Підпол.	Підп. / Дата
Взаєм. Ім'я. №	№в. Неодубл.
Підп. / Дата	
Ім'я. Підпол.	

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

EK 16510025

Арк

48



Рисунок 3.8 – Очищена вода після гібридного біоплато

На основі аналізу отриманих даних, штучні гібридні біоплато типу «вертикальний потік-горизонтальний потік» слід рекомендувати використовувати для очищення стічних вод та охорони якості водних ресурсів.

№в. Нагробл.	Підп. і дата	Взам. ІНБ. №	№в. Нагробл.	Підп. і дата	EK 16510025					Арк
										49
Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки при роботі на очисних спорудах

Працівники споруд, систем водовідведення, повинні пройти медичний огляд, навчання, перевірку знань та інструктажі відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

На всі професії і види робіт власник повинен мати розроблені інструкції з охорони праці, які мають знаходитися у керівника підрозділу, а також один комплект повинен зберігатися у певному доступному для працівників місці [47].

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. До роботи на посаді оператора очисних споруд допускаються робітники віком не молодше 18 років, які пройшли медичну комісію, навчання та інструктаж з техніки безпеки.

1.2. До призначення на самостійну роботу оператор повинен закінчити навчання і пройти перевірку знань в комісії по правилам електробезпеки з присвоєнням йому першої групи.

1.3. Оператор очисних споруд допускається до самостійної роботи наказом по підприємству.

1.4. Періодичну перевірку знань оператор очисних споруд проходить в комісії підприємства один раз в 12 місяців.

1.5. Оператор очисних споруд повинен знати:

- правила експлуатації очисних споруд;
- технічну схему очищення води;
- будову та принцип роботи обладнання;
- призначення і місця установки арматури, обладнання;

№. Неплобл.	Плоп. і дата	Взаєм. ІНБ. №	№. Неубол.	Плоп. і дата
-------------	--------------	---------------	------------	--------------

Випр.	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

ЕК 16510025

Арк

50

- правила надання першої медичної допомоги при нещасних випадках

1.6. Оператор несе відповідальність за [47]:

- надійну і безаварійну роботу очисних споруд, збереження обладнання, інструментів, приладів;
- виконання правил технічної експлуатації, правил техніки безпеки та протипожежної безпеки;
- зміст очисних споруд і свого робочого місця в належному санітарному стані;
- дотримання і виконання правил внутрішнього трудового розпорядку.

1.7. Оператор зобов'язаний:

- вести правильний режим очисних споруд;
- не рідше 1-го разу на годину виробляти обхід і огляд усього обладнання очисних споруд;
- проводити виміри і записувати в журналі результати аналізів і показань.

1.8. Позачергова перевірка знань проводиться:

- при введенні в дію нових інструкцій;
- після аварії і нещасного випадку на обладнанні очисних споруд;
- при встановленні фактів незадовільного знання оператором інструкцій і правил техніки безпеки.

1.9. У період свого чергування оператор очисних споруд має право вимагати від керівництва:

- забезпечення ділянки очисних споруд КВП, інструментом, пристосуваннями, інвентарем, оперативними журналами та іншими засобами, необхідними для нормальної і безпечної роботи;
- вимагати від керівництва ділянки своєчасного усунення дефектів обладнання, що виникають в процесі роботи;
- доводити до відома керівництво підприємства про всі порушення нормальної роботи установки в будь-який час доби;

№. Найбол.	Піп. і сата	Взаєм. ІНБ. №	№. Неубол.	Піп. і сата	Піп. і сата	EK 16510025	Арк
							51
Випр.	Арк	№ докум.	Піп.	Дата			

- забезпеченням спецодягом і захисними засобами відповідно до існуючих норм.

1.10. Оператор очисних споруд зобов'язаний підтримувати чистоту обладнання і робочого місця.

1.11. Для приймання зміни оператор повинен з'явитися завчасно і ознайомитися з записами в змінному журналі, розпорядженнями і всіма перемиканнями в попередній зміні, перевірити чистоту робочого місця, оформити прийом зміни розписом в журналі.

1.12 Працівники повинні виконувати роботу у спеціальному одязі та у спеціальному взутті, маючи при собі справний інструмент, необхідний інвентар, захисні засоби та пристосуваннями, медичну аптечку.

1.13 З працівниками, які виконують роботи, пов'язані з експлуатацією водовідвідних мереж, колодязів, колекторів, метантенків, необхідно проводити щоквартальні тренувальні заняття з імітацією аварій та рятувальних робіт.

- Зовнішній огляд трас мереж водопостачання та водовідведення з відкриванням кришок колодязів виконує бригада у складі не менше двох осіб.

Під час огляду траси водо-каналізаційних мереж категорично забороняється:

- спускатися у колодязь;
- курити біля відкритого колодязя, люка камери;
- кидати у колодязь запалений сірник, факел ;
- нахилитися над отвором відкритого колодязя, люка камери;
- відкривати кришки люків руками чи ломом;

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Одягнути покладену спецодяг і прийняти зміну.

2.2. У разі наявності на момент здачі зміни аварійного стану або відповідального перемикання, прийом-здача зміни проводиться після закінчення цих операцій.

3. Вимоги безпеки під час роботи

Робочим місцем оператора очисних споруд є все приміщення, в якому

№. Непообл.	Піп. і дата	Взаєм. Інв. №	№. Неубол.	Піп. і дата
-------------	-------------	---------------	------------	-------------

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	EK 16510025	Арк
						52

розташоване обладнання та комунікації, необхідні для очищення стічних вод, також прилегла територія [47].

3.1. Оператор очисних споруд під час роботи стежить за:

справністю перекриттів споруд, проходів, огорожень, кришок колодязів;

- справністю і наявністю пристосувань, інструментів, захисних засобів, необхідних при обслуговуванні очисних споруд;

- рівномірним розподілом по окремих секціях стічної води і повітря, в разі порушення рівномірності самостійно (або за допомогою майстра) відрегулювати подачу води і повітря шляхом відкриття або прикриття відповідного регулюючого механізму (засувки, шибера);

- концентрацією активного мулу в аеротенках;

- якістю вступників стоків (при наявності масляних плям, рясної піни терміново інформувати майстра);

- чистотою і мастилом механічних частин аеротенків;

- чистотою лотків, бортів впускних і випускних водозливів по ходу руху стічних вод від решітки до випуску;

- чистотою території (викошувати рослинність, розчищати стежки).

3.2. Оператор очисних споруд виконує:

- систематично 2-3 рази на зміну проводить очистку решіток (покидьки поміщати в контейнер для сміття);

- щодня готувати розчин хлорного вапна, виходячи з добової потреби станції;

- контролювати кількість активного мулу в аеротенках (за обсягом), при необхідності видаляючи надлишковий мул на мулові майданчики;

- проводити профілактичний огляд устаткування (ротор, насоси);

- вести оперативний журнал.

3.3. При обслуговуванні обладнання очисних споруд виконувати наступні вимоги безпеки [47]:

- дренажні канали тримати закритими рифленим залізом;

№в. Період.	Т. Поп. / Сата	Взаєм. Інв. №	№в. Неодобл.	Т. Поп. / Сата
-------------	----------------	---------------	--------------	----------------

Випр.	Арк.	№ докум.	Т. Поп.	Дата
-------	------	----------	---------	------

EK 16510025

Арк

53

- відбір проб води проводиться тільки в металевий посуд або порцелянові гуртки;
- посуд для зберігання кислоти або лугу повинна мати чіткий напис про вміст;
- скляні бутлі з кислотами і лугами повинні поміщатися в кошиках, застелених соломною або сіном;
- персонал, що працює з хлорним вапном, повинен бути проінструктований про їх властивості.
- при розведенні кислоти або лугу слід пам'ятати, що кислота або луг заливається в воду, а не навпаки.

3.4 Зовнішній огляд трас мереж водопостачання та водовідведення з відкриванням кришок колодязів виконує бригада у складі не менше двох осіб. Під час огляду траси водо-каналізаційних мереж категорично забороняється:

- спускатися у колодязь;
- курити біля відкритого колодязя, люка камери;
- кидати у колодязь запалений сірник, факел ;
- нахилитися над отвором відкритого колодязя, люка камери;
- відкривати кришки люків руками чи ломом;

3.5 Роботи у водопровідних та каналізаційних колодязях, колекторах, метантенках відносяться до газонебезпечних робіт і при їх виконанні необхідно дотримуватися таких основних вимог:

- на підприємстві повинна бути розроблена інструкція щодо виконання газонебезпечних робіт, яка визначає їх порядок підготовки та виконання відповідно до виробничих умов;
- роботи виконуються з наряду-допуску і під керівництвом відповідального керівника;
- робота у колодязях, підземних комунікаціях, резервуарах та інших ємкісних спорудах виконується бригадою у складі не менше ніж три особи, одна з яких працює у колодязі, а двоє на поверхні (працюючий і той, хто

№в. №пообл.	Піп. і сата	Взам. ІНв. №	№в. №доубл.	Піп. і сата	EK 16510025					Арк
										54
					Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

спостерігає за роботою в колодязі, і в разі потреби надає допомогу працюючому у колодязі). Робітники повинні бути забезпечені протигазами типу ПШ-1 або ПШ-2 та рятувальним поясом з наплічними, пасками і мотузкою.

3.6 До початку виконання робіт необхідно:

- провести з бригадою цільовий інструктаж;
- здійснити перевірку на загазованість робочого місця за допомогою газоаналізатора,

індикатора чи лампи типу ЛБВК і при необхідності провентилувати споруду.

3.7 При роботах у колодязях, підземних комунікаціях, резервуарах та інших ємкісних спорудах, грабельних приміщеннях насосних станцій, очисних споруд та в інших місцях, де можливе скупчення вибухонебезпечних газів, дозволяється використовувати акумуляторні світильники напругою не вище за 6В. Курити і використовувати відкритий вогонь у цих місцях заборонено [47].

4.2 Розрахунок прожекторного освітлення виробничого майданчику

При розрахунку прожекторного освітлення основним завданням є визначення кількості прожекторів (табл. 5.2) для формування нормативного значення освітленості горизонтальної площини за видом робіт. Розрахунок прожекторної установки полягає в тому, щоб визначити:

- кількість прожекторів, встановлених для отримання заданого освітлення;
- місце встановлення прожекторних щогл і прожекторів;
- висоти прожектора, встановленого на освітлюваній поверхні;
- кут нахилу вертикального та розвороту прожектора у горизонтальну площину [48].

Щогли висотою від 10 до 50 м використовуються для прожекторів і виготовляються з дерева, металу, залізобетону та алюмінієвого сплаву. Відстань

Інв. №лобл.	Плоп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №доубл.	Плоп. і дата	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	ЕК 16510025	Арк
										55

між щоглами, що використовуються для встановлення прожекторів, повинна бути в межах 5-8-кратної висоти щогл. Якщо освітлення забезпечує необхідні умови для руху транспортних засобів і пішоходів, то допускається збільшити відстань між ними, тобто допускати значний нерівномірний розподіл світла [49].

Однорядне лінійне розміщення прожекторних щогл використовується для освітлення вузьких ділянок виробничого майданчика, шириною до 100-150 м, дворядних - для створення покращення умов освітлення та усунення різких тіней на вертикальній горизонтальній площині (рис. 4.1). При монтажі в два-три необхідно вибирати більш ефективне шахове розташування, оскільки підвищується рівномірність розподілу освітлення [47].

Таблиця 4.1 — Освітлення робочих поверхонь для робочих місць за межами будівлі.

Розряд зорової роботи	Відношення мінімального розміру об'єкта розрізнення до відстані від цього об'єкта до очей робочого	Мінімальна освітленість у горизонтальній площині, лк
IX	Менше $0,05 \cdot 10^{-2}$	50
X	Від $0,05 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	30
XI	Від $1 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-2}$	20
XII	Від $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$	10
XIII	Від $5 \cdot 10^{-2}$ до $10 \cdot 10^{-2}$	5
XIV	Більше $10 \cdot 10^{-2}$	2

Підп. / дата	
№в. Неодобл.	
Взаєм. Інв. №	
Підп. / дата	
№в. Неодобл.	

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

EK 16510025

Арк

56

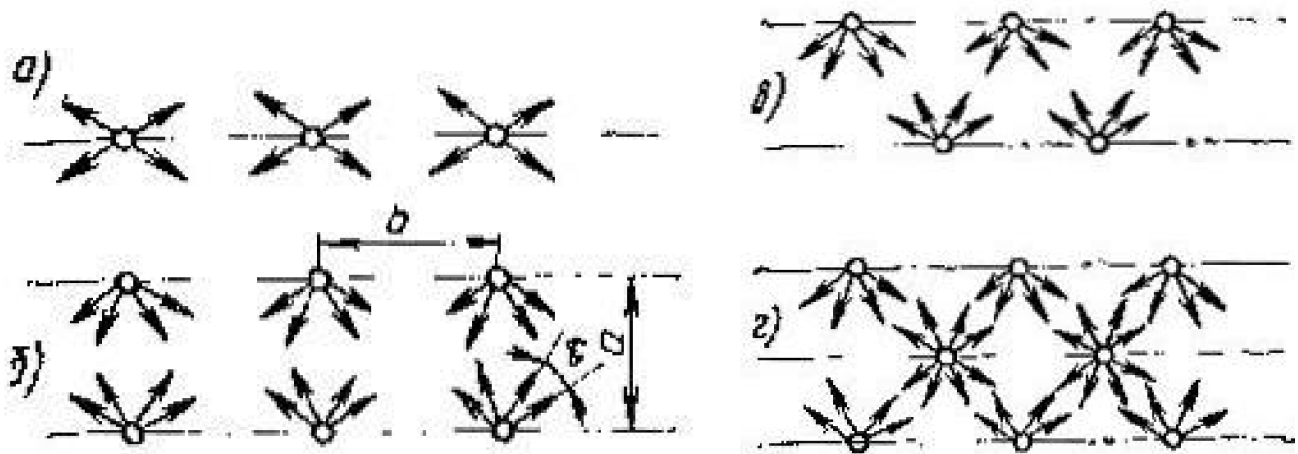


Рисунок 4.1 — Варіанти розміщення прожекторних щогл: а - однорядне; б - дворядне прямокутне; в - дворядне шахове; г – комбіноване [47]

Прожектори розміщують групами на щоглі. Під групою прожекторів розуміється певна їх кількість, встановлених на одній прожекторній опорі, з однаковою висотою від світлоприймаючої поверхні у вертикальній площині та однаковим кутом нахилу. Оптичні осі цієї групи сусідніх прожекторів зміщені одна від одної під кутом (рис. 5). Кут визначає кількість прожекторів у групі ($n = \omega / \tau$, де ω – кут прожекторів у групі) і кількісне значення освітленості, виробленої в освітлюваній зоні. Зі зменшенням кута освітленість ділянки збільшується, а зі збільшенням – зменшується [48].

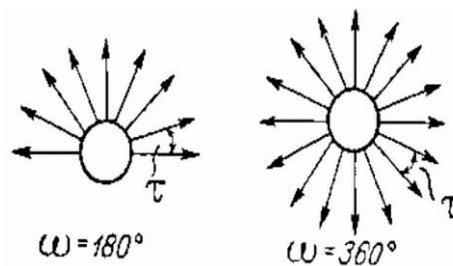


Рисунок 4.2 – Визначення кута освітлення

Аналіз розподілу освітлення різних груп прожекторів показує, що при встановленні прожекторів з кутом до 20° для прожекторів ПЗС-45, 15° – для ПЗС-35 можна точно розрахувати природні прожектори. у вигляді кривої $E=f(l)$,

Інв. № по обл.	Підп. і дата
Взаєм. Інв. №	№ в. № по обл.
Підп. і дата	
Інв. № по обл.	

Випр.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-------	------	----------	-------	------

EK 16510025

де l – відстань від дна щогли на площині (рисунок 5.3) [47]. Графік на осі абсцис, відкладеною не l , а l/H , на осі ординат - не E , а EN^2 . Для кута 10° наведена крива $E = f(l)$ з різними значеннями кута нахилу Θ . Освітленість під будь-яким іншим значенням кута (більше або менше 10) визначається за такою формулою: $E_t = cE_t = 10$, де $c=10/\tau$ [47]. Кут τ , потрібний для забезпечення конкретній точці нормованго освітлення E_n при коефіцієнті запасу K , обчислюють за формулою: $\tau = 10E_n \tau=10 / (KE_n)$ [48].

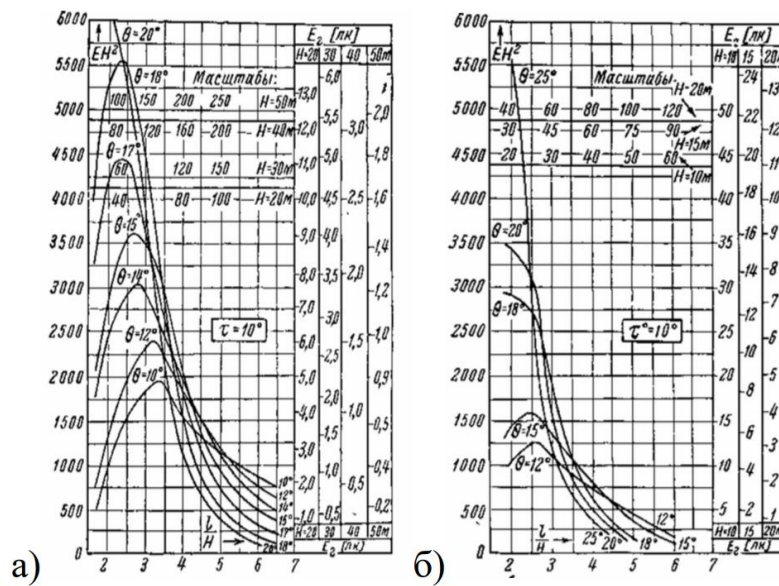


Рисунок 4.3 – Номограма визначення освітленості від групи прожекторів:

а – прожектори типу ПЗС-45 з лампами 1000 Вт,

б – прожектори типу ПЗС-35 з лампами 500 Вт.

Якщо освітленість у певній точці створюється кількома групами прожекторів, розташованих на одній або кількох щоглах, значення E_n представляє освітленість, створену групою прожекторів, яка розраховується.

Приблизна кількість n точкових світильників, які необхідно встановити для забезпечення необхідного освітлення, визначається залежно від коефіцієнту, що враховує світлову віддачу джерел світла (табл. 4.2), ККД прожекторів і коефіцієнта використання світлового потоку. Враховується площа, що

Інв. №	Поп. і дата
№. №докл.	
Взаєм. Інв. №	
Поп. і дата	
№. №докл.	

освітлюється та Рл – потужність ламп, які застосовувано у прожекторі.
Нормована освітленість визначається за даними таблиці.

Таблиця 4.2 – Орієнтовані значення коефіцієнта m

Джерело світла	Тип прожектору або світильника	Ширина площі, що освітлюється, м	Значення m при розрахунковій освітленості, лк		Джерело світла
			0,5-1,5	2,0-5,0	
ЛН	ПЗС, ПСМ	75-150	0,90	0,30	ЛН
		175-300	0,50	0,25	
Галогенні ЛН	ПКН, ИСУ	75-125	0,35	0,20	Галогенні ЛН
		150-350	0,20	0,15	
Лампи типа ДРЛ	ПЗС, ПЗМ	75-250	0,25	0,13	Лампи типа ДРЛ
		275-350	0,30	0,15	
Лампи типа ДРИ	ПЗС, ПСМ	75-150	0,30	0,10	Лампи типа ДРИ
		175-350	0,16	0,06	
	ОУКсН	150-175	0,75	0,50	
Ксенонова лампа	($H = 30\text{м}$)	200-350	0,50	0,40	Ксенонова лампа

Згідно з завданням треба розрахувати кількість прожекторів, необхідну для створення нормованої освітленості. Вибрати схему розташування й установки груп прожекторів. Врахувати при цьому освітленість від усіх щогл.

Вихідні дані:

Обраний тип прожекторів: ПЗС.

Клас зорових робіт: XIII.

Площа: 500000 м².

Прожектори ПЗС-45 з лампами ДРЛ 1000 Вт.

Розрахунок:

Визначення кількості прожекторів, необхідних для освітлення ділянки.

Згідно з таблицею 5.2, нормована освітленість для XIII зорових робіт = 5 лк.

№в. №докл.
Підп. і дата
Взаєм. Інв. №
№в. №докл.
Підп. і дата

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

EK 16510025

Арк

59

Відповідно до таблиці 5.3 значення m дорівнює 0,13. Коефіцієнт запасу ламп ДРЛ $K = 1,7$.

$$n = \frac{0,13 \cdot 1,7 \cdot 5 \cdot 500000}{1000} = 553 \text{ шт.}$$

За даними таблиці 4.2 визначено освітлювальну установку, яку треба використовувати у даному випадку. Було обрано прожекторні щогли висотою 15 м з шістьма прожекторами ПЗС-45 кожна з кутом між оптичними осями $\tau=30^\circ$ з кутом $\Theta=20^\circ$. Розташування щогли в шаховому порядку (рис. 4.4).

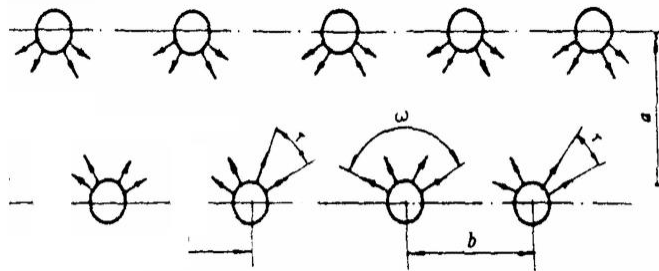


Рисунок 4.4 – Схема прожекторного освітлення при розташуванні щогл у шаховому порядку

Визначення відстані l , на якій три найближчі щогли утворюють нормовану величину освітлення. Для формування нормованого значення 5 лк з трьох щогл (при прямокутному розташуванні нормована величина освітленості визначається між чотирма щоглами), одна щогла повинна забезпечувати освітленість $5/3 = 1,67$ лк.

Відповідно до діаграми (рис. 4.3а) значення відстані l складає 70 м (оскільки кут τ вибраного освітлювального приладу становить 30°). Відстань визначається для $1,67 \cdot 3 = 5$ лк освітлення від щогли. Визначення максимальної відстані b , на якій щогла повинна бути розміщена в прямокутному положенні вздовж краю поля. Відстань визначається для освітленості $1,67 \cdot 3 = 5$ лк від однієї щогли.

$$b = \sqrt{4l^2 - a^2}$$

Підп. і дата	
№. Неодубл.	
Взаєм. Інв. №	
Підп. і дата	
№. Неодубл.	

Випр.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-------	-----	----------	-------	------

EK 16510025

де l – відстань між щоглами, при якому забезпечується освітленість $e=0,25$ КЕн, м; a - відстань між рядами щогл, м.

$$b = \sqrt{4 \cdot 70^2 - 100^2} = 98 \text{ м.}$$

При шаховому порядку відстань b можна збільшити на 10-20%. При розміщенні 9 прожекторних щогл відстань $b = 500/4 = 125$ м, тобто значення освітленості між щоглами повинно бути нормальним.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях на очисних спорудах

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

З ст. 130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис.

Адміністрації малого підприємства, в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження. Тому повинна бути якісно розроблена інструкція щодо дій персоналу малого підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Загальні вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

1. У разі виникнення загоряння в приміщенні очисних споруд вжити заходів до його ліквідації первинними засобами пожежогасіння, викликати пожежну охорону, довести до відома керівництво.

№в. №тлобл.	Плоп. т оата	Взаєм. І№в. №	№в. №доубл.	Плоп. т оата	EK 16510025					Арк
					Випр	Арк	№ докум.	Плоп.	Дата	61

2. При важких механічних травмах потерпілого покласти в безпечне місце, надати йому зручне і спокійне положення і викликати швидку медичну допомогу (довести до відома керівника робіт).

3. При ураженні електричним струмом в першу чергу звільнити потерпілого від дії електричного струму (відключити обладнання від мережі, відокремити потерпілого від струмопровідних частин ізолюючими пристроями (дошки, сухий одяг, гумові рукавички, гумові килимки). Якщо потерпілий втратив свідомість, але дихає, його необхідно укласти в зручну позу, розстебнути комір, дати свіже повітря. Якщо дихання відсутнє, пульс не простежується, потерпілому потрібно негайно почати робити штучне дихання, бажано за методом "рот в рот" до прибуття лікаря [49].

№. Першобл.	Піп. і сата	Взам. ІНБ. №	№в. №обул.	Піп. і сата						Арк
					ЕК 16510025					

ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження свідчать про високу ефективність видалення забруднюючих речовин штучних біоплато гібридного типу. Ефективність видалення органічних речовин, виражена БПК₅, ХПК і завислих речовин було набагато вищим, ніж в одноступінчастих біоплато під час тривалої експлуатації [39, 38, 15]. Проаналізовані гібридні біоплато забезпечують значно вищий рівень очищення побутових стічних вод порівняно з іншими технологічними рішеннями, що використовуються для очисних споруд [39]. Це дуже важливо враховуючи необхідність забезпечення екологічної безпеки держави.

Середня ефективність біохімічної потреби в кисні (БПК₅) склала 99%. Видалення потреби в кисні (ХПК) становило 96–99%. Дещо нижчі ефекти були отримані у випадку видалення загального фосфору (ЗФ) (90–94%), а також для загального вилучення зважених речовин (ЗЧ) (80–87%) та видалення загального азоту (ТН ЗА) (73–86%).

Отримані результати свідчать про те, що штучні біоплато гібридного типу вертикальний потік – горизонтальний потік можуть бути рекомендовані для використання на станціях очищення стічних вод і навіть в умовах заповідних територій для очищення стічних вод і для водопостачання оскільки забезпечують якісний захист гідросфери.

№. Вертол.	Піп. і дата	Взам. Інв. №	№. Неодобл.	Піп. і дата	EK 16510025					Арк
										Випр

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Отчет: Обследование очистных сооружений канализации КП «Горводоканал» СГС г. Сумы / Чугуев – 2016 г.
2. <https://vodokanal.sumy.ua/sumski-ochysni-sporudy-zabezpechuyut-czilodobove-ochyshhennya-stichnyh-vod-prote-potrebuyut-rekonstrukzii>.
3. Воронов Ю.В. Водовідведення та очистка стічних вод. Підручник для вузів, - АСВ, 2004 р.
4. Жмур Н.С. Технологічні та біохімічні процеси очищення стічних вод на спорудах з аеротенками. М., «Акварос» 2003. – 438 с.
5. Васильев Б.В., Мишуков Б.Г. и др. Технологии биологического удаления азота и фосфора на станциях аэрации // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001, № 5. – С. 22–25.
6. Ветошкин А. Г.. Інженерний захист гідросфери від скидів стічних вод, Інженерна екологія. – К., 2016.
7. СанПіН 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення».
8. Хенце М., Армюес П., Ля-Кур-Янсей Й. та ін. Очищення стічних вод: Біологічні та хімічні процеси. Пер. з англ. Навчальний посібник. – СВІТ, 2004. – 450 с.
9. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.
10. Філіппов, В.Н. Устаткування і технологія очищення стічних вод, приклади розрахунку на ЕОМ / В.Н. Филлипов і ін. - Уфа: Изд-во УГНТУ.
11. Baptista J.D.C., Donnelly T., Rayne D., Davenport R.J. (2003) Microbial mechanisms of carbon removal in subsurface flow wetlands. Water Science and Technology 48(5):127-134.
12. Wießner A., Kappelmeyer U., Kusch P., Kästner M. (2005) Influence of redox condition on dynamics on the removal efficiency of a laboratory-scale

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	№ в. № докл.	Підп. і дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

EK 16510025

Арк

64

Випр. Арк. № док. Підп. Дата

constructed wetland. *Water Research* 39(1):248-256.

13. García J., Aguirre P., Mujeriego R., Huang Y., Ortiz L., Bayona J.M. (2004) Initial contaminant removal performance factors in horizontal flow reed beds used for treating urban wastewater. *Water Research* 38:1669-1678.
14. Stein O.R., Borden-Stewart D.J., Hook P.B. and Jones W.L. (2007a) Seasonal Influence on Sulfate Reduction and Metal Sequestration in Sub-surface Wetlands. *Water Research*. 41(15):3440-3448.
15. Vymazal J. (2007) Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment* 380(1-3):48-65.
16. Dotro G., Fort R., Barak J., Mones M., Vale P., Jefferson B. (2015) Long-term performance of constructed wetlands with chemical dosing for phosphorus removal. In: *The Role of Natural and Constructed Wetlands in Nutrient Cycling and Retention on the Landscape*. (ed) V.J., (ed. Springer Science + Business Media B.V.: Dordrecht, Netherlands. pp. 273-292.
17. Kadlec R.H., Wallace S.D. (2009) *Treatment Wetlands, Second Edition*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
18. Vymazal J., Kröpfelová L. (2008) *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*: Springer.
19. Wallace S.D., Knight R.L. (2006) Small-scale constructed wetland treatment systems: Feasibility, design criteria, and O&M requirements. *Water Environment Research Foundation (WERF): Alexandria, Virginia*.
20. Rani H.C.R., Din M.F.M., Yusof B.M., Chelliapan S. (2011) Overview of subsurface constructed wetlands in tropical climates. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 1(2):103-114.
21. Knowles P., Dotro G., Nivala J., García J. (2011) Clogging in subsurface-flow treatment wetlands: Occurrence and contributing factors. *Ecological Engineering* 37(2):99- 112.
22. Micek, A.; Jóźwiakowski, K.; Marzec, M.; Listosz, A.; Malik, A. Efficiency of pollution removal in preliminary settling tanks of household wastewater

Июл. / 2016	
№. Недель.	
Всех. ИБ. №	
Июл. / 2016	
№. Недель.	

					EK 16510025		Арк
Вид	Арк	№ докум.	Июл.	Дата			65

treatment plants in the Roztocze National Park. *J. Ecol. Eng.* 2020, 21, 9–18.

23. Vymazal, J.; Brix, H.; Cooper, P.F.; Haberl, R.; Perfler, R.; Laber, J. Removal mechanisms and types of constructed wetlands. In *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*; Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B., Eds.; Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands, 1998; pp. 17–66.
24. Vymazal, J. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water* 2010, 2, 530–549.
25. Haberl, R.; Perfler, R.; Mayer, H. Constructed wetlands in Europe. *Water Sci. Technol.* 1995, 32, 305–315.
26. Chen, Z.M.; Chen, B.; Zhou, J.B.; Li, Z.; Zhou, Y.; Xi, X.R.; Lin, C.; Chen, G.Q. A vertical sub-sur-face—Flow constructed wetland in Beijing. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 2008, 13, 1986–1997.
27. Regulation of the Minister of Maritime Economy and Inland Navigation of 12 July 2019 on Substances Which Are Particularly Harmful to the Aquatic Environment and the Conditions to Be Met When Discharging Wastewater into Water or Soil and When Discharging Rainwater or Snowmelt into Water or Water Installations. 2019; pos. 1311.
28. Vymazal, J. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecol. Eng.* 2005, 25, 478–490.
29. Brix, H.; Arias, C.A. The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecol. Eng.* 2005, 25, 491–500.
30. Gajewska, M.; Obarska-Pempkowiak, H. The influence of configuration and supply of constructed wetland systems on the efficiency of pollution removal. *Zeszyty Naukowe Wydz. Budownictwa i In'zynierii Srodowiska ´ Politechniki Koszali ´nskiej.* 2005, 22, 503–514. (In Polish)
31. Gikas, G.D.; Akrotos, C.S.; Tsihrintzis, V.A. Performance monitoring of a vertical flow constructed wetland treating municipal wastewater. *Glob. NEST J.* 2007, 9, 277–285.

Тип. / дата	
№. Неодобл.	
Взаем. ИБ. №	
Тип. / дата	
№. Неподр.	

						EK 16510025	Арк
Вид	Арк	№ докум.	Тип.	Дата			66

32. Vymazal, J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Sci. Total Environ.* 2007, 380, 48–65.
33. Jóźwiakowski, K. Studies on the efficiency of sewage treatment in chosen constructed wetland systems. *Infrastruct. Ecol. Rural Areas* 2012, 1, 232. (In Polish)
34. Jóźwiakowski, K.; Bugajski, P.; Kurek, K.; Nunes de Carvalho, M.F.; Araújo Almeida, M.A.; Siwec, T.; Borowski, G.; Czeakała, W.; Dach, J.; Gajewska, M. The efficiency and technological reliability of biogenic compounds removal during long-term operation of a one-stage subsurface horizontal flow constructed wetland. *Sep. Purif. Technol.* 2018, 202, 216–226.
35. Brix, H. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Sci. Technol.* 1997, 35, 11–17.
36. Ciupa, R. The experience in the operation of constructed wetlands in North-Eastern Poland. In *Proceedings of Fifth International Conference Wetland Systems for Water Pollution Control; IWA and Universität für Bodenkultur:: Vienna, Austria, 1996; Chapter IX/6.*
37. Marzec, M.; Jóźwiakowski, K.; Dłubicka, A.; Gizińska-Górna, M.; Pytko-Woszczyło, A.; Kowalczyk-Juśko, A.; Listosz, A. The efficiency and reliability of pollutant removal in a hybrid constructed wetland with common reed, manna grass and virginia mallow. *Water* 2018, 10, 1445.
38. Kowalik, P.; Obarska-Pempkowiak, H. Polish experience, with sewage purification in constructed wetlands. In *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe; Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B., Haberl, R., Eds.; Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands, 1998; pp. 217–225.*
39. Öövel, M.; Tooming, A.; Muring, T.; Mander, Ü. Schoolhouse wastewater purification in a LWA-filled hybrid constructed wetland in Estonia. *Ecol. Eng.* 2007, 29, 17–26.
40. Gajewska, M.; Obarska-Pempkowiak, H. 20 Years of experience of hybrid constructed wetlands exploitation in Poland. *Rocz. Ochr. Sr.* 2009, 11, 875–888.

Исх. № док.	Исх. № докум.	Взам. №	Исх. № докум.	Исх. № докум.
Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.
Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.
Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.
Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.
Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.	Исх. № докум.

EK 16510025

Арк

67

(In Polish)

41. Ye, F.; Li, Y. Enhancement of nitrogen removal in towery hybrid constructed wetland to treat domestic wastewater for small rural communities. *Ecol. Eng.* 2009, 35, 1043–1050.
42. Vymazal, J.; Kröpfelová, L. A three-stage experimental constructed wetland for treatment of domestic sewage: First 2 years of operations. *Ecol. Eng.* 2011, 37, 90–98.
43. Melián, J.A.H.; Rodríguez, A.J.M.; Araña, J.; Díaz, O.G.; Henríquez, J.J.G. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands. *Ecol. Eng.* 2010, 36, 891–899.
44. Singh, S.; Haberl, R.; Moog, O.; Shrestha, R.R. Performance of an anaerobic baffled reactor and hybrid constructed wetland treating high strength wastewater in Nepal—A model for DEWATS. *Ecol. Eng.* 2009, 35, 654–660.
45. Jóźwiakowski, K.; Bugajski, P.; Mucha, Z.; Wójcik, W.; Jucherski, A.; Nastawny, M.; Siwiec, T.; Mazur, A.; Obroślak, R.; Gajewska, M. Reliability of pollutions removal processes during long-term operation of one-stage constructed wetland with horizontal flow. *Sep. Purif. Technol.* 2017, 187, 60–66.
46. Mucha, Z.; Wójcik, W.; Jóźwiakowski, K.; Gajewska, M. Long-term operation of Kickuth-type constructed wetland applied to municipal wastewater treatment in temperate climate. *Environ. Technol.* 2018, 39, 1133–1143.
47. Гіроль М. М. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві : навч. посіб. / М. М. Гіроль, М. В. Бернацький, В. Є. Хомко ; за ред. М. М. Гіроля. - Рівне : НУВГП, 2010. - 351 с. : іл.
48. ДНАОП 1.8.10-5.05-81. Типова інструкція з техніки безпеки та виробничої санітарії для оператора відстійника та очисних споруд.
49. Про затвердження Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Постанова Кабінету Міністрів від 23.11. 2006 р № м1640.

№в. №лобл.	Поп. і дата	Взаєм. Інв. №	№в. №доубл.	Поп. і дата	EK 16510025					Арк
										68
					Випр	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	