

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 101 «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та
охорона навколишнього середовища»
на тему:

ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА
ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Здобувача групи ОС-01-1 Демченка Богдана Володимировича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Богдан ДЕМЧЕНКО
(підпис)

Керівник – доцент кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат біологічних наук,
доцент

_____ Тетяна КУЗЬМІНА
(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ___ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові Демченку Богдану Володимировичу Група ОС-01-1

1. Тема кваліфікаційної роботи: Використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод.

2. Вихідні дані: типи біоплато, звіт «Обґрунтування використання технологій фіторе mediaції для очищення стічних вод населених пунктів, розташованих на евтрофних водних об'єктах», Екологічний паспорт Сумської області.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

- Схема горизонтального інфільтраційного біоплато;
- Схема вертикального інфільтраційного біоплато;
- Схема поверхневого біоплато;
- Схема біоплато для очищення стоків з дорожнього покриття.

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – «03» березня 2024 року

Керівник - доцент кафедри екології та природозахисних технологій,
кандидат біологічних наук, доцент, Кузьміна Т.М.

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 34 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 56 сторінок, у тому числі 9 рисунків, перелік джерел посилання 5 сторінок.

Мета роботи – дослідження ефективності використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод з різних джерел, таких як міські дощові стоки, стічні води з автомобільних доріг. У роботі розглядаються основні принципи функціонування біоплато, їхні конструкційні особливості, переваги та недоліки.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- здійснити аналіз використання біоплато для очищення та доочищення господарсько-побутових стічних вод;
- здійснити аналіз використання біоплато для очищення та доочищення поверхневих стічних вод;
- обґрунтувати доцільність використання біоплато для сільського населеного пункту;
- охарактеризувати охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологія біоплато.

Предмет дослідження – процеси очищення та доочищення стічних вод за допомогою біоплато.

У кваліфікаційній роботі виконано дослідження використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод, їх конструкції, переваги і недоліки використання для очищення стічних вод невеликого населеного пункту.

Ключові слова: БІОПЛАТО, ШТУЧНІ ВОДНО-БОЛОТНІ УГІДДЯ, ВИЩІ ВОДНІ РОСЛИНИ, СТІЧНІ ВОДИ, ОЧИЩЕННЯ, ДООЧИЩЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	С. 5
РОЗДІЛ 1 БІОПЛАТО ЯК ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	8
1.1 Основні компоненти біоплато	8
1.2 Види біоплато	14
РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	23
2.1 Використання біоплато для очищення та доочищення господарсько-побутових стічних вод	23
2.2 Використання біоплато для очищення поверхневих стічних вод	28
РОЗДІЛ 3 ПРОБЛЕМА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОПЛАТО ДЛЯ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	35
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

Підп. і дата		Підп. і дата		Взаєм.інв.№		Інв.№дубл.		Підп. і дата	
ОС-01-1 21510005									
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.	Демченко				Використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.	Кузьміна						4	56	
Н.Контр	Батальцев					СумДУ, ф-т ТеСЕТ			
Затв.	Пляцук					гр. ОС-01-1			

ВСТУП

Актуальність теми. Зростання чисельності населення та інтенсивна урбанізація значно збільшують обсяги стічних вод, що утворюються у населених пунктах, промислових зонах та на транспортних магістралях. Стічні води містять широкий спектр забруднювачів, включаючи важкі метали, нафтопродукти, органічні сполуки та біогенні елементи, які є небезпечними для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Для очищення стічних вод застосовуються різні традиційні методи, однак більшість технологій не є економічно ефективними або занадто складними. Створені водно-болотні угіддя, зокрема біоплато, інтегровані в концепцію найкращих практик управління, є сталим засобом очищення стічних вод і виявляються більш економічними (наприклад, будівництво та обслуговування) та енергоефективними, ніж традиційні централізовані системи очищення. Крім того, водно-болотні угіддя сприяють підвищенню біорізноманіття і є менш чутливими до коливань рівня навантаження.

Водно-болотні екосистеми можуть діяти як джерела, поглиначі або трансформатори поживних речовин і вуглецю. Ця здатність водно-болотних угідь призвела до широкого використання природних і штучних водно-болотних угідь (ВБУ) для поліпшення якості води.

Системи штучних водно-болотних угідь – це повністю створені людиною водно-болотні угіддя для очищення стічних вод, в яких застосовуються різні технологічні схеми, що використовують природні процеси водно-болотних угідь, пов'язані з гідрологією водно-болотних угідь, ґрунтами, мікроорганізмами і рослинами.

Створені водно-болотні угіддя є інструментом відновлення якості води, який може знизити рівень осаду, поживних речовин і мікробів, таких як кишкова паличка. Це може значно покращити якість води на виході з водно-болотного угіддя та екологію водних об'єктів, розташованих нижче за течією.

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			5

Отже, проблема забруднення водних ресурсів є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності. Забруднені стічні води можуть мати серйозний негативний вплив на якість питної води, екосистеми водойм та здоров'я людей. У цьому контексті пошук ефективних, економічних та екологічно безпечних методів очищення стічних вод є надзвичайно важливим. Використання біоплато як альтернативи традиційним методам очищення води може сприяти зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє середовище та забезпечити сталий розвиток урбанізованих територій.

Мета дослідження – дослідження ефективності використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод з різних джерел, таких як господарсько-побутові і дощові стоки з територій населених пунктів, стічні води з автомобільних доріг. У роботі розглядаються основні принципи функціонування біоплато, їхні конструкційні особливості, переваги та недоліки.

Відповідно до мети, сформовано такі завдання дослідження:

- Провести теоретичний аналіз використання біоплато для очищення та доочищення господарсько-побутових стічних вод.
- Здійснити аналіз використання біоплато для очищення та доочищення поверхневих стічних вод, у тому числі стоків з автомобільних доріг.
- Обґрунтувати доцільність використання біоінженерних споруд типу біоплато для невеликих населених пунктів у Сумській області.
- Охарактеризувати охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження: технологія біоплато.

Предмет дослідження - процеси очищення та доочищення стічних вод за допомогою біоплато.

Методи дослідження.

У роботі було використано методи накопичення даних по суті проблеми, що досліджується, їх систематизації, аналізу, зокрема елементи SWOT-аналізу, а також узагальнення у формі висновків. Це дозволило оцінити ефективність

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

біоплато для очищення та доочищення стічних вод, забезпечити обґрунтованість отриманих результатів і практичних рекомендацій для впровадження біоплато у реальних умовах.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
						7
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1 БІОПЛАТО ЯК ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

1.1 Основні компоненти біоплато

Штучні водно-болотні угіддя є ефективним інструментом для вирішення низки екологічних проблем, зокрема очищення стічних вод, збереження водних ресурсів та відновлення біорізноманіття. Вони поєднують природні процеси з технічними рішеннями, забезпечуючи сталий розвиток і збереження навколишнього середовища. Використання штучних водно-болотних угідь сприяє підвищенню екологічної безпеки та покращенню якості життя населення.

Штучні водно-болотні угіддя (далі ВБУ) – це очисні системи, які використовують природні процеси, пов'язані з водно-болотною рослинністю, ґрунтами та пов'язаними з ними мікробними угрупованнями, для покращення якості води [1; 2].

Ідея використання ВБУ для очищення стічних вод не нова. Тисячі років тому природні ВБУ використовували стародавні китайці та єгиптяни для очищення рідких стоків. Однак, першу штучну споруду, що повторює природні механізми, які діють у ВБУ, було створено 1904 року в Австралії. Навіть після цього використання ВБУ впроваджується дуже повільно. Про перше очищення вод з використанням рослин у Європі згадується в 1950-х, а американські дослідження в цій сфері почалися тільки в 1970-х. Проте, зараз біоплато визнаються, як економічно доцільний спосіб очищення рідких стоків [3].

Штучні ВБУ використовуються у понад 50 країнах для сталого очищення стічних вод. Такі ВБУ використовують природні біогеохімічні та фізичні процеси для видалення органічних речовин і поживних речовин, забезпечуючи при цьому супутні вигоди, такі як екосистемні послуги та рекреація. Однак їхня ефективність може бути мінливою, оскільки місцеві погодні умови, склад стічних вод та експлуатація можуть впливати на видалення забруднюючих речовин [4].

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

									ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						8

Здатність вищих водних рослин (ВВР) видаляти з води забруднювальні речовини та зменшувати її забрудненість нафтопродуктами та іншими сполуками дає можливість використовувати їх у практиці очищення виробничих, господарсько-побутових стічних вод та поверхневого стоку [5].

Рослини у водних об'єктах виконують такі основні функції:

1. Очищення стічних вод:
 - видалення органічних забруднювачів, азоту, фосфору, важких металів та патогенних організмів;
 - здійснення природних процесів фільтрації, седиментації, адсорбції та біологічного розкладу.
2. Збереження та регулювання водних ресурсів:
 - накопичення води для зменшення ризику повеней;
 - підтримання рівня ґрунтових вод.
3. Відновлення та підтримка біорізноманіття:
 - створення середовища існування для водоплавних птахів, риб, амфібій та інших видів;
 - підтримка природних екосистем і забезпечення їхнього функціонування.
4. Естетична та рекреаційна цінність (покращення ландшафтного дизайну та створення місць для відпочинку і рекреації).
5. Вуглецеве поглинання та зменшення парникових газів – зниження викидів парникових газів через поглинання вуглецю рослинами та ґрунтом [5].

Ефект очищення стічних та поверхневих вод у системах з використанням фітотехнологій (БІС, біоплато, фільтруючі траншеї з посадками рослин та інші модифікації) досягає такого рівня видалення забруднюючих компонентів:

- іони амонію, нітрит- та нітрат-іони – 60-90%;
- фосфати – 20-60%;
- іони важких металів – 20-80%;
- завислі речовини – 96-98%;

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

- сульфат-іони – 25-30%;
- іони натрію, кальцію, магнію – 10-15%;
- нафтопродукти – 20-90%;
- сполуки за ХСК, БСК – 65-90%;
- бактерії E. coli (знезараження) – 96-98% [6].

Вищі водні рослини – очерет, рогіз, рдесник, сусак та інші, відіграють важливу роль у формуванні якості води. Відомо їх застосування для доочищення стічних вод підприємств легкої, металургійної, вугільної промисловості, тваринницьких комплексів, побутових стічних вод [7].

Одним із ефективних та екологічно чистих методів очищення стічних вод із застосуванням вищої водної рослинності є метод біоплато. Біоплато – це біоінженерна споруда, яка у світовій практиці має назву «constructed wetlands», являє собою мілководну територію довільної конфігурації з заростями вищої водної рослинності, створену в існуючих пониженнях рельєфу або на спеціально обладнаних майданчиках [8, с. 110].

Біоплато – це технологія очищення стічних вод, яка використовує природні біологічні процеси в штучно створених водно-болотних угіддях для видалення біогенних елементів, таких як азот і фосфор. Цей метод заснований на принципі природного очищення води за допомогою взаємодії рослин, мікроорганізмів і ґрунту.

У загальному випадку біоплато – це споруда, що використовує природні умови для седиментації дисперсної фази забруднювальних речовин, а також властивості вищої водної рослинності та бактерій, здатних розкладати, поглинати й перетворювати органічні та неорганічні забруднювачі, забезпечуючи тим самим доочищення води.

Основні компоненти біоплато:

1. Рослинність:

- Вищі водні рослини (очерет, рогіз, куга) забезпечують високу ефективність у поглинанні поживних речовин.

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			10

- Водорості та інші нижчі рослини також можуть бути використані для підвищення біологічного різноманіття та ефективності системи.

2. Мікроорганізми:

- Аеробні та анаеробні бактерії, що розкладають органічні забруднювачі та сприяють денітрифікації азоту.

- Симбіотичні мікроорганізми, що живуть у кореневій зоні рослин і допомагають у засвоєнні поживних речовин.

3. Фільтруючі середовища:

- Шар гравію, піску або інших пористих матеріалів для фізичної фільтрації твердих часток.

- Ґрунтова система, що забезпечує додаткове поглинання та розкладання забруднювачів.

Принципи роботи біоплато:

1. Вхід стічних вод. Стічні води потрапляють у біоплато, де вони піддаються попередній механічній фільтрації для видалення великих твердих часток.

2. Фізико-хімічні та біологічні процеси очищення:

Фізична фільтрація: Тверді частки осідають у шарі гравію або піску.

Біологічна дезінфекція: Мікроорганізми розкладають органічні забруднювачі, зменшуючи біохімічну потребу в кисні (БПК).

Поглинання біогенних елементів: Рослини поглинають азот і фосфор з води для свого росту.

Денітрифікація: Анаеробні бактерії перетворюють нітрати на газоподібний азот, який виходить в атмосферу.

3. Вихід очищеної води. Очищена вода виходить з біоплато зі зниженою концентрацією речовин, таких як біогенні елементи та інші забруднювачі, до допустимих норм.

Біоплато має кілька переваг у порівнянні з іншими традиційними спорудами очищення стічних вод: дозволяє досягти високого рівня очищення стічних вод від

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			11

різних забруднюючих речовин, включаючи органічні речовини, аміак та ін.; може бути спроектований для роботи в умовах обмеженого простору, адже, зазвичай, займає менше місця порівняно з іншими традиційними методами очищення стічних вод, що робить його ідеальним для місць з обмеженими земельними ресурсами; використовує біологічні процеси, що відбуваються у природі, для очищення води, що, в свою чергу, дозволяє зменшити використання хімічних речовин для очищення води; зазвичай біоплато має меншу кількість обслуговування порівняно з іншими традиційними спорудами очищення, що може знизити витрати на утримання; може бути спроектований як модульна система, що дозволяє легко збільшувати або зменшувати його масштаби залежно від потреб. В цілому, біоплато є привабливим варіантом для очищення стічних вод завдяки своїм перевагам у ефективності, компактності, екологічності та ефективному використанні біологічних процесів.

Процес фільтрування відбувається при проходженні води через фільтруючий шар у фільтраційних блоках. Біомаса та детрит вищих водних рослин також сприяють затриманню і осадженню зважених речовин.

Враховуючи різноманітність і складність фізико-хімічних процесів, які визначають сорбцію забруднюючих речовин при фільтрації, доцільно регламентувати швидкість сорбційних явищ швидкістю фільтрації (або часом знаходження води в блоках) [9, с. 194].

Патогенні сполуки видаляються на біоплато при проходженні води через систему за рахунок комплексу фізичних, хімічних і біологічних факторів. Фізичні фактори включають опромінення природним ультрафіолетом, механічну фільтрацію і седиментацію; хімічні фактори – дію кисню, вплив фітонцидів, що виробляються деякими рослинами. Механізми біологічного видалення шкідливих органічних сполук включають бактеріальний антагонізм, поїдання найпростішими, а також природне відмирання [8, с. 111].

У якості вищої водної рослинності – макрофітів використовують сусак, рогіз широколистий і вузьколистий, стрілолист, елодею канадську, айр болотний,

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

ОС-01-1 21510005

Арк

комиш озерний, латаття сніжно-біле (лілію водяну), вольфію безкореневу, різні види рдесника та інші рослини, які можуть плавати на поверхні та у товщі води, або можуть бути занурені у ґрунт водойми [9, с. 194].

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що вилучення забруднюючих речовин з вод системою “біоплато” відбувається шляхом прямого поглинання коренями ВВР розчинених у воді мінеральних речовин, в тому числі біогенних елементів. При цьому у водойми та підземні води потрапляють стабільно відновлені зворотні води, що запобігає забрудненню навколишнього середовища аварійними викидами та суттєво знижує ризики виникнення надзвичайних ситуацій від викиду недостатньо очищених традиційними способами зворотних вод, так як на ефективність роботи біоплато не впливають порушення подачі електроенергії, як це може відбуватися при роботі очисних споруд, у яких задіяні, наприклад, аеротенки. Крім того, системам “біоплато” властива значна буферність та витримування значних коливань концентрацій домішок на вході без суттєвого погіршення якості зворотних вод на виході [10, с. 112].

Зелена маса ВВР з біоплато легко збирається і може бути використана в якості зеленого корму або при компостуванні разом з осадам стічних вод для отримання компосту з властивостями високоякісних добрив.

Крім водоочищення, біоплато, подібно до інших екосистем, виконують і низку екологічних функцій – гідрологічних, біологічних, біогеохімічних. Будучи високопродуктивними системами, біоплато сприяють підтримці ландшафтного та екосистемного різноманіття, збереженню видового різноманіття, створенню місцезростань і притулків для різних видів організмів, забезпечення їх їжею і місцями для розмноження [15].

У країнах Західної Європи, США та Канади споруди біоплато використовуються також у рекреаційних та освітніх цілях. Великомасштабні біоплато, які за своєю суттю є міні-заповідниками, вельми популярні для

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			13

пішохідного туризму і відіграють велику роль у формуванні екологічного світогляду людей [11].

Споруди на кшталт біоплато повинні відповідати вимогам двох директив Європейського Союзу: Основної (рамкової) Директиви 2000/60/ЄС «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики» та Директиви 91/271/ЄС «Про очищення міських стічних вод».

Отже, технологія біоплато є ефективним та екологічно чистим методом очищення стічних вод від біогенних елементів. Використання природних процесів у поєднанні з інженерними рішеннями дозволяє забезпечити високий рівень очищення, знижуючи навантаження на довкілля та створюючи сприятливі умови для розвитку місцевої флори та фауни. Незважаючи на деякі обмеження, біоплато є перспективним рішенням для багатьох регіонів, сприяючи сталому розвитку та збереженню природних ресурсів.

1.2 Види біоплато

Біоплато, як технологія очищення стічних вод, можуть бути класифіковані за різними критеріями, такими як конструкція, тип потоку води та тип рослинності. Нижче наведено характеристики основних видів біоплато.

За конструкцією:

1. Наземні системи з поверхневим потоком (Free Water Surface (FWS) Systems):
 - Вода протікає по поверхні середовища, заповненого вищою водною рослинністю.
 - Створюються умови, подібні до природних болотистих угідь.
 - Відкриті водні поверхні сприяють розвитку аеробних процесів.
2. Підповерхневі системи з горизонтальним потоком (Horizontal Subsurface Flow (HSSF) Systems):

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

- Вода протікає горизонтально через шар гравію або іншого пористого матеріалу під поверхнею ґрунту.

- Знижує ризик контакту з відкритою водою та мінімізує випаровування.

- Ефективні для видалення органічних забруднювачів і азоту.

3. Підповерхневі системи з вертикальним потоком (Vertical Flow (VF) Systems):

- Вода проникає вертикально через фільтруюче середовище, забезпечуючи ефективне видалення забруднюючих речовин.

- Високий рівень аерації сприяє біохімічним процесам очищення.

- Ефективні для видалення азоту та органічних речовин.

За типом потоку води.

4. Системи з постійним потоком:

- Забезпечують постійний потік води через систему біоплато.

- Ефективні для стабільного очищення стічних вод.

- Використовуються в місцях з постійним джерелом стічних вод.

5. Системи з переривчастим потоком:

- Вода подається в біоплато переривчастими дозами.

- Забезпечують періоди аерації та висихання, що підвищує ефективність очищення.

- Підходять для сезонних або змінних об'ємів стічних вод.

За типом рослинності.

6. Системи з вищою водною рослинністю:

- Використовуються високі рослини, такі як очерет, рогіз, куга.

- Рослини забезпечують структуру для мікроорганізмів і поглинають поживні речовини.

7. Системи з нижчою водною рослинністю:

- Використовуються занурені вищі водні рослини, та нижчі рослини (водорості).

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

					ОС-01-1 21510005			Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				15

- Сприяють поглинанню забруднюючих речовин і кисневому насиченню води.

8. Змішані системи:

- Поєднують вищу і нижчу рослинність для підвищення ефективності очищення.

- Створюють більш складні та стійкі екосистеми.

За призначенням.

9. Системи для очищення побутових стічних вод:

- Призначені для обробки стічних вод від житлових будинків та малих громад.

- Використовуються для видалення органічних речовин, азоту та фосфору.

10. Системи для очищення промислових стічних вод:

- Призначені для обробки стічних вод від промислових підприємств.

- Зазвичай включають додаткові стадії попередньої обробки для видалення специфічних забруднювачів.

11. Системи для очищення сільськогосподарських стічних вод:

- Призначені для обробки стічних вод від фермерських господарств, включаючи стічні води від тваринництва та зрошення.

- Ефективні для видалення пестицидів, добрив та органічних забруднювачів.

Біологічне плато створюється як повноцінно функціонуюча система очищення стічних вод. Споруди розташовується каскадом, організація конструкції передбачає обов'язковий ретельний облік біологічних і фізико-хімічних чинників процесу очищення. Спорудження біоплато може включати в себе наступні елементи: септик; блок зневоднення осаду в септику; блоки фільтрації, призначені для видалення дрібних частинок зважених речовин і розчинених твердих речовин; блок, призначений для глибокого очищення

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			16

розчинених твердих речовин і видалення дрібних фракцій зважених речовин; природні насадження вищих водних рослин (очерет, осока, рогіз і т.д.) [12, с. 60].

У теперішній час набули поширення різні конструкції біоплато: фільтраційні, поверхневі і наплавні, горизонтальні, вертикальні, змішаного типу. В геологічних і ландшафтних умовах України доцільне застосування комбінованого типу біоплато – поверхнево-фільтраційного. Як фільтруючий матеріал може використовуватися пісок (місцевий середньозернистий), гравій, керамзит тощо. [8, с. 110].

Горизонтальні інфільтраційні біоплато (рис. 1.1) називаються так тому, що стічні води в пристрої рухаються майже горизонтально через шари завантаження. Всі пристрої складаються з однієї або декількох секцій. Секції містять водонепроникну кришку, шари завантаження та живі рослини і мікроорганізми [12, с. 61].

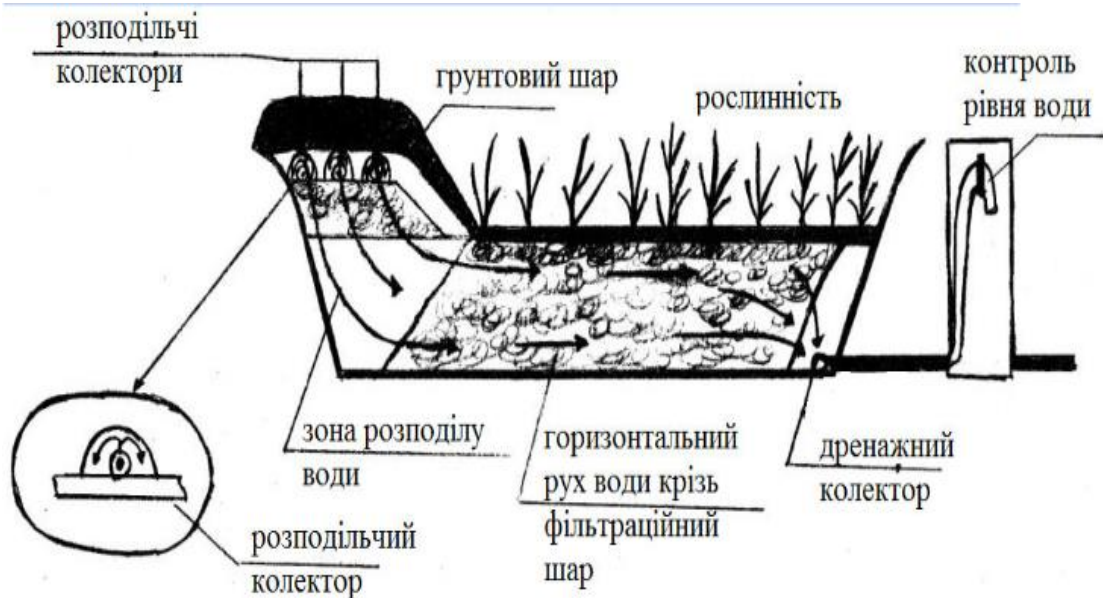


Рисунок 1.1 – Горизонтальне інфільтраційне біоплато [12, с. 61].

Якщо рідина рухається в горизонтальному напрямку, проходячи через густі зарості вищої водної рослинності, то в цьому випадку очистка основана на ефекті відстоювання та біохімічній очистці під дією вищої водної рослинності (макрофітів), а також мікроорганізмів біоплівки, яка формується на стеблах рослин [12, с. 110].

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

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

ОС-01-1 21510005

Арк

17

Велику ефективність мають біоплато з вертикальним рухом води (рис. 1.2.), де стоки, які очищаються, рухаються через фільтруючу загрузку і ризосферу рослин, яка знаходиться в ній. В процесі проходження води через шар фільтруючого матеріалу під впливом ферментів мікроорганізмів органічні речовини, які знаходяться у воді, засвоюються корінням водних рослин. Поглинаюча поверхня коріння в 10-15 раз більша площі, яка зайнята рослинами, а поглинаюча здатність їх в 5-8 раз вища, ніж у водно-повітряній частині рослин [8, с. 110].

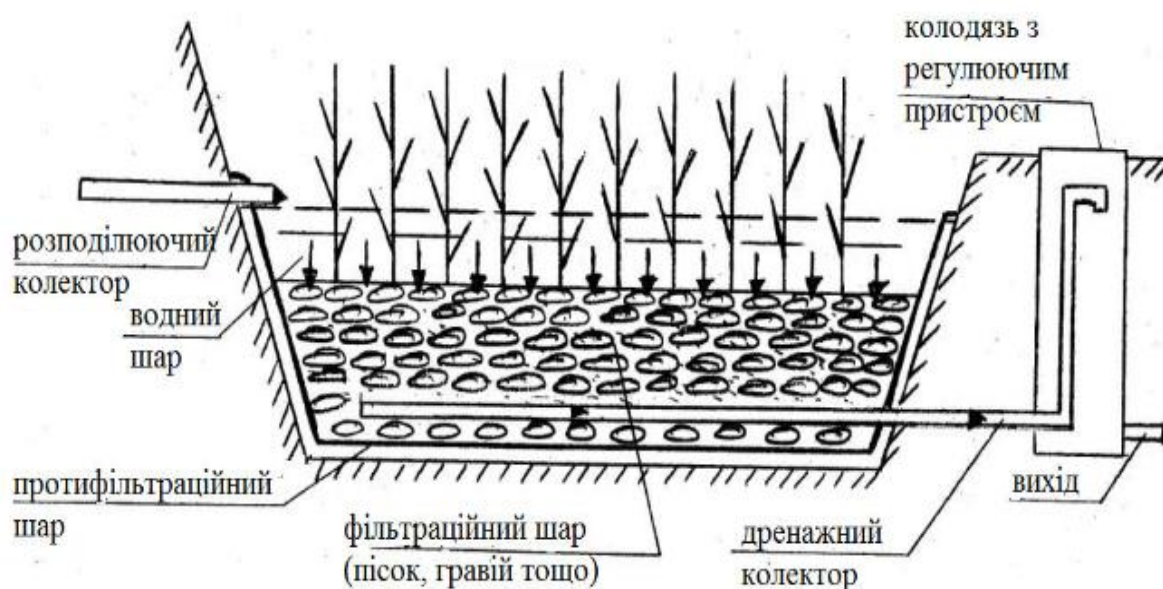


Рисунок 1.2 – Схема вертикального інфільтраційного біоплато [12, с. 61].

Для підвищення ефективності очищення на практиці часто використовують різні комбінації вищезгаданих типів. Це призводить до формування різних потоків стічних вод в одній споруді. Вчені з Китаю та європейських країн спільно розробили змішані вертикальні біоплато, в яких стічні води течуть спочатку зверху вниз, а потім знизу вгору, досягаючи високої ефективності очищення.

У фільтраційних біоплато на поверхнях фільтрів висаджуються вищі водні рослини, характерні для даної місцевості. Для країн Європи це такі рослини як очерет, рогіз, осока та ін. Таких фітонасичених споруд повинно бути, як правило, не менше двох. Очищення стічних вод в біоплато забезпечується життєдіяльністю

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

макрофітів, водоростей, а також іммобілізованого бактеріального середовища, розташованого як на поверхні ВВР, так і в фільтруючому шарі.

Поверхнєве біоплато (рис. 1.3.) схоже на створений природою заболочений ландшафт, коли стоки прямують на поверхню споруди.

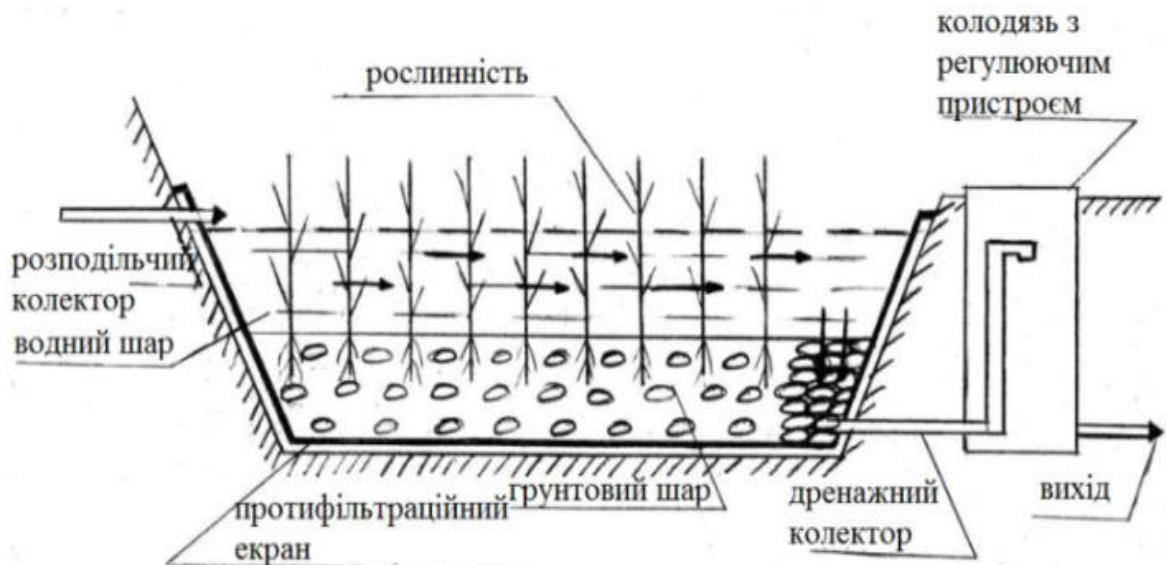


Рисунок 1.3 - Схема поверхневого біоплато [12, с. 60]

Поверхневий блок біоплато створюється для доочищення стічних вод і є спорудою з вільним натиском води в горизонтальному напрямку через середовище ВВР, висаджених у рослинний ґрунт. Доочищення води забезпечується гідробіонтами, що формуються в біоценозі вищих водних рослин. Ступінь очищення стічних вод на спорудах біоплато досягає 90-95% від загальної кількості домішок [8, с. 110].

Також слід відмітити, що можливі одно-, дво- і багатосекційні (до семи послідовних ставків) варіанти біоплато. Збільшення числа секцій робить спорудження більш складним і дорогим, але збільшує його ефективність. Велике число секцій застосовується при дуже сильному початковому забрудненні (1-2 секціях нормальне угруповання організмів не функціонує, але відбувається первинне відстоювання води); необхідності глибокого очищення вод (зниження концентрації основних забруднювачів більш ніж на 90%); необхідності первинного або вторинного накопичення води.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		19

На рисунку 1.4. показана схема пристрою 2-х секційного біоплато для очищення стоків, які містять нафту, з дорожнього покриття.

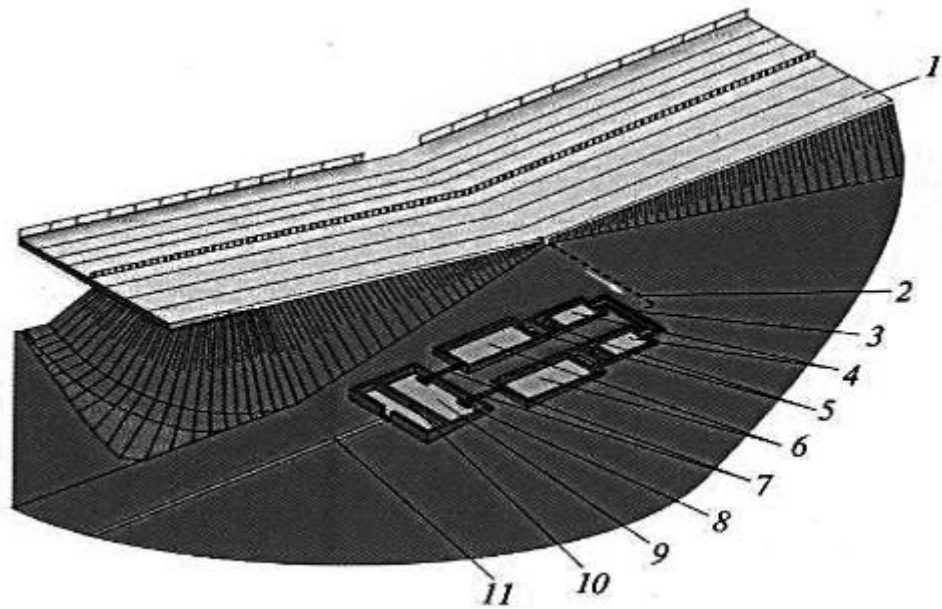


Рисунок 1.4. Схема 2-х секційного біоплато для очищення стоків, які містять нафту, з дорожнього покриття:

1 – дорожнє полотно, 2 – організований водозбір, 3 – розподілюючий лоток, 4 – відстійник з напівзатопленою нафтоуловлюючою перегородкою, 5 – сорбційний фільтр, 6 – первинне біоплато з ВВР, 7 – труба, 8 – перегородка для зниження швидкості потоку, 9 – вторинне біоплато з посадкою водяного гіacinта *Eichornia crassipes*, 10 – напівпроникний бар’єр-фільтр, 11 – лоток. [8, с. 111]

Використання фільтраційно-регенераційного біоплато гідропонного типу (ФРБГТ-1) (рис. 1.5.) у порівнянні з відомими технологічними схемами біофітоочищення води та конструкціями біоплато дозволяє, за рахунок постійної автоматичної промивки циркуляційно-промивними водами фільтрувальної засипки, кореневої системи ВВР і дренажів біоплато та гідроавтоматичного очищення циркуляційно-промивних вод забезпечити самовідновлювальний режим роботи комплексу очисних споруд.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС-01-1 21510005	Арк
						20

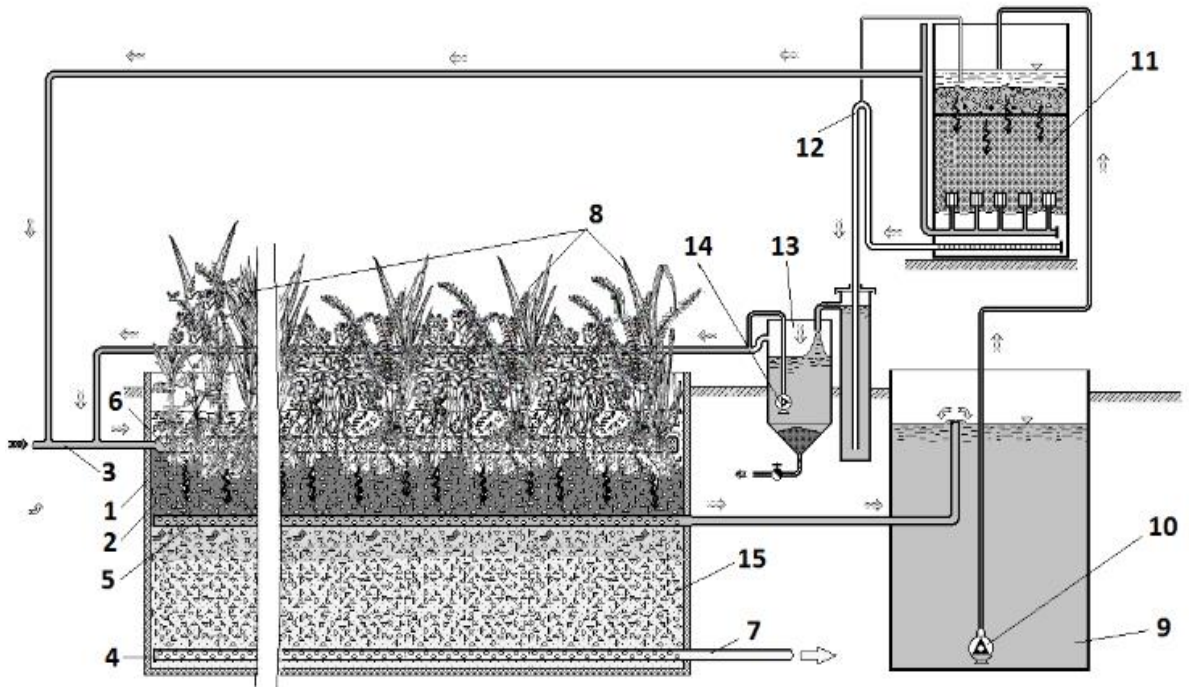


Рисунок 1.5. Принципова схема ФРБГТ-1:

1 – корпус біоплато, 2 – верхній шар фільтрувальної засипки, 3 – колектор подачі води на очищення, 4 – нижній дренаж відведення очищеної води, 5 – середній дренаж збору і відведення циркуляційно-промивних вод, 6 – верхній дренаж розподілення води в міжкореневій системі ВВР, 7 – колектор відведення очищеної води (фільтрату), 8 – вищі водні рослини і/або вологолюбні дерева (ВВР), 9 – накопичувач циркуляційно-промивних вод, 10 – насос, 11 – самопромивний пінополістирольний фільтр, 12 – пристрій гідроавтоматичної промивки фільтра, 13 – збірник-відстійник промивних вод фільтра, 14 – насос відстояних (освітлених) промивних вод, 15 – нижній шар фільтрувальної засипки. [9, с. 198]

Для захисту і відновлення водних об'єктів використовують природні та штучні біоплато. Руслові біоплато представляють собою мілководні розширені русла з розвиненою вищою рослинністю. Очистка води відбувається вищою рослинністю по всьому перерізу потоку. Руслові біоплато створюють на ділянках водостоків глибиною не більше 1,5 – 2,0 м, зі швидкістю течії до 0,2-0,3 м/с. Берегові біоплато це – зарості вищої рослинності вздовж берегів водотоку.

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

Напливні біоплато використовують для очистки верхнього шару поверхневих вод. Очистка води відбувається тільки для частини водотоку.

Гирлові біоплато розташовують у містах впадіння у водоток малих притоків. У цьому випадку вищу рослинність розміщують у спеціальних контейнерах, які розташовують впоперек потоку [13].

Отже, біоплато є різноманітною технологією, яка може бути адаптована до різних умов та потреб завдяки різним типам конструкцій, потоку води та рослинності. Кожен вид біоплато має свої переваги та обмеження, що дозволяє ефективно використовувати їх для різних видів стічних вод та умов експлуатації. Це робить біоплато універсальним інструментом для екологічного очищення води та захисту навколишнього середовища.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		22

РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

2.1 Використання біоплато для очищення та доочищення господарсько- побутових стічних вод

Біоплато, як екологічно чиста та ефективна технологія очищення стічних вод, набуває все більшої популярності в невеликих населених пунктах. Вона використовує природні процеси для видалення забруднювачів, забезпечуючи екологічне та економічне рішення для очищення поверхневих стічних вод. Ця методика стає особливо актуальною в умовах зростаючого навантаження на водні екосистеми та потреби в збереженні водних ресурсів.

У населених пунктах утворюється велика кількість забруднених стічних вод. Обсяги скидів стічних вод часто перевищують потужності наявних очисних споруд. Часто очисні споруди взагалі відсутні, особливо в регіонах, де немає централізованої каналізації або де виробляється відносно мало стічних вод. В результаті забруднюються водойми, знижується якість питної води, що негативно впливає на здоров'я населення.

Застосування технології біоплато є одним з варіантів вирішення проблеми очищення стічних вод у невеликих населених пунктах. Практичні приклади застосування технології біоплато доводять доцільність їх більш широкого застосування. Одним з таких прикладів є очисні споруди типу біоплато, які з 1997 р. функціонували у селі Великі Проходи Харківської області, розташованому на відстані 14 км на північ від м. Харків. (На сьогоднішній день село майже повністю зруйноване російськими військами.) Кількість населення була близько 1000 чоловік. Комплекс споруд біоплато складався з таких частин: відстійник-усереднювач та три блоки біоплато, розташовані послідовно. У блоках біоплато

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС-01-1 21510005

Арк

23

висаджені місцеві види вищих повітряно-водних рослин: очерет звичайний, рогіз широколистий і комиш лісовий (рис. 2.1).



очерет звичайний



рогіз широколистий



комиш лісовий

Рисунок 2.1 – Види вищих водних рослин, застосовані на біоплато в с. Великі Проходи Харківської обл.

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

ОС-01-1 21510005

Арк

24

Надходження води з блоку в блок відбувалося самотічно. Очищені стічні води відводились у ставок. Робота біоплато контролювалася Харківською обласною санітарно-епідеміологічною станцією. За результатами контролю було визначено, що біоплато забезпечувало високу ефективність очищення стічних вод. Ефективність очищення стічних вод становила за показником БСК_{повне} – 90-95% (до рівня 5-6 мг/л), за показником ХСК 85-95%, за зваженими речовинами – на 95-99% (до рівня 4-5 мг/л), за нафтопродуктами – до рівня 0-0,05 мг/л, за СПАР – понад 85%, за бактеріологічними показниками – на 98-99%. При цьому біоплато не вимагає значних капітальних і експлуатаційних витрат, застосування енергоємких процесів, застосування хімічних речовин, є надійними і довговічними та не потребують великої кількості обслуговуючого персоналу [11].

Ще одним прикладом облаштування біоплато для очищення стічних вод з сільського населеного пункту є поверхнєве біоплато на території села Зорянське (Харківська обл.) з населенням 340 чоловік. (На сьогоднішній день село знаходиться у зоні бойових дій.) Ця очисна споруда являє собою заболочений ландшафт, обладнаний штучними системами керування, тобто природна заболочена ділянка, на яку відводяться стічні води і забезпечується їх самотічний рух крізь зарості вищої водної рослинності.

Для спорудження біоплато були використані природно заболочені ділянки біля ставка Беньківський, які мали невеликий нахил (до 0,005°) по дну задля постійного стоку вод. Дно споруди було засаджено місцевими повітряно-водними рослинами – очеретом звичайним (*Phragmites communis*), рогузом широколистим (*Typha latifolia*), комишом лісовим (*Scirpus sylvaticus*) та ін.

Кількість блоків біоплато визначалася відповідно до рельєфу місцевості таким чином, щоб ухил дна біоплато не перевищував 0,005° і забезпечував природний перетік стічної води з одного блоку на інший, розташованих каскадом. Отже, до складу комплексу очисних споруд біоплато увійшов відстійник-

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

				ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	25	

усереднювач та 4 блоки біоплато, розташованих послідовно один за іншим. Відведення вод здійснюється у місцевий ставок.

На рисунку 2.2 приведена схематична конструкція споруд біоплато села Зорянське [18, с. 154].

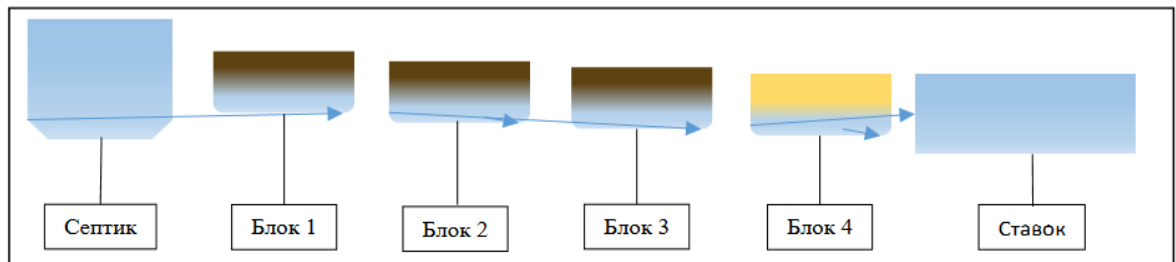


Рисунок 2.2 – Схематична конструкція споруд біоплато села Зорянське [18, с. 154]

Очищення у даній споруді здійснюється таким чином. Від каналізаційної насосної станції стічні води подаються до септика. Септик являє собою відстійник, де забруднення стічних вод осідають та піддаються процесам перетворення. Через це одна частина забруднень, питома вага у яких менша, ніж вага води, підіймається, а інша, питома вага якої більше, ніж води, осідає.

Очищення відбувається за рахунок життєдіяльності бактерій, що населяють стічні води у результаті природних процесів.

Отже, у септику здійснюється розкладання органічної частини забруднень стічних вод, а також осідають механічні домішки. Води стають більш світлими та дезодоруються.

Далі стоки самопливом направляються по водовідвідній трубі до блоків біологічного очищення.

Фільтр сприяє видаленню дрібних часточок, які залишилися після проходження відстійника-усереднювача.

Сумарний час проходження води, що очищається через споруди біоплато становить від 4 до 10 діб.

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

Перші три блоки типові, а останній вважається фільтраційним, оскільки у ньому стоки проходять крізь шар піску $h = 0,5$ м. Далі води надходять по дренах до ставка [18, с. 155].

У таблиці 2.1 показано порівняння показників господарсько-побутових стічних вод до і після їх очищення на біоплато.

Таблиця 2.1 – Склад господарсько-побутових стічних вод до і після очищення на біоплато [за 8, с. 111]

Показник	До очищення	Після очищення	Нормативне значення
Зважені речовини, мг/л	858	15	15
Запах, бали	5	0	0
БСКп, мг/л	377	6	15
ХСК, мг/л	560	30	80
Колі-форма (Індекс ЛКП), КУО/л	5×10^6	До 1000	1000

Ефективність видалення одного з основних забруднюючих компонентів стічних вод – нітратів при застосуванні водно-болотних угідь для очищення води може коливатися у значних межах і залежить від конструкції біоплато і температурних умов. Наприклад, за даними, отриманими для Нової Зеландії, видалення нітратів коливається від 25 до 50 відсотків. В умовах помірного клімату видалення нітратів досягає 20-40 відсотків.

За іншими даними, ступінь очищення на біоінженерних спорудах з вищими водними рослинами становить: за БСК та ХСК – 65% - 90%; нафтопродуктів – 20% - 90%; завислих речовин – 96% - 98%; амонію, нітратів – 60% - 90%; бактерій E-Coli, мікроводоростей – 96% - 98% [17].

Використання біоплато для доочищення стічних вод може з успіхом застосовуватись у випадках, коли діючі очисні споруди які здійснюють

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	---------------	-------------	--------------

недостатньо ефективного очищення. Недоочищені стічні води з комунальних очисних споруд характеризуються високими значеннями БСК і вмісту сполук азоту і фосфору. Біоплато дозволяє вирішити цю проблему і забезпечити захист природних водойм від забруднення стічними водами. Така ситуація є вельми поширеною в Україні, і використання біоплато для доочищення стічних вод могло б стати одним з шляхів зменшення негативного впливу на природні водойми-водоприймачі недостатньо очищених стічних вод з очисних споруд.

Отже, біоплато є ефективним та екологічним рішенням для очищення господарсько-побутових стічних вод невеликих населених пунктів та для доочищення стічних вод з очисних споруд. Завдяки поєднанню природних процесів, економічної доцільності та можливості інтеграції в ландшафтний дизайн, ця технологія стає важливим інструментом для покращення якості водних ресурсів і забезпечення сталого розвитку територій.

2.2 Використання біоплато для очищення поверхневих стічних вод

Очищення поверхневих стічних вод з територій населених пунктів є важливою проблемою, оскільки неконтрольований стік таких вод може призвести до серйозного забруднення водних джерел та середовища загалом. Деякі проблеми, пов'язані з цим, включають:

1. Забруднення водних джерел. Поверхневі стічні води можуть містити різні забруднюючі речовини, такі як пестициди, нафтопродукти, важкі метали тощо. Це може призвести до забруднення підземних та поверхневих водних джерел, що є небезпечним для здоров'я людей та екосистем.
2. Загроза біорізноманіттю. Забруднення води може вплинути на місцеві екосистеми, порушуючи рівновагу в природних середовищах та шкодячи різним видам тварин і рослин.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

3. Здоров'я населення. Забруднення водних джерел може мати серйозний вплив на здоров'я людей, оскільки вони можуть використовувати ці води для питного, сільськогосподарського або іншого використання.

4. Економічні збитки. Забруднення водних ресурсів може мати значний вплив на економіку регіону через втрату доходів у секторах, що залежать від чистих водних джерел, таких як рибальство, туризм та сільське господарство.

Дифузні джерела забруднення поверхневих вод мають великий вплив на якісний стан поверхневих вод. Нерозчинні домішки поверхневого стоку з урбанізованих територій характеризуються значним вмістом органічних речовин. Летучі домішки у твердій фазі дощових вод складають у середньому 25-30 %, речовини що окислюються – 0,3-0,5 мг/мг у перерахуванні на ХСК. Загальний вміст розчинених домішок у дощовому стоці складає в середньому близько 300 мг/л [14].

До складу поверхневих стічних вод, які утворюються на території населених пунктів і практично без очищення скидаються у водні об'єкти, крім забруднень завислими речовинами, нафтопродуктами, біогенними елементами, органічними речовинами входить значна кількість патогенних мікроорганізмів. Близько двох відсотків неочищених побутових стічних вод надходить у дощову каналізацію внаслідок аварійних ситуацій на мережах і спорудах каналізації населених пунктів. Спричиняють бактеріальне забруднення поверхневих стічних вод також несанкціоновані скиди побутових стічних вод від окремих будівель фізичних осіб, суб'єктів господарювання у мережі дощової каналізації.

Враховуючи склад і концентрацію забруднень поверхневих стічних вод, наявність підключень випусків побутової каналізації до мереж дощової каналізації рекомендується застосування біологічного очищення поверхневих стічних вод, оскільки механічне очищення не зменшує в них вміст біогенних елементів, органічних речовин, а головне кількості патогенних мікроорганізмів, що призводить до значного ступеня евтрофування поверхневих водних об'єктів [17, с. 13].

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			29

Значним джерелом забруднення поверхневих вод є автомобільні дороги, оскільки стічні води з них містять важкі метали, нафтопродукти, зважені частинки та інші шкідливі речовини.

Поверхневий стік з автомобільних доріг являє собою значні об'єми забруднених вод, які частіше за все без очищення, зі значеннями гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують норму у декілька разів, потрапляють до водних об'єктів та на прилеглу територію, що суперечить природоохоронним вимогам.

На вміст забруднюючих речовин у стічних водах з автомобільних доріг впливає інтенсивність транспортного потоку, інтенсивність дощу, тривалість попереднього бездощового періоду, частота прибирання сміття та інші фактори.

Найбільш значимими джерелами забруднення стічних вод з автомобільних доріг є:

1. Змиви з дорожнього полотна.
2. Змиви з поверхні автомобілів.
3. Конденсація газоподібних викидів автомобілів.
4. Випадкові процеси (розливи, аварії, втрати вантажів, що транспортуються тощо)

Показниками забрудненості поверхневих стічних вод, які найбільш використовуються в дослідженнях та нормативних документах, є концентрація завислих речовин та нафтопродуктів. Найбільшу небезпеку при потраплянні стічних вод з покриття автомобільних доріг на територію вздовж автомобільної дороги і у водойми представляють нафтопродукти, до складу яких входять бензол, стирол, толуол, ксилол тощо. Середній вміст завислих речовин у дощових стічних водах приймають від 1 до 2 г/дм³.

Найбільших концентрацій забруднення стоки досягаються в перші 10-30 хвилин від початку дощу (що приблизно збігається з піковою інтенсивністю дощу). При чому концентрація зважених речовин є максимальною в початковий період дощу, потім поступово знижується, а в кінці дощу концентрації цього

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
						30
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

забруднення можуть знову зростати. Концентрація нафтопродуктів також максимальна в початковий період дощу, а потім поступово знижується до малих значень і залишається постійною практично протягом усього періоду випадання дощу.

Проблемою забруднення талих вод є протижеледні заходи. Внесення на поверхню дороги солей хлористого натрію, хлориду кальцію призводить до забруднення снігу, а при його таненні до забруднення поверхневих талих води та ґрунтів вздовж автомобільної дороги. Забруднення ґрунтів призводить до загибелі придорожньої рослинності і захисних лісонасаджень.

Однією з основних задач підвищення технічного рівня автомобільних доріг, безпечного руху і екологічності їх експлуатації є забезпечення своєчасного і цілеспрямованого збирання та відведення стічної води з поверхні автомобільних доріг з подальшим очищенням її від забруднень [19, с. 22].

Поверхневі стоки з автомобільних доріг містять органічні та неорганічні забруднюючі речовини різної дисперсності, концентрація яких вище ніж аналогічні показники для поверхневих стоків з сельбищних територій. Враховуючи токсичність та концентрації в стоках забруднюючих речовин, найбільшу екологічну небезпеку для природних об'єктів (територій, які прилягають до автомобільних доріг і природних водойм) створюють: нафтопродукти, в тому числі ароматичні вуглеводні, галогенорганічні сполуки, завислі речовини, біогенні елементи, важкі метали. В особливій небезпеці від впливу стоків з автомобільних доріг знаходяться об'єкти гідросфери.

Беручи до уваги фактори, що формують поверхневий стік, характер і ступінь його забруднення мінеральними та органічними речовинами різного генезу, пріоритетними значеннями, на які слід спиратися при виборі технологічної схеми очищення поверхневих стоків з автомобільних доріг, є концентрація завислих речовин (ЗР) та нафтопродуктів (НП). Завислі речовини – це практично нерозчинні політанти, що присутні в поверхневих стічних водах у формі грубої суспензії з розміром частинок понад 100 мкм та у вигляді тонкої

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

суспензії з розміром частинок 100 – 0,1 мкм. Колоїдні забруднювачі у стічних водах характеризуються розміром частинок 0,1 – 0,001 мкм. НП – це, циклічні та ароматичні вуглеводні, альдегіди, кетони та інші органічні сполуки. Вони надходять у придорожнє довкілля у вигляді відпрацьованих газів транспортних засобів, аерозолів, дрібнодисперсного пилу та ін. і активно абсорбуються твердими частинками, що входять до складу ЗР [20].

Австралійськими вченими розроблено спосіб очищення поверхневого стоку від автомагістралей (рис. 2.3).

Для функціонування цього біоплато дороги не облаштовуються бордюрами, збір стоку здійснюється фільтраційними траншеями, заповненими на глибину 0,8 м гравієм. На дні траншеї прокладаються збірні трубопроводи діаметром 150 мм, які транспортують поверхневий стік на подальше очищення в біоплато [21, с. 230; 22; 23; 24; 25].



Рисунок 2.3 – Біофільтраційна система для очищення поверхневих стічних вод з автомобільної траси [21, с. 230]

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

ОС-01-1 21510005

Арк

32

Біоплато також може використовуватися як частина комплексних очисних споруд для очищення поверхневих стічних вод (рис. 2.4).

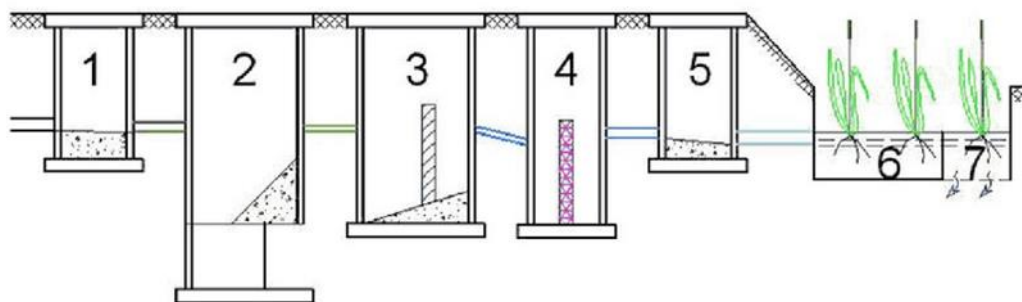


Рисунок 2.4 – Будова системи для очищення дощових і талих вод стічних вод: 1 – розподільчий колодезь, пісковловлювач, 3 – відстійник з коалісцентною вставкою, 4 – сорбційний фільтр, 5 – збірний колодезь, 6 – біоплато фільтруючого типу.

Таким чином, біоплато є ефективним та екологічним рішенням для очищення та доочищення поверхневих стічних вод з автомобільних доріг. Завдяки використанню природних процесів, економічній доцільності та можливості інтеграції в ландшафтний дизайн, ця технологія стає важливим інструментом для покращення якості водних ресурсів і забезпечення сталого розвитку територій, що прилягають до автомобільних доріг.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС-01-1 21510005

Арк

33

РОЗДІЛ 3 ПРОБЛЕМА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОПЛАТО ДЛЯ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Водовідведення неочищених і недоочищених стічних вод є актуальною проблемою для Сумської області, так як і для всієї України.

За даними Екологічного паспорту Сумської області (2022 р.), лише близько 50 % зворотних вод, що скидалися у водні об'єкти області на 2021 р., були нормативно чистими та очищеними до нормативно чистого стану (табл. 3.1). Відповідно, близько 50% загального об'єму зворотних вод є джерелом забруднення для поверхневих водойм області.

Таблиця 3.1 – Об'єми скидання зворотних вод у поверхневі водні об'єкти Сумської області у 2020-х роках [за 31]

Показники	Од. вимірювання	2020 р.	2021 р.
Загальний об'єм скинутих стічних вод	млн. м ³	41,59	33,96
З них нормативно чистих без очищення вод	млн. м ³	16,52	10,56
З них нормативно очищених	млн. м ³	5,17	4,89
З них забруднених вод	млн. м ³	19,9	18,51
Відсоток забруднених вод	%	47,9	54,5

Водокористувачі, які скидають значні об'єми забруднених і недостатньо очищених зворотних вод у водойми Сумської області, показані в табл. 3.2.

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			34

Таблиця 3.2 – Скидання зворотних вод та забруднюючих речовин основними водокористувачами – забруднювачами поверхневих водних об'єктів у 2021 р. [за 31]

Найменування водокористувача	Річка – водоприймач стічних вод	Об'єм скидання зворотних вод, тис. м ³	Утому числі скидання забруднених (без очищ.) та недост. очищ. зворотних вод, тис. м ³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із зворотними водами, т
1	2	3	4	5
ПАТ «Сумихімпром», м. Суми	р. Псел	2716,0	2716,0	4737,5
КП «Міськводоканал», м. Суми	р. Псел	12663	12663	12512,7
КП «Водоканал», м. Лебедин	р. Вільшанка (бас. р. Псел)	73,0	73,0	106,6
ТОВ «Теплоенерго», смт Краснопілля	р. Закобильня (бас. р. Псел)	37,0	37,0	38,6
КП «Господар», смт Хотінь	р. Олешня (бас. р. Псел)	11,0	11,0	26,1
ФОП Шкарупа О.В.*	р. Сухоносівка (бас. р. Псел)	25,0	25,0	37,153
ДКП «Недригайлівводосервіс»	р. Сула	15,0	15,0	81,5
КП «Міськводоканал» РМР м. Ромни	р. Лозовка (бас. р. Сула)	638,0	638,0	643,6
Виправна колонія 319/56, с. Перехрестівка	р. Бобрик (бас. р. Сула)	22,0	22,0	21,0
ПрАТ «Слобожанська будівельна кераміка»	р. Ромен (бас. р. Сула)	17,0	17,0	13,2
КП ЖКГ «Липоводолинське»	р. Хорол	17,0	17,0	12,3
КП ТМР «Тростянецькомунсервіс»	р. Боромля (бас. р. Ворскла)	186,0	186,0	279,9
КП «Буринь Теплосервіс», м. Буринь	р. Чаша (бас. р. Сейм)	51,0	51,0	80,0
ПАТ «Буринський завод сухого молока»	р. Чаша (бас. р. Сейм)	47,0	47,0	43,5

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

ОС-01-1 21510005

Арк

35

Вип Арк № докум. Підп. Дата

КП «Водоканал», м. Білопiлля	р. Вир (бас. р. Сейм)	134,0	134,0	223,4
------------------------------	-----------------------	-------	-------	-------

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
ВУВКГ, м. Конотоп	р. Єзуч (бас. р. Сейм)	1806,0	1806,0	1729,4
ВУВКГ м. Шостка	р. Шостка (бас. р. Десна)	3573,0	0	3846,4
ТОВ «Водолій БС», смт. Ямпіль	р. Івотка (бас. р. Десна)	38,0	38,0	30,8
КП Середино-Будська ЖРЕД	р. Бобрик (бас. р. Десна)	42,0	42,0	78,9

*Дані за 2020 р.

За даними Екологічного паспорту Сумської області [31], майже всі основні забруднювачі поверхневих водних об'єктів 100% зворотних вод скидають у поверхневі водні об'єкти неочищеними і недостатньо очищеними. Близько 80% від загального об'єму цих стічних вод скидаються у середні річки – Псел, Сула, Хорол, решта 20% - у малі річки. Якщо рахувати кількість об'єктів-забруднювачів, то навпаки: 80 % об'єктів-забруднювачів скидають свої зворотні води у малі річки, а 20% - у середні річки. Малі річки є більш вразливими до дії забруднюючих речовин порівняно з великими і середніми.

Більша частина об'єктів-забруднювачів малих річок у Сумській області розташована у невеликих населених пунктах. У більшості населених пунктів Сумської області централізоване водовідведення взагалі відсутнє. Населення у таких населених пунктах користується вигрібними ямами або відводить стічні води у пониження рельєфу або безпосередньо у найближчу водойму. Такі способи водовідведення призводять до забруднення водних об'єктів патогенними бактеріями і вірусами. Це також призводить до збільшення площ підтоплення населених пунктів [17].

Яскравим прикладом цієї проблеми є мала річка Сумка – притока Псла, в басейні якої знаходяться населені пункти Сумської, Степанівської та Садівської

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			36

територіальних громад. У 2023 р. на 10 створах у руслі р. Сумка було відібрано проби води. В результаті досліджень виявлено, що у 8 з 10 досліджених проб води наявні ентерококи та лактопозитивна кишкова паличка, що свідчить про свіже фекальне забруднення внаслідок потрапляння неочищених господарсько-побутових стічних вод. У пробах води, відібраних в районі центрального ринку м. Суми виявлено наявність лактозопозитивних кишкових паличок та ентерококів у кількості, що перевищує гранично-допустиму норму у десятки разів [32].

Така ситуація обумовлена багатьма причинами, серед яких основна – відсутність централізованого водовідведення і відсутність очисних споруд. Натомість у приватному секторі вздовж русла р. Сумка у межах прибережної-захисної смуги і на прилеглих до неї ділянках розташовані негерметичні вигрібні ями, які мають витоки до річки. Крім цього, здійснюється господарська діяльність в прибережних захисних смугах (розкопування землі під городи, утримання домашньої птиці), яка порушує режим утримання прибережних захисних смуг, визначений Водним кодексом України.

Все це свідчить про нагальну необхідність вирішення цієї проблеми, оскільки попередження впливу забруднених стічних вод на поверхневі водойми є одним з завдань забезпечення екологічної безпеки держави.

У окремих громадян і у місцевої влади є розуміння того, що вирішувати питання приведення річки до нормального стану вимагає комплексних дій. Це і будівництво господарсько-побутової та зливової каналізації в басейні річки, і будівництво сучасних очисних споруд, і запровадження жорстких штрафних санкцій за порушення природоохоронного законодавства [32].

Створення ефективної системи очищення стічних вод потребує значних фінансових витрат. За відсутності у найближчій перспективі можливості вкладання значних коштів у побудову очисних споруд, прийнятним і найбільш екологічно і економічно ефективним заходом зменшення негативного впливу стічних вод усіх категорій від населених пунктів на водні об'єкти є впровадження

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			37

екологічно безпечного водовідведення з використанням технологій фітореMediaції, у тому числі біоплато [32].

Розглянемо більш детально цю проблему на прикладі одного з основних забруднювачів у Сумській області – села Сад (водокористувач - ФОП Шкарупа О.В.), яке скидає забруднені стічні води у притоку річки Сумка – річку Сухоносівка. Сад – село у Сумському районі Сумської області з населенням 2348 осіб. Село Сад розташоване на лівому березі річки Сухоносівка – притоки річки Сумки (інша назва річки – Ільма). Стічні води с. Сад відводяться на очисні споруди, які по документації представлені біофільтром та установкою КУ-200. Проте перевіркою екоінспекції, здійсненою ще у 2010 році було встановлено, що очисні споруди перебувають у незадовільному стані внаслідок розкрадання і демонтажу устаткування і конструкцій [33]. Ці очисні споруди працювали на час перевірки лише як відстійники. Відведення стічних вод здійснюється до р. Ільма (Сухоносівка), яка впадає у Косівщинське водосховище на р. Сумка. Показники рівня забруднення річки Ільма (Сухоносівка) у місці скидання стічних вод такі: азот амонійний – 44,5 мг/л (при ГДК 2,0 мг/л), ХСК – 137,2 мг/л (при ГДК 30,0 мг/л), БСК₅ – 51,3 мг/л (при ГДК 2,25 мг/л), фосфати – 24,1 мг/л (при ГДК 0,7 мг/л) [33].

Як варіант вирішення проблеми розглядалася можливість підключення стоків с. Сад до каналізаційної системи м. Суми. «На теперішній час колектор побудований, але стічні води по ньому не відводяться, а скидаються на існуючі, фактично непрацюючі, очисні споруди у зв'язку з неврегульованістю питання підключення» [33].

Щорічно до річки Сухоносівка (Ільма) і, відповідно, до річки Сумка скидається близько 25 тис. м³ неочищених і недоочищених господарсько-побутових стічних вод. У перерахунку на одну людину це становить 10,65 м³ стічних вод на рік. Ця цифра є меншою за середній показник по Сумській області: так, у 2021 р. у поверхневі водойми області скинуто зворотних вод у розрахунку на одну особу 32,3 м³ [31].

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			38

Для попередньої оцінки доцільності і раціональності застосування технології біоплато для вирішення проблеми очищення стічних вод, які скидаються в р. Сухоносівка (притока річки Сумки), було складено матрицю SWOT-аналізу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Матриця SWOT-аналізу застосування технології біоплато для вирішення проблеми очищення стічних вод малого населеного пункту

<p>Сильні сторони</p> <ul style="list-style-type: none"> - висока ефективність очищення стічних вод; - використання природних біологічних процесів для очищення води; - низькі капітальні витрати; - низькі експлуатаційні витрати (не використовується електроенергія; невелика кількість обслуговуючого персоналу); - біоплато може бути спроектоване як модульна система, що дозволяє збільшувати або зменшувати його масштаби залежно від потреб; - можливість використання очищеної води для зрошення і інших потреб; - наявність сучасних українських розробок з проектування очисних споруд з використанням технологій фітореMediaції, які надають вибір біотехнічної споруди, адаптованої до умов України [17]; - сприяння вирішенню гострої і соціально значимої для м. Суми проблеми забруднення річки Сумка і Косівщинського водосховища 	<p>Можливості</p> <ul style="list-style-type: none"> - проект може бути профінансований з Всесвітнього фонду природи (WWF), оскільки проекти очищення стічних вод за технологією біоплато належать до природоорієнтованих рішень, які можуть відновити природний потенціал та допомогти мешканцям громад у створенні безпечного та раціонального середовища; - проект сприятиме поширенню в Україні досвіду застосування природоорієнтованих технологій для зменшення рівня забруднення водою
<p>Слабкі сторони</p> <ul style="list-style-type: none"> - залежно від проекту може бути задіяна порівняно велика площа, зайнята під біоплато; - залежність ефективності роботи біоплато від сезонних змін температури 	<p>Загрози</p> <ul style="list-style-type: none"> - відсутність підтримки проекту з боку громади через недостатню поінформованість і недостатньо дієві санкції за забруднення довкілля; - недостатність коштів громади

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

ОС-01-1 21510005

Арк

39

До сильних сторін проекту належать достатньо висока ефективність технології біоплато. Воно може вилучати із води азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірку, важкі метали, хлориди, сульфати, нітрати, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, продукти життєдіяльності живих організмів та бактеріологічні забруднення. Таку очищену воду можна використовувати для зрошення, або, у критичних обставинах, для використання у побуті. Ця технологія відрізняється низькими капітальними і експлуатаційними витратами.

Що стосується слабких сторін проекту, вони є вирішуваними. На теперішній час стічні води відводяться у існуючі відстійники. Нова біоінженерна споруда може базуватися на цих вже задіяних в очистці стічних вод площах.

Орієнтовну площу, необхідну під біоплато, можна визначити, виходячи з кількості населення сільського населеного пункту і об'єму використання води населенням:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{q N}{1000} k_1 k_2, \quad \text{м}^3/\text{добу},$$

де:

q – питомі середньодобові нормативи витрати води на 1 мешканця, що враховує витрати води на потреби громадських будівель ($q = 210$ л/добу, ДБН В2.5-64:2012),

N – кількість мешканців населеного пункту,

$k_1 = 1,3$ – коефіцієнт добової нерівномірності,

$k_2 = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує непередбачені витрати води.

$$Q_{\text{доб.сп}} = (210 \times 2348 / 1000) \times 1,3 \times 1,1 = 704,4 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, розрахункові господарські потреби населеного пункту у воді дорівнюють $704,4 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Біоплато має бути розраховане на такий об'єм води, хоча реальний об'єм скинутої стічної води буде меншим, враховуючи безповоротні втрати частини об'єму води. Якщо врахувати середній об'єм скинутих стічних вод на особу для

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			40

Сумської області, то (88,5 л/добу), то об'єм стічних вод, які можуть відводитися з с. Сад, дорівнюватимуть 207,8 м³/добу:

$$Q \text{ доб.скид} = (88,5 \times 2348 / 1000) = 207,8 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Для попереднього розрахунку площі біоінженерної споруди можна прийняти питому площу 1 га для 250 м³/добу стічної води [34]. Максимальна площа, потрібна для біоплато за умови скидання усього об'єму використаної води, дорівнює 2,8 га, мінімальна – 0,8 га:

$$\text{Площа біоплато мін.} = 207,8 \times 1 / 250 = 0,8 \text{ га}$$

$$\text{Площа біоплато макс.} = 704,4 \times 1 / 250 = 2,8 \text{ га}$$

Ефективність роботи очисних споруд може бути оцінена на основі зменшення показників рівня забруднення стічних вод. У табл. 3.4 показано, на скільки знизиться рівень забруднення р. Сухоносівка у місці скидання стічних вод з с. Сад у разі застосування біоплато.

Таблиця 3.4 – Прогнозоване зменшення показників забруднення р. Сухоносівка у місці скидання стічних вод з с. Сад у разі застосування біоплато

Показник	Наявне значення	Ефективність очищення, %	Значення після очищення	ГДК
азот амонійний, мг/л	44,5	60-93	<u>17,8-3,1</u>	2,0
фосфати, мг/л	24,1	53	<u>11,3</u>	0,7
БСК ₅ , мг/л	51,3	48 - 98	<u>26,7-1,0</u>	2,25
ХСК, мг/л	137,2	65 - 91	<u>48,0-12,3</u>	30,0

Рівень забруднення р. Сухоносівка у місці скидання стічних вод з с. Сад у разі застосування біоплато може бути знижений за показником амонійного азоту – до рівня 17,8 мг/л у разі 60% ефективності очищення і до рівня 3,1 – у разі 93% ефективності очищення. За показником фосфатів – до рівня 11,3 мг/л у разі 53% ефективності очищення. За показником БСК₅ – до рівня 26,7 мг/л у разі 48%

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

				ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	41	

ефективності очищення і до рівня 1,0 – у разі 98% ефективності очищення. За показником ХСК – до рівня 48,0 мг/л у разі 65% ефективності очищення і до рівня 12,3 – у разі 91% ефективності очищення. Отже, навіть у разі низької ефективності роботи очисної споруди рівень забруднення по основних показниках може бути знижений у середньому на 56%. У разі досягнення високої ефективності роботи очисної споруди рівень забруднення річки у місці скидання стічних вод може бути наближений до ГДК за показниками амонійного азоту і фосфатів, а за показниками БСК і ХСК може бути забезпечено досягнення значень менших за ГДК. Біоплато найбільш ефективно дозволяє знизити саме рівень органічного забруднення, який оцінюється за БСК і ХСК.

Згідно з дослідженням Станкевич В.В. зі співавторами «Використання біоплато для доочищення стічних вод від малих населених пунктів» [8], експлуатаційні витрати подібної очисної споруди складають 300-800 грн./міс.; строк роботи споруд без капітального ремонту сягає 30 років і більше; в період експлуатації споруд нагляд за ними може виконувати 1 працівник з середнім рівнем кваліфікації; термін введення в дію біоінженерних споруд – через 2-4 місяці з початку будівництва [8].

Ефективність роботи біоплато дещо знижується в осінньо-зимовий період (приблизно до 70 %), але якість очистки не погіршується вище ГДК для випуску очищеної води у природні водойми. Поверхня біоплато повинна бути вкрита водою на глибину 0,1-0,5 м, а в зимовий період, при мінусових температурах повітря, глибина води підвищується, а після замерзання знов знижується до попереднього рівня. Крижаний покрив, утворений при замерзанні води, забезпечує підтримання температурного режиму, достатнього для здійснення процесів очистки.

Таким чином, для с. Сад з населенням 2348 людей можна рекомендувати побудову очисної споруди типу біоплато у заплаві річки Сухоносівка (Ільма). Для визначення конкретного типу біоплато необхідні додаткові дослідження.

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			42

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС-01-1 21510005

Арк

43

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У загальному випадку охорона праці має велике соціально-економічне значення. Відомо, що незадоволеність працюючих умовами праці призводить до плинності кадрів з усіма наслідками, що випливають з цього, негативними наслідками як для самого працівника, так і для організації в цілому. Незадовільні умови праці призводять до підвищеної захворюваності, у зв'язку з чим ті, хто працює, змушені припинити свою трудову діяльність раніше встановленого пенсійного віку або міняти свою професію і місце роботи.

Умови праці значною мірою впливають на її продуктивність. За сприятливих умов працівник не витрачає сил на захист організму від впливу виробничого середовища і трудового процесу. Є дані про те, що раціональний комплекс заходів, спрямованих на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст продуктивності праці на 6-25%. Сонячне освітлення збільшує продуктивність праці на 10%, а раціональне штучне освітлення - на 6-13%, при цьому на виробництві знижується випуск неякісної продукції (браку).

Правильна організація робочого місця підвищує продуктивність праці до 20%, використання функціональної музики - на 12-14%, раціональне забарвлення приміщень - на 25%. Водночас виробничий шум, що перевищує допустимі межі, може знизити продуктивність праці на 20%. Температура повітря має великий вплив на самопочуття людини і продуктивність праці. Так, при роботі в несприятливому мікрокліматі продуктивність праці швидко падає і при температурі +30 °С знижується на 20-30%. Це стосується як фізичної, так і розумової роботи [26].

Недоліки, упущення в роботі інженерно-технічних працівників зі створення належних умов праці, порушення вимог охорони праці та промислової безпеки призводять до травматизму на виробництві, ПЗ, аварійності та відповідно до

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			44

додаткових фінансових і матеріальних витрат наймача. Особливо згубно на економіку підприємства впливають випадки травматизму на виробництві зі смертельним і тяжким наслідками, а також ПЗ.

Охорона праці - система забезпечення безпеки життя і здоров'я працюючих у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, психофізіологічні, санітарно-протиепідемічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи і засоби. До інших заходів слід відносити, наприклад, методи психофізіологічного моніторингу за станом працюючих та управління поведінкою "людського фактору"[27].

Хімічна індустрія - це одна зі сфер, яка вимагає використання величезної кількості трудових ресурсів. Працівники хімічних заводів наражаються на певну небезпеку, уникнути якої можна суворо дотримуючись техніки безпеки на хімічному виробництві.

Зниження факторів ризику відбувається завдяки оснащенню заводу або фабрики сучасним обладнанням і залученню кваліфікованих працівників. До факторів ризику на хімічних заводах відносять негативний вплив отруйних речовин, які здатні проникнути в повітря у вигляді газу або пилу, а також можливість загоряння і виробничих травм [28; 29].

Основні правила техніки безпеки на хімічних об'єктах.

Техніка безпеки на хімічному виробництві - це збір правил і вимог, якими необхідно керуватися під час роботи на підприємстві. Нижче представлені основні з них.

У процесі виробництва має бути виключений контакт працівників зі шкідливими хімічними речовинами, які можуть міститися у вихідній сировині, готовому продукті або у виробничому смітті.

Для того щоб виробничий процес став менш небезпечним, необхідно своєчасно замінювати застаріле обладнання та усувати потенційно небезпечні процеси й операції, замінюючи їх менш ризикованими. В особливо небезпечних цехах має бути встановлена система дистанційного стеження за всіма процесами,

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			45

приміщення мають бути ретельно загерметизовані. Працівники хімічних заводів в обов'язковому порядку повинні проходити перед початком роботи спеціальне навчання основних правил техніки безпеки. На сьогодні практично на всіх заводах співробітники не мають прямих контактів зі шкідливими речовинами, або ці контакти скорочені до мінімальних. Небезпечні випробування і дослідження мають проходити в закритих камерах, а за неможливості - відокремлюватися від відкритих робочих зон. Багато хімічних процесів було змінено, небезпечні елементи замінюють менш небезпечними токсичними речовинами.

Наслідки аварій, пов'язаних із хімічними речовинами, можуть бути руйнівними для робітників та їхніх сімей, оскільки травми можуть призвести до загибелі людей, втрати кар'єри, болю, страждань і величезних медичних витрат. Такі нещасні випадки також впливають на роботодавця, оскільки вони призводять до виробничих втрат, витрат на компенсацію, шкоди активам, витрат на наймання та навчання нових співробітників і зниження морального духу працівників.

Отже, дуже важливо дотримуватися відповідних процедур безпеки під час роботи з хімічними речовинами.

Відповідний одяг. Завжди слід використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), включно з рукавичками, окулярами, касками та захисним одягом. Слід переконатися, що ЗІЗ підходять для тієї роботи, яку слід виконати. Слід взувати зручне закрите взуття без дірок, через які можуть проникнути хімічні речовини. Довге волосся, в тому числі волосся на обличчі, потрібно зібрати назад, щоб не заважало. Далі слід закрити волосся на обличчі спеціальною сіткою. Варто зняти усі прикраси, які можуть потрапити в обладнання, і зберігати їх у безпечному місці, подалі від хімічних речовин [30].

Не можна використовувати одноразові ЗІЗ повторно і викидати їх у відповідні контейнери. Хоча він може здаватися чистим, він міг поглинути шкідливі хімічні речовини.

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			46

Процедури з охорони праці та техніки безпеки. Слід переконатися, що відповідні номери телефонів, такі як номери служб екстреної допомоги і токсикологічного центру, легко доступні для всіх на робочому місці.

Слід надати чіткі карти і покажчики із зазначенням шляхів евакуації, аварійних виходів і точок збору.

Вивіски для надання невідкладної допомоги - аптечки першої допомоги, аварійні виходи, автоматичний зовнішній дефібрилятор (AED) - мають бути чіткими, безперервними та відповідати колірним кодам безпеки.

Видаляйте розливи, щойно вони сталися, використовуючи за потреби відповідні чистячі матеріали та набори хімічних реагентів. Якщо працівник не може прибрати розлив самостійно, слід повідомити про це того, хто зможе.

Робочі місця та місця видалення хімічних речовин повинні мати відповідну вентиляцію. Доцільно здійснювати регулярні перевірки, щоб переконатися у відсутності засмічень у витяжних шафах і системах вентиляції.

Відповідно до правил охорони праці та техніки безпеки на всіх робочих місцях повинні бути паспорти безпеки (SDS) для хімічних речовин, які вони використовують або зберігають у приміщенні. Усі паспорти безпеки мають бути чіткими, точними та актуальними.

Використання та обслуговування хімічного обладнання. Слід переконатися, що все обладнання чисте до і після використання. Доцільно залишити обладнання в готовому до використання вигляді. Слід регулярно перевіряти все обладнання, щоб переконатися, що воно не зламане, перебуває в належному робочому стані і що термін придатності компонентів та/або реагентів не закінчився.

Якомога швидше необхідно ремонтувати зламане обладнання.

Співробітники повинні працювати з обладнанням тільки в тому разі, якщо вони навчені цьому, і повинні зв'язуватися зі своїми керівниками для організації навчання роботі з будь-яким спеціальним обладнанням, яке їм може знадобитися.

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			47

Усі хімічні речовини повинні мати чітке маркування. Етикетки мають бути чистими, нерозривними, розбірливими і написаними найпоширенішою мовою. Вони мають містити всю інформацію, що стосується справи, і посилатися на відповідний паспорт безпеки даних.

Організуйте шафи правильно, стежачи за тим, щоб одна з одною зберігалися тільки сумісні хімікати, а етикетки були звернені назовні, щоб їх було легко ідентифікувати. Це має першорядне значення для безпеки вашого робочого місця.

Усі хімікати, обладнання та сміття слід прибирати у відповідні місця наприкінці дня, щоб полегшити прибирання. Лабораторії слід регулярно чистити професійними прибиральниками.

Слід поповнити запаси предметів (наприклад, пластирів) в аптечці одразу після використання. Варто переконатися, що у завжди є запасні частини під рукою, і замовити їх заздалегідь, щоб переконатися, що вони завжди будуть у наявності.

Підлогу слід підмітати наприкінці кожного дня, щоб наступного дня на робочому місці було чисто й акуратно.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
						48
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі проведено теоретичний аналіз використання біоплато для очищення та доочищення стічних вод. Ця технологія базується на принципах природного фільтрування та біологічного розкладання забруднювачів за допомогою мікроорганізмів та водних рослин.

Біоплато є ефективним та екологічно безпечним методом очищення стічних вод, який знаходить широке застосування у різних сферах, включаючи очищення міських стічних вод, поверхневих стоків з доріг, промислових стічних вод та стічних вод з сільськогосподарських угідь.

Існують різні типи біоплато, які можуть бути адаптовані до конкретних умов та вимог. Поверхневі біоплато - очищення стічних вод відбувається шляхом їх протікання через шар водних рослин на поверхні фільтруючого шару. Цей тип біоплато зазвичай застосовується для очищення поверхневих стоків та дощових вод. Горизонтальні біоплато - вода протікає горизонтально через фільтруючий шар, що забезпечує тривалий контакт стічних вод з мікроорганізмами та рослинами. Вертикальні біоплато - вода протікає вертикально через фільтруючий шар, що дозволяє забезпечити високу ефективність очищення за рахунок максимального контакту стічних вод з біологічними агентами.

Переваги біоплато: екологічність (використання природних процесів для очищення води зменшує потребу у хімічних реагентах та мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище); ефективність (висока ефективність видалення широкого спектра забруднювачів, включаючи органічні сполуки, важкі метали, нафтопродукти та біогенні елементи); естетичність (біоплато може бути інтегровано у ландшафтні проекти, створюючи привабливі зелені зони); економічність (низькі експлуатаційні витрати порівняно з традиційними методами очищення стічних вод).

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

						OC-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			49

Негативні аспекти біоплато: площа (потреба у значних земельних площах для створення біоплато, що може бути проблематичним у міських умовах); час очищення (відносно тривалий час очищення стічних вод у порівнянні з механічними та хімічними методами); сезонність (ефективність біоплато може залежати від кліматичних умов, особливо у регіонах з холодним кліматом).

Проведено аналіз проблеми очищення стічних вод у Сумській області та можливості застосування технології біоплато для її вирішення. Для очищення стічних вод невеликих населених пунктів Сумської області з відсутніми очисними спорудами може бути застосована технологія біоплато, базуючись на існуючому досвіді роботи таких очисних споруд у Харківській області. Очисні споруди біоплато можуть здійснювати очистку не лише в теплі пори року, а й в зимовий період.

Проаналізовано можливість застосування біоплато для очищення господарсько-побутових стоків с. Сад. Визначено, що для облаштування біоплато може бути задіяна площа до 2,8 га. Враховуючи діапазон ефективності роботи очисних споруд, рівень забруднення річки-водоприймача стічними водами у разі застосування біоплато може бути суттєво знижений. У разі досягнення високої ефективності роботи очисної споруди рівень забруднення річки у місці скидання стічних вод може бути наближений до ГДК за показниками амонійного азоту і фосфатів, а за показниками БСК і ХСК може бути забезпечено досягнення значень менших за ГДК. Біоплато найбільш ефективно дозволяє знизити рівень органічного забруднення, який оцінюється за БСК і ХСК.

Охарактеризовано охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Хімічні підприємства відрізняються підвищеними ризиками для здоров'я працівників та навколишнього середовища через використання небезпечних хімічних речовин і складних технологічних процесів. Для забезпечення безпеки на таких підприємствах необхідно впроваджувати комплекс заходів з охорони праці та техніки безпеки, що включає: контроль над небезпечними речовинами; встановлення вентиляційних систем для видалення шкідливих речовин з робочої

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

						ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			50

зони; розробка планів дій на випадок аварійних ситуацій; Наявність системи оповіщення та екстреної евакуації; Встановлення та підтримка систем вентиляції та фільтрації для видалення шкідливих речовин з робочих зон. Автоматизація процесів для мінімізації контакту працівників з небезпечними речовинами. Використання технологій замкнутого циклу для зменшення викидів небезпечних речовин у навколишнє середовище.

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
						51
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Constructed wetlands. *US EPA*.
 URL: <https://www.epa.gov/wetlands/constructed-wetlands> (date of access: 27.05.2024).

2. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Wetlands*. 2014. No. 6. P. 5–18. URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_separate_files/WS_Chp6_Constructed_Wetlands.pdf (date of access: 27.05.2024).

3. Соколов Ю.Н., Плотницький Л.А., Стрюк Т.Ю., Дьяков О.А. Використання біоплато для зменшення біогенного забруднення водойм та водотоків. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2009, вип.7. С. 20-25.

4. Wu, H., Wang, R., Yan, P. *et al.* 2023. Constructed wetlands for pollution control. *Nat Rev Earth Envir* 4, 218–234. URL: <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00395-z>

5. Соколов Ю.Н., Плотницький Л.А., Стрюк Т.Ю., Дьяков О.А. Використання біоплато для зменшення біогенного забруднення водойм та водотоків. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2009, вип.7. С. 20-25.

6. Глибоке очищення води, очисні споруди біоплато, замовити, Київ, Україна. *НВП «Екопод», очисні споруди, очищення стічних вод, виробничих, комунальних, побутових, поверхневих, дощових, монтаж, пусконаладка, сервісне обслуговування.* URL: <http://ecopod.com.ua/ua/ochisni-sporudi/gliboke-ochishchennya-vodi.html> (дата звернення: 03.06.2024).

7. Рибалова О.В., Тімаков І. Р., Перегуда О. В. Очищення стічних вод з використанням методів фітореMediaції. The XIII International Scientific and

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			52

Practical Conference «Information and its impact on social processes», April 03 – 05, Florence, Italy. С. 292-296.

8. Станкевич В.В., Тарабарова С.Б., Береза А.Ю. Використання біоплато для доочищення стічних вод від малих населених пунктів. Гігієна населених місць. №65. 2015. С. 108-113.

9. Филипчук В.Л., Бондар О.І., Курилюк М.С., Айяа Анієфіок, Кривошей П.П., Курилюк О.М., Почтар О.В. Очищення води у фільтраційно-регенераційних біоплато. Вісник НУВГП. 2016. №2(74). С. 193-204.

10. Дорощенко В.В., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О., Уваєва О.І. Водопідготовка: навчальний посібник. / В.В. Дорощенко, І.Г. Коцюба, Т.О. Єльнікова, О.І. Уваєва. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. – 153 с.

11. Стольберг Ф. В., Ладиженський В. Н., Вергелес Ю. І., Іщенко А. В., Худяков. А. А. Використання очисних споруд біоплато для очищення міських стічних вод. Науково-технічний збірник. 2002. №36. С. 182-185.

12. Федорчук О. М. Біоплато в системі очищення поверхневих вод Рівненської області. Студентський вісник НУВГП. 2020. №2(4). С. 59-62.

13. Попова К. О., Циганенко-Дзюбенко І. Ю., Алпатова О. М., Луньова О. В. Сучасні методи захисту водних ресурсів. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”, 30 листопада 2022 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2022. С. 82-83.

14. Коробкіна К.М., Томчук Н.М. Застосування промислових відходів для очищення поверхневих стічних вод. Матеріали підсумкової науково-практичної конференції II туру Всеукраїнського конкурсу студ. наук. робіт зі спеціальності «Менеджмент», спеціалізації «Менеджмент природоохоронної діяльності»; Одеський державний екологічний університет. Одеса: ОДЕКУ, 2020. С. 28-31.

15. Біоплато. *Природоорієнтовані рішення - Платформа WWF Україна*. URL: <https://nbs.wwf.ua/solutions/bioplato/> (дата звернення: 03.06.2024).

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

					ОС-01-1 21510005		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			53

16. Дмитрієва О. О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України: моногр. – Київ: РВПС України НАН України. – 2008. – 459 с.

17. Дмитрієва О. О., Мельнік Л. В., Плітень О. А., Цапко Н. С., Лисов Б. в. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу за темою: «Обґрунтування використання технологій фітореMediaції для очищення стічних вод населених пунктів, розташованих на евтрофних водних об'єктах». Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Харків, 2021. 333 с.

18. Крайнюков О.М., Кузьміна І.С. Використання споруд біоплато задля очистки стічних вод малих населених пунктів. Молодий вчений. 2019. №7(71). С. 153-160.

19. Вирожемський В. К., Юрченко В. О., Бригада О. В., Коротченко М. В. Проблема забруднення придорожного простору та схеми відведення та очищення стоків з автомобільних доріг і штучних споруд. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - 2012. - Вип. 83. С. 22-29.

20. Чирков М.О., Мельнікова О.Г. Характеристика очищення поверхневого стоку з територій автомобільних доріг від нафтопродуктів. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України» ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2–3 листопада 2023 р. С. 307-309.

21. Мадж С. М. Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі. Наукоємні технології. 2016. №2 (30). С. 228-231.

22. Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л. Шляхи оптимізації промислового водокористування. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2015. №3(71). С. 25-33.

23. Трофімов Я. О., Саблій Л.А. Використання вищих водних рослин для очищення стічних вод від іонних домішок. Матеріали VII Міжнародної науково-

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

практичної конференції «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти» (25-26 листопада 2021 р., м. Київ, Україна). С. 196-197.

24. Романчук Л. Д. Перспективи використання вищих водних рослин для доочищення стічних вод комунальних підприємств / Л. Д. Романчук, Т. П. Федонюк, В. М. Пазич // Наукові читання – 2017 : наук.-теорет. зб. / ЖНАЕУ, Наук.-інновац. ін-т екології та лісу. – Житомир : ЖНАЕУ, 2017. – С. 168–172.

25. Рибалова О.В., Бригада О.В., Ільїнський О.В., Бондаренко О.О., Золотарьова С.О. Методи фіторемедіації для очищення стічних вод. Danish Scientific Journal No41, 2020. С. 10-12.

26. Дараганова Н.В. Управління охороною праці: правове забезпечення : монографія / Н.В. Дараганова. – Київ : Київ. нац. торг. екон. ун-т, 2018. – 480 с.

27. Омелянов О.М. Безпека праці та життєдіяльності: навч. посіб. / О. М. Омелянов, А. В. Спирін, І. В. Твердохліб; Вінн. нац. аграр. ун-т. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 334 с.

28. Полетаєв В. П. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів») : навчальний посібник / В. П. Полетаєв, О. А. Крюковська / під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. — 363 с

29. Рибалова О. В. Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр». / Укладач: О.В. Рибалова. – Х: НУЦЗУ, 2016. - 530 с.

30. Абракітов В. Е. Охорона праці в галузі та цивільний захист : конспект лекцій для студентів 1 (5) курсу усіх форм навчання спеціальності 101 – Екологія спеціалізація (освітня програма) «Екологія міст»; / В. Е. Абракітов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 105 с.

31. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2022 року. – Суми: Сумська обласна адміністрація, Департамент захисту довкілля та енергетики, 2022. – 163 с.

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

					ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		
					55	

32. Перші кроки до оздоровлення річки сумка. *Головна сторінка*.
 URL: <https://www.pek.sm.gov.ua/index.php/uk/1021-pershi-kroki-do-ozdorovlennya-richki-sumka> (дата звернення: 03.06.2024).

33. Косівщинське водосховище. Історія багаторічного людського недбальства. *Державна екологічна інспекція у Сумській області*.
 URL: https://deisumy.gov.ua/?p=1659&fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMТAAAR05_dKoAHSBRqvOfmAaqCK6soFzvTEetAxxZtRExDPC3IOhcUhAflfxKr4_aem_AffHZYhPiieECKDmM4wzK0u7dHj3jLUbUO7_yWLjxBLq5akFDA1aQxQytPd3XBFD6k9PoeFDRSQPoT6Y1qFWTY5f (дата звернення: 03.06.2024).

34. Біологічна водойма. *Вікіпедія*.
 URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Біологічна_водойма (дата звернення: 03.06.2024).

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС-01-1 21510005	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		56