

**Міністерство освіти і науки України Дніпро**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

---

---

**Навчально-науковий інститут природокористування**  
**Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра**

студентки Денисюк Анастасії Анатоліївни  
(ПІБ)

академічної групи 101-19СК-1П  
(шифр)

спеціальності 101 «Екологія»  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Екологія»  
(офіційна назва)

на тему: **«Удосконалення технології очистки шахтних вод вугледобувного підприємства»**  
(назва за наказом ректора)

<b>Керівники</b>	<b>Прізвище, ініціали</b>	<b>Оцінка</b>	<b>Підпис</b>
кваліфікаційної роботи	доц. Матухно О.В.		
<b>розділів:</b>			
Теоретичного	доц. Матухно О.В.	75	
Практичного	доц. Матухно О.В.	75	
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.	80	
<b>Рецензент</b>	доц. Чушкіна І.В.	80	
<b>Нормоконтролер</b>	ас. Грунтова В.Ю.		

**Дніпро**  
**2022**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

---



---

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
 завідувачка кафедри ЕТЗНС

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**

студентці Денисюк А.А. академічної групи 101-19ск-1П

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності – 101 «Екологія»

за освітньо-професійною програмою – Екологія

на тему: **«Удосконалення технології очистки шахтних вод вугледобувного підприємства»**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 03.05.2022 № 233-с.

	<b>Розділ</b>	<b>Зміст</b>	<b>Термін виконання</b>
1	Теоретичний	Охарактеризувати вплив процесу видобутку вугілля на стан водних об'єктів.	20.04.2022
2	Практичний	Оцінити вплив шахтних вод на рівень забрудненості поверхневих водойм. Розробити заходи з підвищення ефективності очищення шахтних вод.	27.05.2022
3	Охорона праці	Розробити комплекс заходів, що забезпечують безпечні умови спорудження та експлуатації біоінженерних споруд.	03.06.2022

Завдання видано

\_\_\_\_\_ (підпис керівника)

Матухно.О.В

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 02.05.2022р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 22.06.2022р.

Прийнято до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Денисюк.А.А

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 стор., 10 рис., 12 таблиць, 41 літ. дж., 2 додатки.

**Мета роботи:** оцінка ступеню впливу і розробка комплексу заходів щодо зниження негативного впливу шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» на стан водних об'єктів.

У вступі проаналізовано стан проблеми і конкретизовано завдання на дипломну роботу.

У теоретичному розділі проаналізовано дію вуглевидобувних підприємств на рівень забруднення і екологічний стан поверхневих водойм Західного Донбасу. Проаналізовано хімічний склад шахтних вод в ставках-накопичувачах.

У практичному розділі запропоновано комплекс природоохоронних заходів спрямованих на зменшення забруднення поверхневих водних об'єктів Західного Донбасу шляхом створення біоінженерних споруд.

У розділі «Охорона праці» розглянуті вимоги по безпечному проведенню робіт по будівництву і експлуатації біоінженерних споруд.

У висновках наведені основні результати виконаної роботи.

СТАВКИ НАКОПИЧУВАЧІ, ШАХТНІ ВОДИ, СКИДАННЯ ШАХТНИХ ВОД,  
ПОВЕРХНЕВІ ВОДОЙМИ, ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД, БІОІНЖЕНЕРНІ  
СПОРУДИ, ВИЩІ ВОДНІ РОСЛИНИ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ І ВПЛИВУ НА НИХ ПРОЦЕСІВ ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ.....	5
1.1 Характеристика джерел забруднення поверхневих водім Західного Донбасу.....	5
1.2 Характеристика шахти «Павлоградська».....	8
1.3 Загальна характеристика технологічного процесу здобичі і збагачення вугілля.....	10
1.4 Водопостачання і водовідведення ш. «Павлоградська».....	12
1.4.1 Водопостачання ш. «Павлоградська».....	12
1.4.2 Водовідведення ш. «Павлоградська».....	15
1.4.3 Характеристика хімічного складу шахтних вод ш. «Павлоградська».....	17
1.5 Види впливу шахти на водне середовище.....	19
1.5.1 Вплив на поверхневі води.....	21
1.5.2 Підземні води.....	24
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ.....	29
2.1 Досвід використання вищих рослин для очищення шахтних вод.....	29
2.2 Обґрунтування прийнятих рішень.....	
	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Технологія посадки і утилізації вищих водних рослин (ВВР).....	44
2.4 Оцінка ефективності технологічного рішення.....	48
2.5 Організація робіт по здійсненню проекту.....	56
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
3.1 Охорона праці при будівництві біоінженерних споруд.....	58
3.2 Охорона праці в ході експлуатації БІС.....	66
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
Додаток А Відгук керівника на кваліфікаційну роботу бакалавра.....	78
Додаток Б Зовнішня рецензія.....	79
Додаток В Довідка про результати перевірки на присутність запозичень.....	80
Додаток Г Відгуки керівника розділу з ОП та нормоконтролера.....	81



## ВСТУП

**Актуальність теми.** На Західному Донбасі, внаслідок скидання шахтних вод у відкриті водойми і інфільтраційних витрат забруднених вод із ставків-накопичувачів, відбувається постійне забруднення річки Самари і її припливів. Головними джерелами забруднення поверхневих водойм є ставки-накопичувачі у балках Косьміна, Тараново і Свидівок з яких поступають мінералізовані шахтні води. Крім того, на якість води впливають надзвичайно забруднені донні відкладення, які за певних умов можуть стати джерелами вторинного забруднення поверхневих водойм важкими металами, органічними сполуками, нафтопродуктами і іншими забрудниками.

Гірничодобувні підприємства систематично забруднюють підземні води, і практично не очищаючи їх, скидають в поверхневі водойми. Стічні води підприємств вугільної промисловості посилюють екологічну дестабілізацію гідросфери. Відповідно до ст. 72 Водного кодексу України підприємства, що викачують з надр шахтні води, зобов'язані впроваджувати ефективні технології, які забезпечують зниження рівня їх забруднення перед скиданням у водні об'єкти.

**Мета роботи** – розробка заходів, що спрямовані на підвищення ефективності очищення шахтних вод в умовах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

### **Завдання роботи :**

1. Провести аналіз екологічної ситуації на підприємстві і встановити його вплив на рівні забруднення поверхневих водойм Західного Донбасу.
2. Провести аналіз ефективності очищення шахтних вод в умовах шахти Павлоградська ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».
3. Здійснити аналіз існуючих способів очищення шахтних вод.
4. Обґрунтувати можливість використання біоінженерних споруд для зниження негативного впливу процесу вуглевидобування на водні об'єкти.

**Практичне значення роботи** полягає у розробці пропозицій з удосконалення технологій очистки шахтних вод вугледобувних підприємств.

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ І ВПЛИВУ НА НИХ ПРОЦЕСІВ ВУГЛЕВИДОБУВАННЯ

### 1.1 Характеристика джерел забруднення поверхневих водойм Західного Донбасу

Західний Донбас, будучи складовою частиною Великого Донбасу, тягнеться смугою від ст. Межова - на сході до р. Псел – на заході загальною довжиною 250 км і шириною 40–50 км. [1–3]. Цей вугільний район набуває особливо важливого значення у зв'язку з розташуванням його поблизу великих промислових центрів металургії: м. Дніпро, Кам'янське, Кривого Рогу та ін.

Загальна площа басейну складає близько 10 тис. м. кв. Західна межа проведена по р. Ворсклі. На сході ця площа примикає до Червоноармійського гірничопромислового району Донбасу, а на півдні басейн обмежений виходами під мезо-кайнозойський відкладення нижневизейських і турнейських вапняків. Північна межа проведена умовно по проекції изогипсы мінус 1600 м. і пласта №2.

По особливостях геологічної будови, мірі вугленосності і іншим ознакам Західний Донбас розділений на п'ять районів: Західно-Павлоградський, Павлоградсько-Петропавлівський, Новомосковський, Лозовський і Петриківський.

Дана площа Західного Донбасу розташована в межах степових районів України, у басейнах річок Самари, Тернівки, Вовчої. Дана територія входить в степову область Придніпровської лівобережної низовини. Рельєф площі представлено слабо горбистою рівниною, що поступово знижується зі сходу на захід у бік р. Дніпро. Середній барометричний тиск 755,2 мм рт. ст.

Клімат території відносять до помірно-континентального типу. Клімат помірний, з добре вираженими терміном року. Зима порівняно малосніжна, тривале тепле літо. Температура найтеплішого місяця (липня) складає +28,6°C тепла, найхолоднішого місяця (січня) –5,8 °C морозу. Пануючі вітри східного і

південно-західного напрямів. Середньорічна кількість опадів складає 446 мм. Середня потужність приземних інверсій за рік складає 0,34 км вночі і 0,24 км вдень, інтенсивність 3,1°C вночі і 0,5°C вдень.

Для території характерні суховії, які проявляються майже щорічно, але різною мірою. Річний радіаційний баланс території позитивний і складає 42 ккал/см<sup>2</sup>. Ґрунтовий покрив території досить різноманітний. Правобережні схили зайняті чорноземами звичайними, слабо або середньо еродованими, місцями слабо солоні на лісо видних суглинках.

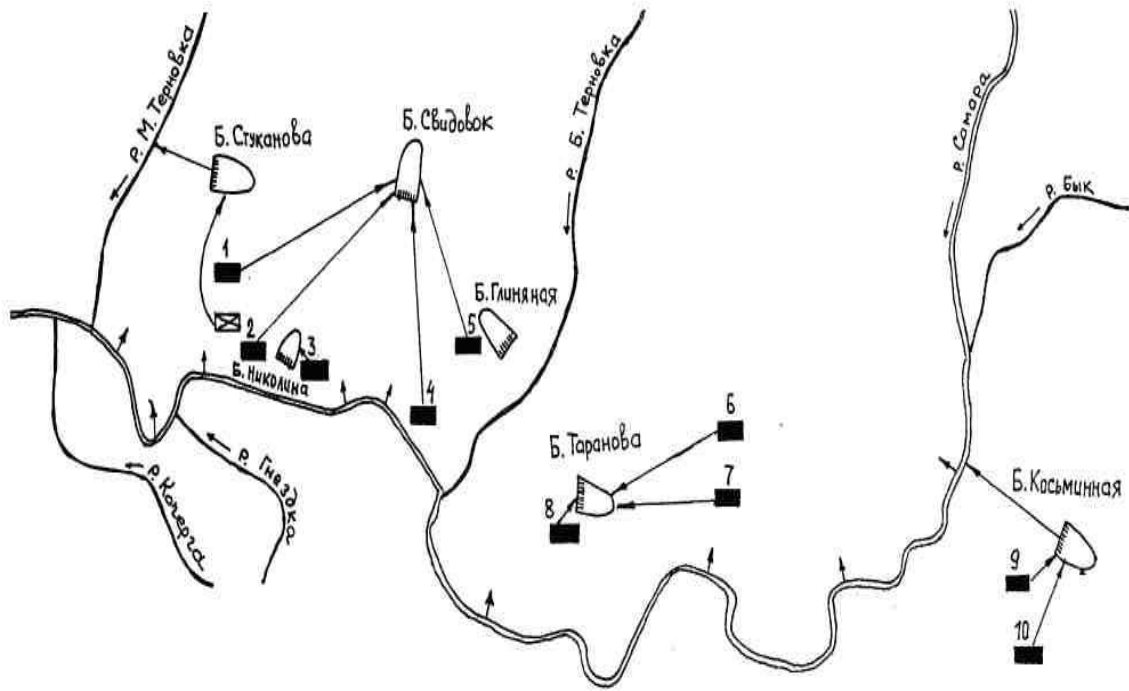
У Західному Донбасі, внаслідок скидання шахтних вод у відкриті водойми і інфільтраційних втрат забруднених вод із ставків-накопичувачів, відбувається постійне забруднення річки Самари і її приток. Схема скидання шахтних вод Західно-донбаського регіону, з вказівкою діючих шахт і ставків-накопичувачів подана на рис. 1.1.

Головними джерелами забруднення поверхневих водойм на території Західно-донбаського регіону є ставки-накопичувачі шахтних вод, розташовані у балках Косьмінна, Таранова і Свидівок, куди поступають мінералізовані шахтні води. У ставок-накопичувач шахтних вод, розташований на полі шахти «Ювілейна» у балці Косьміна, введений в експлуатацію в 1967 році, поступають слабо мінералізовані води шахт «Степова» і «Ювілейна». Мінералізація води в ставку з 1995 року практично не змінюється і не перевищує 2,77 г/л.

Ставок-накопичувач у балці Таранова розташований на полі шахти «Самарська». Він зданий в експлуатацію в 1972 році для накопичення відкачування на поверхню води шахт «Дніпровська», імені «Сташкова» і «Самарська». Накопичувач шахтних вод, розташований у балці Свидівок введено в експлуатацію у кінці 1983 року для акумуляції води шахт імені «Героїв Космосу», «Терновська», «Благодатна», «Павлоградська» і «Західно-донбаська».

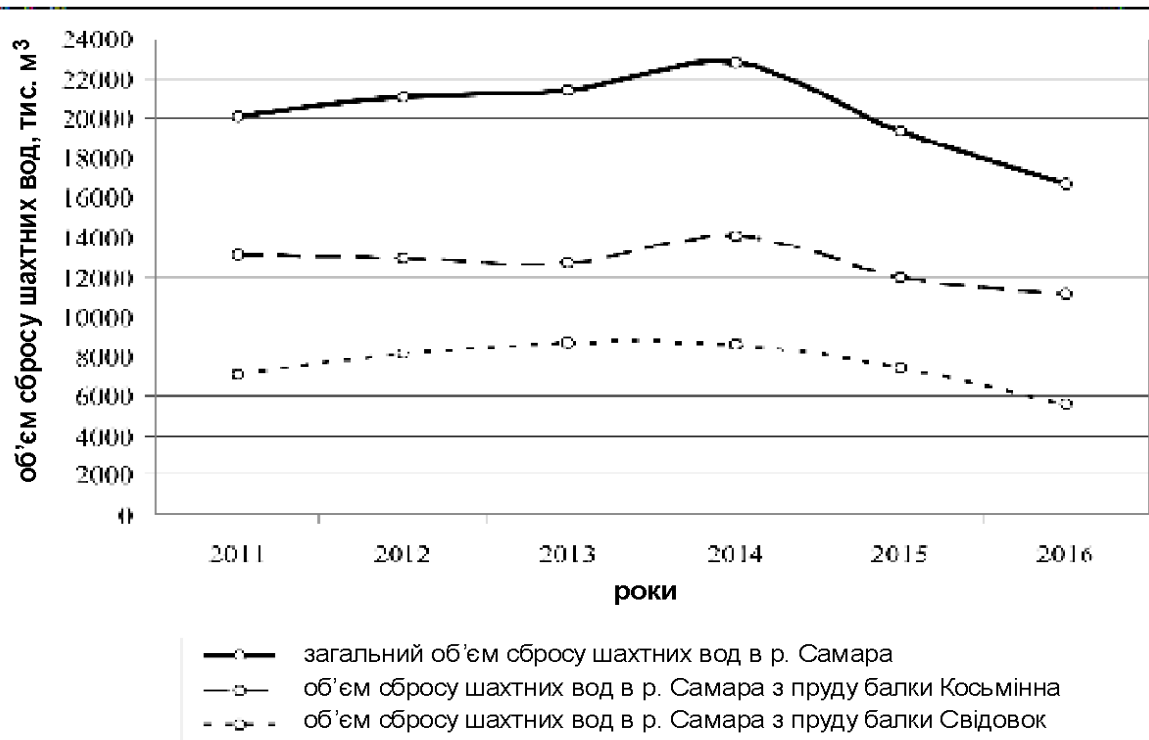
З початку експлуатації в нього поступило більше 50 млн. м<sup>3</sup> вод. З 1990 року в ставок-накопичувач «Свидівок» здійснюється перекачування шахтних вод із ставка у балці Таранова з подальшим скиданням в р. Самару (рис. 1.2).





1 – шахта імені «Героїв космосу»; 2 – шахта «Благодатна»; 3 – шахта «Павлоградська»; 4 – шахта «Західно-донбаська»; 5 – шахта «Терновська»; 6 – шахта «Дніпровська»; 7 – шахта ім. «Шашкова»; 8 – шахта «Самарська»; 9 – шахта «Степова»; 10 – шахта «Ювілейна»

**Рисунок 1.1 – Схема скидання шахтних вод Західного Донбасу**



**Рисунок 1.2 – Графік скиду шахтних вод в р. Самара**

Нині в Західному Донбасі знаходиться в експлуатації 9 шахт загальною потужністю 10,8 млн. т вугілля в рік: «Степова», «Ювілейна», «Павлоградська», «Благодатна», «Західно-донбаська», «Самарська», «ім. Героїв Космосу», «Дніпровська», «ім. Н. І. Сташкова».

Видобуте вугілля використовується для енергетичних цілей і в якості добавки в шихту для отримання металургійного коксу. Якість вугілля, що видобувається, в Західному Донбасі не дозволяє ефективно їх використати в народному господарстві без збагачення. Західний Донбас характеризується широко розвиненою гідрографічною мережею: р. Самара і її притоки, Велика і Мала Тернівка, Вовчий та ін.

Живлення річок відбувається дощовими і талими водами, а також за рахунок розвантаження ґрунтових і артезіанських вод. Під заплавами р. Самара зайняте 35 % вугленосні площі. Води р. Самара відрізняються підвищеною мінералізацією і жорсткістю. Характерною для поверхневих вод є неоднорідність хімічного складу.

На території Західного Донбасу виділяється більше десяти водоносних горизонтів і комплексів, приурочених до осадових і кристалічних порід. Найбільш витриманий по площі і в розрізі горизонт алювіальних відкладень в долинах р. Вовчої, Самари, Дніпра і низових, прилеглих до них великих балок.

## **1.2 Характеристика шахти «Павлоградська»**

Шахта «Павлоградська» була введена в експлуатацію в 1968 році для розробки пластів С9, С8Н, С7Н, С6, С5, С4 і С1 з проектною потужністю 1200 тис.т вугілля в рік, яка була освоєна в 1977 році. У подальші роки шахта працювала дуже стійко, максимальної здобичі досягла в 1997 році з об'ємом 1530 тис.т вугілля за 353 робочих дня, яка в перерахунку на 100 робочих днів склала 1300 тис.т в рік. Річна здобич шахти останніми роками, знаходилася в межах від 1100 тис.т (1994 рік) до 1530 тис.т (1997 рік) за 353–354 робочих дня при встановленою виробничою потужністю 110 тис.т. [3–4].

При цьому слід зазначити, що в 1991-1993 роках видобуток вугілля знижувався з 1106 до 972 тис. т. Головною причиною погіршення роботи шахти в цей період склалася в нашій країні і на шахті складна економічна обстановка.

У гірничо-промисловому відношенні шахта підпорядкована ПАТ «ДТЕК-Павлоградвугілля». Поля діючої шахти "Павлоградська" відносяться до Західного вугленосного району Донецького басейну і по адміністративному діленню входить до складу Павлоградського району Дніпропетровської області мал. 1.3. Пласти С6Н і С7Н вже відпрацьовані. Нині здійснюється розробка пластів С6, С5 і С4. Розробка пластів С6 і С5 здійснюється довгими стовпами по повстанню з проведенням вийминних штреків вприсічку до раніше пройдених і погашених. Технологія видобутку вугілля на шахті не вимагає отримання спеціальної сировини, призначеної для подальшого використання його в процесі здобичі [3–4].

Балансові запаси вугілля в затверджених межах шахтного поля складають 49,7 млн. т. Промислові запаси по чистих вугільних пачках складають 33,1 млн. т. і товарного 48,7 млн. т., у тому числі за Південно-Терновським - 10,7 і 15,6 млн. т. Рентабельність шахти складає 50 років [3].

Матеріально-технічне постачання шахти зовнішніми постачальниками здійснюється по існуючих зв'язках ПАТ «ДТЕК-Павлоградвугілля» [3].

Джерелом електроенергії є районна підстанція «Павлоградська - 330 кВ» системи «Дніпроенерго», що розташована в 6 км. від шахти. На проммайданчику шахти споруджена підстанція 35,6 кВ глибокого введення. Джерелом забезпечення шахти теплової енергії є котельня, розташована на проммайданчику шахти і обладнана двома паровими котлами ДКВР 6,5–13 з розрахунковою теплопродуктивністю 11,64 Гкал/ч. Для забезпечення теплом калориферної повітря падаючої свердловини передбачається будівництво газоповітряної нагрівальної установки. Джерелом господарсько-питного і протипожежного водопостачання шахти є Вербський водозабір, який в перспективі отримує воду від районного водовода Дніпро – Західний Донбас. Витрата води складає 1630 м<sup>3</sup>/доб. [3].



**Рисунок 1.3 - Схема району розташування ш. «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК-Павлоградвугілля»**

У 10 км. на захід від шахти проходить залізнична магістраль Лозова-Павлоград-Синельникове, 7 км на південь проходить залізнична магістраль Павлоград-Червоноармійськ. Найближче до шахти населені пункти с. Тернівка, м. Павлоград, Вербки. Найближчими промисловими підприємствами є ш. «Терновская», ш. ім. «Героїв Космосу», ш. «Благодатна», ш. «Західно-донбаська». Робітники шахт мешкають в м. Павлограді, с. Тернівка, а також в навколишніх селах. Загальна чисельність трудящих ш. «Павлоградська» складає 2637 чоловік [3].

### **1.3 Загальна характеристика технологічного процесу здобичі і збагачення вугілля**

По особливостях геологічної будови, мірі вугленості і іншим ознакам Західний Донбас розділений на 5 районів: Західно-Павлоградський, Павлоградсько-Петропавлівський, Новомосковський, Лозовський і Петриківський.

У геологічній будові Західного Донбасу бере участь потужний комплекс палеозойських, мезозойських і кайнозойських осадових утворень, що залягають з перервою на кристалічних породах північного схилу Українського щита.

Характерними особливостями геологічної будови Західного Донбасу є наявність потужних (від 30 до 400 м) наносів, відносно низької і нерівномірної промислової вугленості. В межах геологорозвідувальних ділянок промисловий інтерес представляють від 3-4 до 8-10 пластів. Пласти залягають на глибині 200-700 м.

Балансові запаси вугілля в Західному Донбасі оцінюються в 25 млрд. т, з них близько 35 % залягає під заплавами р. Самари і її приток. Запаси вугілля відпрацьовуються за існуючою прогресивною технологією лавами з механізованими комплексами і повним обваленням покрівлі.

В цілому технологічний процес здобичі і збагачення вугілля включає наступні операції:

- руйнування гірських порід для утворення гірського вироблення;
- руйнування здійснюється вибуховим способом (застосовуються такі вибухові речовини, як амоніт, вугленіт та ін.), а також комбайнами 4ПП-2М;
- видобуток вугілля механізованими комплексами. Видобуте вугілля за допомогою конвеєрів, а порода у вагонах за допомогою електровозів, доставляються до головного ствола, а потім скіпаси піднімаються на поверхню.

Порода вантажними автомобілями доставляється на відвали, розташовані поблизу кожної шахти.

На поверхні вугілля конвеєрами вантажиться у вагони. У районі розташування вугільних підприємств об'єднання «Павлоградвугілля» проходять електрифіковані залізничні лінії Придніпровської залізниці МТ України. Потім вугілля доставляється по залізниці споживачеві (електростанції, металургійні підприємства та ін.).

Для підвищення якості вугілля, що видобувається, застосовують механічне збагачення. Воно робиться на Павлоградській Центральній збагачувальній фабриці №1 (ПЦЗФ№1). На ПЦЗ ОФ №1 вугілля доставляється по залізниці, а з шахт «Благодатна» і ім. «Героїв космосу» – за допомогою конвеєрів. Після збагачення вугілля також вирушає споживачеві, а порода відноситься на відвал, розташований зблизька ЦЗФ.

Встановлено, що прийнята в сьогоднішній технології здобичі вугілля викликає інтенсивну дію на довкілля, у тому числі і на гідрохімічний режим поверхневих, підземних і шахтних вод.

Води, що скидаються, мають хлоридно-натрієвий склад. 35% з них мають мінералізацію до 3 г/л; 15% – від 20 до 30 г/л.

Утворення шахтних вод в умовах Західного Донбасу відбувається відповідно до схем формування водо припливів. Основних схем встановлено дві.

Перша характерна для шахт, де вугільні пласти виходять під водоносні горизонти мезо кайнозой, мають з ними активний гідравлічний зв'язок (шахти «Ювілейна», «Степова»). Тут утворюються води низької мінералізації (2-5 г/л). Друга група характерна для шахт Центральної групи, де вугільні пласти внаслідок обмеження їх скидання ми не мають виходу під водоносні горизонти мезо кайнозой (ш. «Тернівська», «Павлоградська», «Благодатна» та ін.).

Водовідлив з шахт викликає значне зниження рівнів вод, погіршує умови водопостачання прилеглих селищ і роботу водозаборів. Накопичення мінералізованих шахтних вод в ставках-накопичувачах, куди вони поступають за допомогою насосів з гірських вироблень, веде до засолення земель, хіміко-бактеріологічного забруднення водоносних горизонтів.

Нині функціонують 4 ставків-накопичувачів шахтних вод з мінералізацією в східній частині Петропавлівського району 2,2–2,5 г/л, в західній – 8,7–21,3 г/л.

#### **1.4 Водопостачання і водовідведення ш. «Павлоградська»**

##### **1.4.1 Водопостачання ш. «Павлоградська»**

Джерелом госпспитного і протипожежного водопостачання є Павлоградський водозабір, який в перспективі отримує воду від водовід Дніпро - Західний Донбас. Витрата питної води складає 687 м<sup>3</sup>/доб. Споживачами є душові установки, пральня, їдальня, котельня.

Джерелом технічного водопостачання основного проммайданчику є шахтна вода, очищена від бактеріологічного і механічного забруднень. Витрата

води складає 1084 м<sup>3</sup>/доб. Споживачами є: комплексне знепилювання і протипожежне водопостачання гірських вироблень, гасіння шлаку в котельній і промвентиляція. В процесі експлуатації шахти утворюються наступні види стоків: побутові, дощові, шахтні [3, 4].

Побутові стоки, у кількості 461 м<sup>3</sup>/доб, від основного проммайданчику по напірному колектору спрямовуються в групову насосну станцію перекачування побутових стоків і далі перекачуються на очисні споруди повного біологічного очищення м. Павлограду, де очищаються спільно з міськими стоками.

Дощові стоки по спланованій поверхні основного проммайданчику відводяться в резервуари № 1 і 2, місткість яких розрахована на 20-хв акумуляцію бруднішої частини стоків. З резервуарів дощові стоки перекачуються у відстійник шахтних вод для спільного їх очищення і спрямовуються далі з проммайданчику за схемою відведення шахтних вод (рис. 1.4).

Уся шахтна вода видається на поверхню основного проммайданчику у кількості 11280 м<sup>3</sup>/доб. при нормальному припливі і 11280 м<sup>3</sup>/доб. при максимальному припливі. Видана на поверхню шахтна вода поступає в контактний відстійник, розташований на основному проммайданчику, де знезаражується рідким хлором.

Частина шахтної води у кількості 1084 м<sup>3</sup>/доб використовується на виробничі потреби шахти, а та, що залишилася перекачується в ставок у балці Свидівок для повного висвітлення перед скиданням в річку Самара. Ставок має місткість 5,3 млн м<sup>3</sup> і є загальним для павлоградської групи шахт. Для уловлювання нафтопродуктів у відстійнику шахтних вод передбачено пристрій нафто накопичувача [3].

Аналіз господарсько-фекальної води за фізико-хімічними показниками на шахті «Павлоградська» представлено в табл. 1.1.





присутніми наступні забруднюючі речовини: зважені речовини, в кількостях, що перевищують ГДК в 5 разів; нафтопродукти – в 3–4 рази, що перевищують гранично допустиму норму; фосфати – в 6 разів; азот амонійний – в 2–5 разів і залізо загальне – в 4–23 раз.

Що стосується змісту хлоридів і сульфатів в побутових водах шахти, то їх концентрація не перевищує норму, а отже і мінералізація буде на рівні ГДК.

Розрахункова кількість виробничих стоків складає 990 м<sup>3</sup>. Розрахункова кількість зливових стоків складає 0,2 м<sup>3</sup>. Фізико-хімічний склад зливових вод наступний (таблиця. 1.2).

Таблиця 1.2 – Аналіз зливових вод за фізико-хімічними показниками за 2022р.

Показники	Вміст	ГДК, мг/л
рН	8	6,5-8,5
Зважені речовини, мг/л	650	50,0
Нафтопродукти, мг/л	20	0,3
Сухий залишок, мг/л	2220	1000

Ці таблиці показують, що по трьом показникам, окрім рН, спостерігається перевищення ГДК. У зливових стоках міститься велика кількість зважених речовин. Їх зміст в 13 разів вище за гранично допустиму норму. Зміст нафтопродуктів перевищує ГДК в 67 разів.

#### 1.4.2 Водовідведення ш. «Павлоградська»

В процесі експлуатації ш. «Павлоградська» утворюються наступні види стоків: побутові, виробничі, шахтні і злизові.

Побутові стоки у кількості 461,0 м<sup>3</sup>/доб від основного проммайданчику по напірному колектору спрямовуються в групову насосну станцію перекачування побутових стоків і далі перекачуються на очисні споруди повного біологічного очищення м. Павлограду, де очищаються спільно з міськими стоками. Вивезення побутових стоків здійснюється періодично повного біологічного очищення м.

Павлограду.

Виробничі стоки перекачуються у відстійник шахтних вод, де очищаються, хлоруються і разом з шахтними водами спрямовуються в ставок у б. Свидівок.

Уся шахтна вода видається на поверхню основного проммайданчику у кількості 11280 м<sup>3</sup>/доб при нормальному припливі і 12000 м<sup>3</sup>/доб при максимальному припливі. Вона поступає в контактний відстійник, де здійснюються видалення зважених речовин і нафтопродуктів і знезараження хлором і скидається в ставок-акумулятор шахтних вод, розташований у б. Свидівок. Ставок місткістю 5,3 млн.м<sup>3</sup> є загальним для павлоградської групи шахт. Закумульовані в ставку шахтні води освітлюються і після розбавлення поверхневим стоком скидається в р. Самару. Експлуатація ставка нині робиться відповідно до «Регламенту на відведення шахтних вод з накопичувача у б. Свидівок в р. Самару», розробленим Українським науковим центром по охороні вод і погодженим Держуправлінням екобезпеки по Дніпропетровській області від 29.03.1996 г. Міра очищення шахтних вод в ставку - акумуляторі по зважених речовинах і нафтопродуктах задовольняє вимогам «Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами», проте, при цьому не вирішуються питання очищення води від розчинених солей (демінералізація) не відпрацьована в промислових умовах, вимагає значних капітальних і експлуатаційних витрат.

Дощові стоки по спланованій поверхні основного проммайданчику відводяться в резервуари № 1 і 2, місткість яких розрахована на 20-хвилинну акумуляцію бруднішої частини стоків. З резервуарів дощові стоки перекачуються у відстійник шахтних вод для спільного їх очищення і спрямовуються далі з проммайданчику за схемою відведення шахтних вод.

Дощові стоки проммайданчику повітропадаючої свердловини також відводяться в резервуар. З резервуару вони перекачуються на локальні очисні споруди, де очищаються до необхідних норм перед скиданням в довкілля спільно з дощовими водами прилеглої території.

Джерелом забруднення зливових і талих вод на пром. майданчиках шахти

є пункти вантаження породи і вугілля, існуючі відвали. Для запобігання забрудненню земель, прилеглих до відвалів, а також поверхневих вод передбачається уловлювання і очищення зливових стоків з території відвалів.

Системою водовідвідних каналів стоки з відвалів спрямовуються в ставок-відстійник зливових вод для очищення від механічних домішок. Очищені атмосферні опади скидаються в знижені місця рельєфу.

Злизова каналізація здійснюється плануванням поверхні проммайданчику і скиданням зливових вод в резервуари №1 і №2 насосами місткістю 150 і 100 м<sup>3</sup> відповідно. Місткість резервуарів розрахована на 20-хвилинну акумуляцію бруднішої частини стоків. З резервуарів злизові стоки перекачуються у відстійник високомінералізованих шахтних вод, де відбувається контакт з хлором і далі після знезараження спільно з шахтними водами відводяться в ставок-освітлювач у б. Свидівок.

### **1.4.3 Характеристика хімічного складу шахтних вод ш. «Павлоградська»**

В процесі ведення підземних гірських робіт в товщі породних масивів утворюються порожнечі, які розташовані під відносними горизонтами. По природних тріщинах, утворених внаслідок зрушення порід, вода дренує в підземні гірські вироблення. Величина припливу води в шахти залежить від гідрогеологічних, кліматичних, гідрографічних умов родовища, а також від систем розкриття, підготовки і технології обробки.

Усі води, проникаючі у вироблений простір шахти, називаються шахтними водами. Забруднення шахтних вод поділяються на мінеральні, органічні і бактеріальні. До мінеральних забруднень відносяться піщані і глинисті частки, мінеральні включення вугілля, інертний пил, а також розчинені солі, що містяться в шахтних водах, луги і кислоти.

Органічні забруднення представлені частками чистого вугілля, мінеральними оліями, вживаними для мащення гірських машин і механізмів,

продуктами життєдіяльності живих організмів, розкладання деревини, основною складовою частиною яких є органічний вуглець.

Бактеріальні забруднення шахтних вод представлені різними мікроорганізмами, серед яких найбільш поширені плісняві гриби, мікроби кишкової групи. На шахтах для очищення промислових стічних вод функціонують, в основному, відстійники і ставки-освітлювачі.

Ефективність роботи очисних споруд визначається за результатами щомісячних коротких і повних хімічних аналізів. При короткому хімічному аналізі визначається температура води, прозорість, запах, кількість зважених речовин, водневий показник (рН), загальна лужність і жорсткість, окислюваність, наявність кальцію, магнію і нафтопродуктів.

Повним хімічним аналізом додатково визначається наявність у воді хлоридів, сульфатів, заліза загального, нітриту, нітратів, азоту амонійного, сухого залишку при температурі 110 °С, біохімічної потреби в кисні (БПК) і фосфатів. Аналіз фізико-хімічного складу шахтних вод шахти «Павлоградська» надано в табл. 1.3.

Ці таблиці свідчать про те, що в шахтних водах міститься велика кількість зважених речовин (їх концентрація перевищує ГДК в 4 рази), заліза – перевищення складає 3-4 ГДК, нафтопродуктів - в 5 разів, фосфатів - в 2-5 разів. Зміст хлоридів в шахтних водах також не відповідає нормативу і перевищує ГДК в середньому в 3 рази. Концентрація сульфатів знаходиться в нормі. Показник БПК-повне в 2 рази перевищує гранично-допустиму норму. Мінералізація шахтних вод складає 2,0-2,3 г/л, що в 2 рази вище за ГДК.

Зміст різних мікрокомпонентів в шахтних водах показаний в таблиці. 1.4.

Як видно, в шахтних водах є присутніми в концентраціях, що перевищують ГДК, наступні важкі метали : залізо - 10,6 ГДК, нікель - 2,2 ГДК, кадмій - 15 ГДК. Концентрація свинцю знаходиться поки що на рівні ГДК.

Таблиця 1.3 – Аналіз шахтних вод за фізико-хімічними показниками, 2022 р.

Показники	30.03.22		20.09.22		18.11.22		ГДК
	до очищення	після очищення	до очищення	після очищення	до очищення	після очищення	
1	2	3	4	5	6	7	8
Температура, °С	17	16,5	21,0	21,5	12,5	12,0	
Колірність, град	15	15	5	5	5	5	
Запах, бал	3	3	3	3	2	2	
Прозорість, см	0	0	0	0	0	0	30
pH	7,19	8,05	7,1	7,1	8,0	8,0	6,5-8,5
Зважені речовини, міліграм/л	360,5	215,5	586,8	975,6	226,8	211,8	50,0
Окислюваність, мгО/л	11,2	10,7	4,9	4,6	-	-	
Жорсткість, мг-екв/л	14,0	12,8	13,5	15,1	18,4	14,1	
Кальцій, міліграм/л	168,3	144,3	119,0	119,0	141,5	133,6	
1	2	3	4	5	6	7	8
Магній, міліграм/л	68	68	92,4	111,9	137,4	90,0	
Хлориди, міліграм/л	2113,3	1499,8	951,8	815,4	359,7	826,1	350
Сульфати, міліграм/л	384,2	384,2	288,1	288,1	394,0	410,0	500
Залізо, міліграм/л	8,9	8,9	0,2	3,7	0,92	1,04	0,3
Азот амонійний, міліграм/л	0,4	0,3	0,05	1,4	10,4	0,4	2,0
Нітрит, міліграм/л	0,1	0,12	0,1	0,12	0,17	0,11	3,3
Нітрати, міліграм/л	0	0	н.ч.м.	н.ч.м.	-	-	45,0
БПК, міліграм/л	-	10,1	-	6,4	-	12,3	6,0

Таблиця 1.4 - Вміст важких металів в шахтних водах шахти «Павлоградська»

Метали	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Ni	Pb	Cd
Зміст, міліграм/л	3,185	0,08	0,13	0,03	0,032	0,005	0,215	0,03	0,015
ГДК	0,3	0,1	1,0	1,0	0,1	0,5	0,1	0,03	0,001

### 1.5 Види впливу шахти на водне середовище

Дія на водні ресурси відбувається внаслідок зрушення земної поверхні спільно з поверхневими водами і геологічною водовміщуючою товщею.

Воно проявляється в наступному:

- дія на гідродинамічний стан поверхневих вод і водовміщуючої геологічної товщі при проходження динамічної мульди зрушення;
- дія на гідростатичний стан водовміщуючої товщі і поверхневих вод на порушеній площі шахтного поля;
- дія на гідростатичний стан водовміщуючої товщі непорушеної гірськими роботами площі поля шахтоуправління шляхом зміни гідравлічних напірних градієнтів між водотривкими порушеного і не порушеного масивів.

У підземних водоносних горизонтах відбуваються такі процеси:

- утворення тріщин і розривів в мезо кайнозойських відкладеннях і підвищена фільтрація підземних вод водоносних горизонтів в шахту при динамічних діях на водне середовище;
- встановлення гідравлічного взаємозв'язку між відносними горизонтами в результаті того, що розущільняє або утворення тріщин у водотривких;
- постійне збільшення депресійної воронки при збільшенні площі підробки при виїмці вугілля;
- обезводнення водоносних горизонтів при їх відкачуванні на поверхню.

Зміна градієнтів тиску в результаті різної величини осідання водотрив.

Для поверхневих вод характерне просідання поверхні і перетікання ґрунтових вод в мульду зрушення, що осіла, накопичення в ній атмосферних опадів, заболочування ділянки.

В результаті діяльності шахти одним з видів дії на довкілля є скидання стічних вод в гідрографічну мережу. Основними категоріями стічних вод проммайданчику є: побутові стоки; виробничі стоки; шахтні води; зливові стоки.

Побутові стоки у кількості 462,7 м<sup>3</sup>/доб. з проммайданчику шахти «Павлоградська» поступають в приймальний резервуар і далі перекачуються на очисні споруди повного біологічного очищення міста Павлограду.

Виробничі стоки у кількості 1076 м<sup>3</sup>/доб. спільно з шахтними проходять очищення і знезараження на очисних спорудах, а потім спрямовуються в ставок-відстійник. Шахтні води у кількості 6021 м<sup>3</sup>/доб. поступають в трисекційний

горизонтальний відстійник, де освітлюються і знезаражуються рідким хлором, далі насосами перекачуються в ставок балки Свідовок, загальний для групи шахт. Зливі води плануванням поверхні проммайданчику шахти збираються в резервуари, після чого насосом перекачуються у відстійник шахтних вод для спільного очищення з шахтними водами.

### 1.5.1 Вплив на поверхневі води

Поверхневі води на території досліджуваного регіону представлені ставком-накопичувачем у балці Свідовок, потоком б. Свідовок і фрагментом річки Самари [3, 4].

Відбір проб води з поверхневих водних об'єктів проводиться при межових витратах води, тобто при найбільш несприятливій можливій ситуації відносно забрудненості річки і ставка. У ставок-накопичувач поступають води шахт ім. «Героїв космосу», «Західно-донбаська», «Благодатна», «Павлоградська» і ставка-накопичувача б. Таранова. Об'єм ставка-накопичувача б. Свідок складає 5,3 млн м<sup>3</sup>. За період експлуатації в ставок поступило 89,9 млн м<sup>3</sup> шахтних вод, в річкову мережу скинуті 58,9 млн. м<sup>3</sup>.

Води, що скидаються шахтами, мають мінералізацію: 39,472 г/дм<sup>3</sup> (шахта ім. «Героїв космосу»); 13,38 г/дм<sup>3</sup> (шахта «Благодатна»); 7,2 г/дм<sup>3</sup> (шахта «Павлоградська»). Води, що поступають із ставка-накопичувача б. Таранова, мають нижче значення мінералізації - від 1,6 до 4,4 г/дм<sup>3</sup>. За результатами гідрохімічного випробування (2016 рік) сухий залишок ставка-накопичувача склав 9,1 г/дм<sup>3</sup>, перевищення ГДК по марганцю і літію досягає 4,8 разу.

У донних відкладеннях ставка-накопичувача б. Свідовок відзначається перевищення фонового вмісту фтору і нікелю в 2,2 разу, ртуті - в 2 рази. До фонових значень наближаються хром, мідь, цинк, свинець, марганець, кобальт, літій. За фоновий зміст бралися концентрації мікроелементів в ґрунтах, прийняті для цього регіону за результатами літохімічного випробування на фоновому майданчику.

Таке зіставлення представляється правомірним, оскільки донні відкладення ставка-накопичувача б. Свидівок представлені зеленими сливами з навколишніх територій. В результаті інфільтраційних втрат із ставка-накопичувача і аварійних витоків їх колекторів шахтних вод спостерігається хімічне забруднення потоку б. Свидівок. На території поля шахти сухий залишок поверхневої води складає 11–13 г/дм<sup>3</sup>.

Річка Самара на фрагменті шахтного поля випробувалася до впадання потоку б. Свидівок і після.

Аналіз фізико-хімічних показників поверхневих вод до і після впадання в ставок-накопичувач у б. Свидівок і безпосередньо в самому ставку представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Аналіз фізико-хімічних показників води відкритих водойм, 2022

Показники	р. Самара (до впадання у балку Свидівок)	Ставок б. Свидівок		р. Самара (після впадання у балку Свидівок)	ГДК, мг/л
	26.09.22	10.08.22	20.10.22	18.11.22	
1	2	3	4	5	6
Температура, °С	20	20	10	4,0	
Колірність, град	30	15	10	25	
Запах, бал	3	3	2	2	
Прозорість, см	10	18	5,5	11,5	
pH	7,3	7,1	7,75	7,0	6,5-8,5
Зважені речовини, міліграм/л	17,2	18,8	67	14,5	50,0
Окислюваність, мг О/л	4,7	5,7	–	–	
Жорсткість, мг-екв/л	44,6	53,2	50,2	27,8	
Кальцій, міліграм/л	421,7	545,6	581,6	235,8	
Магній, міліграм/л	287	316,2	257,8	194,6	
Хлориди, міліграм/л	984,5	4210,3	4252,6	729,9	350



Закінчення табл.1.5

1	2	3	4	5	6
Сульфати, міліграм/л	960	816,5	1249	1392,9	500
Залізо, міліграм/л	0,11	1,13	0,92	1,5	0,3
Азот амонійний, міліграм/л	0,14	0,6	0,46	0,4	2,0
Нітрит, міліграм/л	0,05	0,24	0,04	н.ч.м	3,3
Нітрати, міліграм/л	0,02	н.ч.м.	0,9	н.ч.м	45,0
БПК, міліграм/л	3,5	8,8	12,7	5,4	6,0
Лужність, мг-екв/л	6,6	4,9	5,9	6,1	
Сухий залишок, міліграм/л	3465	8245,5	9089	3629	1000
Мінералізація, міліграм/л	3272	8199,2	9047	3575,2	1000
Нафтопродукти, міліграм/л	1,4	1,5	1,1	0,5	0,3
Фосфати, міліграм/л	0,39	0,2	1,6	–	0,05

З даних таблиці видно, що вміст хлоридів в ставку-накопичувачі у б. Свидівок в 12 разів перевищує ГДК, сульфатів – в 2,5 разу, по сухому залишку перевищення складає 9 ГДК, в 4 рази перевищує ГДК зміст в ставку нафтопродуктів і загального заліза. Значні перевищення ГДК відзначаються за вмістом фосфатів – в 34 рази. Води в ставку-накопичувачі мають мінералізацію в 8–9 разів ГДК (8–9 г/л), що перевищує. Склад вод ставка – хлоридно - сульфатний - кальцієвий - магнієвий.

До впадання в ставок б. Свидівок річка Самара за фізико-хімічними показниками характеризувалася таким чином: зміст хлоридів в 3 рази перевищував ГДК, сульфатів – в 2 рази, по сухому залишку – в 3,5 разу, нафтопродуктів – в 5 разів, фосфатів - в 8 разів. Мінералізація вод річки Самари до впадання в ставок перевищує ГДК в 3,3 разу. Склад вод хлоридно - сульфатний - кальцієвий - магнієвий.

Після впадання Самари у б. Свидівок ситуація дещо змінилася: кількість хлоридів, що містяться в потоці в 2 рази перевищує ГДК, сульфатів, – в 3 рази, залозу в 5 разів, нафтопродуктів – в 1,5 разу, по сухому залишку і мірі мінералізації перевищення складає 3,6 ГДК. Склад вод на цій ділянці з хлоридно - сульфатний - кальцієвий - магнієвого перетворився на сульфатний - хлоридно - кальцієвий - магнієвий.

Істотних змін в сольовому складі поверхневих вод річки Самари до і після випадання б. Свидівок не спостерігається. За змістом окремих мікрокомпонентів відзначається збільшення вмісту цинку від 0,08 мг/дм<sup>3</sup> до 0,3 м/дм<sup>3</sup>, ртуті - від  $9 \cdot 10^{-6}$  мг/дм<sup>3</sup> до  $1 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>.

У донних відкладіліграмаденнях річки Самари до випадання в б. Свидівок відзначається перевищення фонових значень ртуті і фтору в 1,8 разів, цинку – в 3 рази, нікелю – в 2,4 разу. Після випадання в б. Свидівок зберігається перевищення фонових значень ртуті і фтору в 1,8 разів, нікелю – в 1,5 разу.

Крім того, з'являється перевищення вмісту марганцю і миш'яку в 1,4 разу. Потрапивши в поверхневі води, що забруднюють речовини включаються в природний кругообіг, і в сприятливих умовах вони накопичуються в ґрунтах, донних відкладеннях, потім переходять в рослинність, організми тварин, а через них і воду – в людину.

Таким чином, дія шахтних вод на поверхневих води виражається в забрудненні. Окрім їх хімічного і бактеріологічного забруднення відбувається засмічення водних об'єктів піском, мулом і шламом.

Внаслідок перенесення забруднюючих речовин на значні відстані локальна дія існуючих гірських підприємств на довкілля переростає в регіональну.

### **1.5.2 Підземні води**

В межах шахтного поля виділяються водоносні горизонти четвертинних, неогенових, палеогенових, юрських, трусів, кам'яний – вугільних відкладень.

Основними природними чинниками, що визначають умови захищеності горизонтів ґрунтових вод, перших міжпластових водоносних горизонтів і

комплексів являються літологічний склад, характер поширення, фільтраційні властивості, потужність слабо проникних порід зони аерації і перших місцевих водотрив. Максимальна потужність зони аерації, представленої суглинками і пісками, не перевищує 25 м. Тому в межах шахтного поля ґрунтові води еолово-делювіальних, нижнее четвертичних відкладень є всюди незахищеними. Ґрунтові водоносні горизонти бучакських, київських, олігоценових, неогенових і алювіальних сучасних відкладень є незахищеними в долині б. Свидівок і річки Самари.

Можливість вступу забруднюючих речовин в ці горизонти найбільша в долині б. Свидівок. Це необхідно враховувати при організації скидання шахтних вод, оскільки ґрунтові води нерідко є джерелом господарсько-питного водопостачання (с. Свидівок). На схилах б. Свидівок і на вододілах ці водоносні горизонти вважаються умовно захищеними і захищеними.

Міжпластовий водоносний горизонт відкладень бучакської свити є умовно захищеним, а на вододілах - захищеним.

Шахтний водовідлив і водовідбір на Терновском і Вербском водозаборах викликають зниження рівня в триас – юрський горизонт – 1,54 м, у бучанском – 0,57–3,93 м. Подальше зниження тиску у бучакско – київському водоносному комплексі знижувати захищеність водоносних комплексів юрських, трусів нижньо кам'яновугільних відкладень.

Водоносний комплекс мезозойських відкладень в долині річки Самари і б. Свидівок приймається як умовно захищений.

Водоносний комплекс нижнє кам'яновугільних відкладень є незахищеним в долині річки Самари до впадання у б. Свидівок, у зв'язку з тим, що водотривкі шари чергуються з водовміщуючими породами, а також мають тріщини. У природній обстановці він захищений за гідродинамічними умовами, оскільки п'єзометрична поверхня його вод знаходиться вище за рівні ґрунтових водоносних горизонтів. Але, як свідчить досвід експлуатації шахт в цьому районі, гідродинамічна обстановка під впливом водовідливу з гірських вироблень різко змінюється. Тому при видобутку вугілля водоносний комплекс

нижнє кам'яновугільних відкладень в районі шахти за гідродинамічними умовами буде захищений.

В умовах Західного Донбасу на водоносні горизонти роблять вплив не одиничні шахти, а цілі групи шахт на великій площі.

На шахтах центральної групи шахт, куди входить і шахта «Павлоградська», до найбільшого впливу схильний режим підземних вод водоносного комплексу кам'яновугільних відкладень. У спостережливих свердловинах, що розкрили карбон, відмічені пониження рівня води від природного 13,2 м (шахта «Павлоградська») до 151,5 м (шахта «Західно-Донбаська»). За 2016 р. пониження рівня в середньому склало 1 м, а на полі шахти «Західно-Донбаська» – 7–8 м.

На формування режиму вод тріаса, юрського і бучакського водоносних горизонтів очисні роботи шахт «Західно-Донбаська» і ім. «Героїв космосу» впливу не викликають, внаслідок ізольованості горизонтів карбону. Проте, значний вплив викликають сусідні шахти – «Павлоградська», «Благодатна», «Терновська», що мають вихід під піски пост карбону, що обожнюють. Пониження рівня води від природного відзначається на всіх шахтних ділянках: в тріасі і юрському горизонтах воно досягає 2,5–2,6 м. У бучанском і київському водоносних горизонтах під впливом шахтних водовідводів і водозаборів утворилася велика депресія, що включає і шахту «Західно-Донбаську». Спочатку спостережень пониження рівня на полі склало 1,3–2,1 м.

Режим підземних вод вищерозміщених харківського, олігоцен - міоцену і четвертинного водоносних горизонтів обумовлений природними чинниками, шахтним водовідливом, інфільтрацією із ставків-накопичувачів шахтних вод, ставків сільськогосподарського і іншого призначення, зрошування земель, а також натиском підземних вод в результаті рекультивації частини заплави річки Самари, що просіла.

На вододільних ділянках річок Самари, Великої і Малої Тернівки (поля шахт ім. «Героїв космосу» і «Західно-Донбаська») відзначається тенденція підйому рівня води, створена комплексом вищеперелічених чинників.

Поза межами поля шахти в заплаві річки Самари рівень води знижений під дією водовідливу шахт «Павлоградська», «Благодатна» з експлуатацією водозаборів в алювіальному водоносному горизонті – 0,8–3,6 м, в харківському – 0,8–2,0 м. Найбільший техногенний вплив спостерігається в селі Морозівське.

Положення с. Морозівського у край несприятливо з точки зору підтоплення території. Відсутність дренажних каналів в районі села, наявність залізничного насипу значно утрудняють стік схилу дощових і талих вод, особливо у весняний період. Додавання додаткових джерел живлення з хвостохранилища і зрошування призвело до того, що в районі с. Морозівське сталося підвищення рівня ґрунтових вод у весняний період на 0,58–1,84 м.

Причому найбільш вагомим чинником в погіршенні гідрохімічного режиму ґрунтових вод є інфільтраційні втрати з хвостохранилища збагачувальної фабрики. Так, з початку регулярних обстежень ділянки, мінералізація вод в колодязях збільшилася з 2,8–3,2 г/л до 4,0–5,2 г/л, зміст іонів хлору збільшився з 0,5 г/л до 1,3 г/л. Тип води змінився з сульфатно - хлоридно - магнієво - кальцієвого на хлоридно - сульфатно - магнієвий - кальцієвий. Істотне збільшення мінералізації і вмісту хлору співпадає з початком експлуатації накопичувача після його реконструкції (1988 рік). У зв'язку з цим за проектом інституту «Дніпрогіпрошахт» і ГХК «Павлоградвугілля» вирішується питання централізованого водопостачання с. Морозівського.

Проте, з 1985 року відзначається деяке поліпшення гідрогеологічної обстановки на описуваній ділянці, що полягає в зменшенні площ з глибинами до 4 м. і збільшенні площ з глибинами більше 3 м. З 1982 року Павлоградської ГРЭ проводяться спостереження за гідрохімічним режимом водоносних горизонтів по свердловинах в долині б. Свидівок. У цьому районі спостерігається істотне гідрохімічне забруднення підземних вод. Тут акумулюються шахтні води хлоридно-натрієвого типу з мінералізацією до 1,7 г/дм<sup>3</sup>.

Хімічний склад підземних вод аналізувався за даними гідрохімічного випробування в цьому ж районі і за результатами геолого-екологічних досліджень на 1988 – 1991 роки. З мікроелементів перевищення ГДК

збільшилося по свинцю з 2,3 до 3,3 разу, марганцю – з 2,5 до 150 разів.

Свіжовідсіпані шахтні породи насичені солями, які вимиваються і порушують водно-мілевий режим зони аерації, що призводить до погіршення якості підземних вод. Так, вміст легкокорозчинних солей в породних відвалах досягає 7,3 кг на тонну, вмісту важких металів: заліза – 2–6 міліграм/кг, марганцю – 60–70 міліграм/кг, цинку – 2–3 міліграми/кг, міді – 0,4 міліграм/кг

З 1989 по 1994 роки у воді берекських свердловин значно збільшилося перевищення ГДК по сухому залишку, натрію, хлору, сульфатам, залізу, що можна пояснити з інфільтрацією і перенесенням цих речовин із ставка-накопичувача і породних відвалів. Тут же відзначається наявність важких металів, що часто перевищує ГДК по кадмію – 7–10 разів, по свинцю – 1 - 19 разів, хрому – 1,7 разів, марганцю – до 35,5 разів.

Водоносний горизонт харківських відкладень представлений прісними і солонуватими водами з мінералізацією від 0,3 до 6,0 г/дм<sup>3</sup>.

Виявлення тенденції в погіршенні екологічної обстановки і орієнтовний прогноз спрямованості техногенних змін послужили основою для розробки технологічних схем охорони довкілля по істотному обмеженню і усуненню впливу шахти на екологічну ситуацію регіону в цілому.

## РОЗДІЛ 2 ПРАКТИЧНИЙ РОЗДІЛ. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ

### 2.1 Досвід використання вищих рослин для очищення шахтних вод

Водні рослини у водоймах виконують наступні основні функції [6, 7]

- фільтраційну (сприяють зсіданню зважених речовин);
- поглинювальну (поглинання біогенних елементів і деяких органічних речовин);
- накопичувальну (здатність накопичувати деякі метали і органічні речовини, які важко розкладаються);
- окислювальну (в процесі фотосинтезу вода збагачується киснем);
- детоксикаційну (рослини здатні накопичувати токсичні речовини і перетворювати їх в нетоксичні).

Здатність вищих водних рослин видаляти з води забруднюючі речовини - біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), важкі метали (кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати – і зменшувати її забрудненість нафтопродуктами, синтетичними поверхнево-активними речовинами, що контролюється такими показниками органічного забруднення середовища, як біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХПК), дозволила використати їх в практиці очищення виробничих, господарчо-побутових стічних вод і поверхневого стоку, як в Україні, так і у всьому світі.

У багатьох країнах Америки досить широко використовуються системи очищення шахтних вод на плантаціях очерету [8]. Описані споруди з очеретяною рослинністю для очищення господарчо-побутових стічних вод в Нідерландах [9], Японії [10], Китаї [11]; для очищення забрудненого поверхневого стоку в Норвегії [12], Австралії [13] і в інших країнах. Стійкість очерету до дії високих концентрацій забруднюючих речовин дозволила досить успішно використати його для очищення стічних вод свинарських комплексів у Великобританії [14].

У м. Бентоні (США) з населенням 4700 чоловік з 1985 р. здійснюється

очищення побутових стічних вод в ставках із заростями очерету і інших водних рослин. Підраховано, що вартість такої системи очищення в 10 разів менша, ніж вартість традиційних систем при задовільній якості очищення води від з'єднань азоту, фосфору, зважених і органічних речовин [15]. У Ірландії, м. Уильям Стоун, успішно експлуатується система спільного очищення господарчо-побутових вод (72%) і поверхневого стоку (28%), сконструйована у вигляді трьох мілководних лагун, дві з яких засаджені очеретом і рогозом, а третя є біоставком з плаваючими водними рослинами – лілією і ряскою. В процесі очищення вода очищається до наступних показників (міліграм/л) : БПК–9, зважені речовини – 9, повний азот – 14,2, аміак – 0,8, нітратим – 9,2, повний фосфор – 4,45, ортофосфаты – 3,15. Середнє процентне зменшення концентрацій забруднюючих речовин в системі за дворічний період вивчення складає: 48% для БПК, 83% для зважених речовин, 51% для загального азоту, 13% для загального фосфору, видалення патогенних організмів досягає 99,77% [16].

Очисні системи вторинного і третинного очищення побутових стічних вод, засновані на використанні елодеї, придатні для використання в помірному кліматі, де можуть круглий рік видаляти біогенні елементи із стічних вод [17].

За результатами промислово-експериментальних досліджень процесу очищення побутових стічних вод з використанням водного гиацинта в США, міра очищення по БПК5 досягає 97м98% [18]. У Китаї водний гиацинт використовується для очищення стічних вод кінофабрики від срібла [19]. Встановлено, що ефективність очищення води від срібла, зважених речовин, з'єднань фосфору і азоту, відповідно, складала 100%, 91%, 53,9%, і 92,9%, при цьому БПК и ХПК зменшуватися на 98,6% і 91%. Запропонований метод дозволяє відмовитися від використання сорбційного очищення. У Росії, в Інституті цитології і генетики, розроблена технологія очищення стічних вод з використанням водного гиацинта. Експериментальна робота була проведена для стічних вод комплексу по розведенню свиней. Очищення проводилося у біоставках. Концентрація азоту амонійного знижувалася (міліграм/л) з 30–50 до 4-5, БПК5 – з 150 до 20-30, ХПК – з 300 до 25-30, концентрація розчиненого



кисню зростає від 0,5 до 2–5 (міліграм  $O_2$ /л.).

У Норвегії в 40 км на південь від Осло для очищення сільськогосподарського поверхневого стоку побудовано експериментальне біоплато, яке є сконструйованим з восьми паралельних смуг (кожна розміром 3x40 м) фільтром глибиною 0,5 м, площею 1200 м<sup>2</sup> [20]. Площа водозбору складає 0,8 км<sup>2</sup>. Попередні дослідження показали значну ефективність видалення зважених речовин – 45-75%, фосфору – 21–44%, азоту – 15%. Дослідження тривають.

Австралійські вчені розробили спосіб очищення поверхневого стоку від автомагістралей [21]. 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 стік для подальшого очищення у біоплато.

При очищенні стічних вод найчастіше використовують такі види вищих водних рослин (ВВР), як очерет, очерет озерний, рогіз вузьколистий і широколистий, рдесник гребінчастий і кучерявий, спіродела багато коріння, елодея, водяний гіацинт (ейхорнія), голубчик жовтий, сусак, стрілолист звичайний, гречиха земноводна, гусимець морський, уруть, хара, ірис і ін.

Як показали дослідження, коренева система рогозу має високу акумулюючу здатність відносно важких металів [21]. Концентрація металів в кореневій системі рогозу, який ріс на берегах шламонакопичувачів електростанцій, досягала (міліграм/кг): заліза – 199,1, марганцю – 159,5, міді – 3,4, цинку – 16,6.

Відомо, що очерет має високі адаптивні властивості і здатний проростати в дуже забруднених промисловими стічними водами водоймах [22]. Він здатний видаляти з води ряд органічних сполук, в т.ч. феноли, нафтоли, аніліни і інші органічні речовини. Питоме поглинання мінеральних речовин очеретом досягає (грам на 1 г сухої маси): кальцію – 3,95, калію – 10,3, натрію – 6,3, кремнію – 12,6, цинку – 50, марганцю – 1200, бору – 14,6 [23].

У роботі [24] оцінена здатність трьох видів вищих водних рослин (очерет,

тростина і рогіз) видаляти із забруднених вод азот і знижувати БПК. Встановлено, що при середній концентрації амонія в стічних водах 24,7 міліграм/л, після очищення з використанням ВВР його концентрація складала (міліграм/л): для очерету – 1,4, тростини – 5,3, рогоза – 17,7. Ефективність зниження БПК також була найбільш високою у очерету, трохи нижче у тростини і рогозу. Помічено, що накопичення рослинами біогенних елементів стимулюється збільшенням їх концентрації в середовищі [25], збільшується під дією світла [26], залежить від рН води, а також від видових особливостей рослин [27], густини біомаси [28] і ряду інших чинників, а саме – температури і кисневого режиму.

Біоплато з ВВР відрізняються значною окислювальною здатністю завдяки створенню біоплівки гідробіонтів (перифитона) на поверхні інертного субстрату і зануреної частини кореневищ і стебел ВВР, які знаходяться в змозі симбіотичної взаємодії. Частина біоценозу мікроорганізмів знаходиться в зваженому стані у вигляді пластівців, а також утворює пласт природних відкладень - бентос, в якому проходить активний процес анаеробного розкладання органічних забруднень. Значну роль в процесах очистки виконують сапрофітні бактерії, які разом з ВВР успішно виконують роль дезинфектантів за рахунок своїх продуктів обміну і антагонізму з бактеріями-гетеротрофами, що у ряді випадків дозволяє уникнути використання систем хлорування і озонування води [29].

У роботах [30] виділяють поверхневі, інфільтраційні і наплавні конструкції біоплато. В якості поверхневого біоплато використовують інженерні споруди або природні заболочені території з вільним рухом води через співтовариства повітряно водної і укорінений занурений рослинності. Інфільтраційні біоплато є земляними спорудами, що фільтрують, із завантаженням з щебеня, гравію, керамзиту, піску і інших матеріалів. Фільтрація стічної води може здійснюватися як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. На поверхні завантаження висаджуються найбільш стійкі деревно-чагарникові і/або трав'янисті рослини. Очищення стічних вод здійснюється за рахунок

життєдіяльності земноводних рослин-макрофітів, мікроорганізмів біоплівки і ризосфери, а також грибів і актиноміцетів ризосфери коренів і в пласті перегною, який поступово формується. Застосовуються також наплавні біоплато, при цьому на поверхні плаваючих у воді матів, які виготовляють з синтетичних волокон, висаджують трав'янисті багаторічні рослини, які утворюють розвинену кореневу систему. Наплавні біоплато добре зарекомендували себе в очищенні вод від плаваючих домішок (піни, СПАВ, нафтопродуктів та ін.).

Відомі штучно створені біоплато з відкритим дзеркалом води, які переважно призначені для очищення стічних вод, де як водні рослини використовують ірис, рогіз, голубчик, рдесник, очерет озерний, стрілолист з щільністю посадки 1–15 рослин на 1 м<sup>2</sup>. Вид рослин вибирають залежно від природи забруднень. Біоплато заповнюють водою до рівня від 0,3 до 1,5 м при швидкості течії 0,005–0,01 м/с [24]. Ефективність роботи таких відкритих біоплато трохи знижується в осінньо-зимовий період до 70% [22], але якість очищення не погіршується вище за ГДК для випуску очищеної води в природні водойми [21].

В Україні використання ВВР на різних типах біоплато – інженерно-біологічних спорудах, які забезпечують очищення і очистку господарчо-побутових, виробничих стічних вод і забруднення поверхневого стоку, не вимагаючи (чи майже не вимагаючи) витрат електроенергії і використання хімічних реагентів при незначному періодичному експлуатаційному обслуговуванні, – почалося ще в минулому столітті. У Інституті гідробіології НАНУ, м. Київ, було запропоновано і досліджено використання біоплато як спорудження доочистки води в каналах, по яких транспортується вода з Дніпра для водозабезпечення таких регіонів, як Крим, Донбас, а також в інших галузях [15, 19, 24]. Широке вивчення і впровадження біоінженерних споруд з використанням ВВР виконується в Інституті екологічних проблем, м. Харків.

У науково-інженерному центрі (НІЦ) «Потенціал-4» роботи по розробці технології очистки і водовідведення зворотних вод із застосуванням ВВР в закритому біоплато гідропонного типу розпочаті в 1990 р. НІЦ «Потенціал-4»

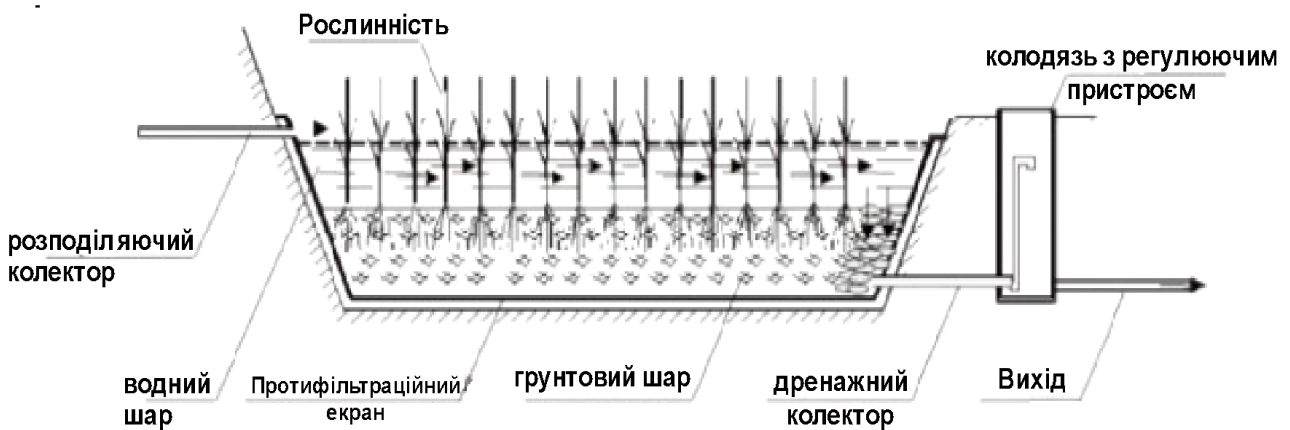
запропоновані різні типи інженерно-біологічних споруд на основі закритого біоплато гідропонного типу (ЗБГТ). ЗБГТ використовується в розробках і технологіях очищення стічних вод як водозахисну споруду, яка об'єднує основні елементи очищення з використанням іммобілізованої на інертному субстраті мікрофлори і вищих водних рослин і водовідведення зворотних вод, що очищають, у водойму безпосередньо або опосередковано (через потік ґрунтових вод) за наявності сприятливих гідрогеологічних умов майданчика, на якому облаштовують ЗБГТ.

Особливістю ЗБГТ є регулювання якості води за допомогою штучно створеного гідробіоценозу, якісні і кількісні характеристики складених компонентів якого формуються під безпосередньою дією ВВР, у виконаній згідно з інженерними розрахунками споруді без відкритого дзеркала води.

Науково-інженерним центром «Потенціал-4» разом з Інститутом гідробиології НАНУ виконані багаторічні дослідження різних типів ЗБГТ, на основі яких Інститутом гігієни і медичної екології ЗБГТ визнано спорудою, що забезпечує нормативну якість зворотних вод для водойм господарсько-питного та рибогосподарського використання. У основу технології утепленого ЗБГТ покладено використання як природних процесів самоочищення, властивих водним і около водним екосистемам, так і управління цими процесами на основі розрахунків, що базуються на обліку зовнішніх чинників (температура води і повітря, рН і Ен середовища, період року, гідравлічне навантаження на споруди, початкова концентрація розчиненого у воді кисню і забруднюючих речовин води, яка подається на очищення), а також технологічних параметрів біоплато (площа і матеріал ефективних поверхонь як субстрату прикріплення для різноманітних водних організмів – бактерій, актиноміцетів, грибів, простих і одноклітинних водоростей, ракоподібних, черв'яків, комах і моховаток; внесення в період запуску біопрепаратів з селективно підібраними гідробіонтами-бідеструкторами для конкретних типів забруднень у водах, які підлягають очищенню [26]. Найбільш важливими характеристиками штучно сформованого біоценозу макрофітів і мікроорганізмів у біоплато є загальна площа біоплато, яку

займають рослини, їх видовий склад і чисельність на  $1 \text{ м}^2$ ; час контакту потоку води з біоценозом, режим експлуатації біоплато.

На рис. 2.1 представлена типова схематична конструкція ЗБГТ. Стічні води від каналізаційної насосної станції зі вбудованим блоком очищення (КНС зі ВБО) подаються в розподільний колодезь, який часто розміщується безпосередньо у біоплато. Від розподільчого колодезя через систему перфорованих трубопроводів, які в конструктивному плані можуть прокладатися за паралельною або променевою схемою, вода поступає на біоплато. Фільтрація стічної води відбувається у вертикальному напрямі через пласт завантаження (митий щебінь гравій, керамзит).



**Рисунок 2.1 - Біофільтраційна система**

Площа ЗБГТ і товщина пласта завантаження визначається розрахунком і типом ВВР. Вищі водні рослини (очерет і очерет озерний) висаджуються з щільністю 4–6 рослин на  $1 \text{ м}^2$ . Стічні води транспортують через гравійне завантаження фільтраційного басейну, кореневища вищих водних рослин і бактеріальний препарат, який сприяє розкладанню високоякісних органічних речовин. При високій забрудненості органічними речовинами стічні води перед поданням у ЗБГТ можуть бути заздалегідь насичені киснем, який сприятиме аеробному окисненню органічних забруднень мікроорганізмами перифитона і диханню кореневищ вищих водних рослин. Покриття споруди інертним термоізоляційним матеріалом запобігає його промерзанню в зимовий період і

забезпечує ефективне очищення стічної води протягом року. Конструктивно створюється природна вентиляція усього об'єму завантаження ЗБГТ, яке забезпечує ефективне використання ВВР і гідробіоценозу біоплівки для окислення забруднень.

ЗБГТ – інженерна споруда, яка використовується в основному для доочистки заздалегідь очищених в КНС зі ВБО стічних вод, але воно може використовуватися також для поліпшення якості поверхневих вод. Конструкції ЗБГТ виконують різної форми: прямокутною, овальною, довільною. Використання принципів ландшафтного дизайну при проектуванні і будівництві споруджень біоплато дозволяє широко використати декоративні можливості споруд для поліпшення естетичних характеристик навколишніх територій.

Розроблені різні конструкції біоплато (одно- і двомісні, одно і багатоступінчасті), що дозволяють здійснювати ефективне очищення і відведення вод, що очищають, в потік ґрунтових вод або безпосередньо у водойму. На фото представлені зображення ЗБГТ на етапах введення в експлуатацію і на третьому році експлуатації. Окрім своїх функцій як біоінженерних споруд, ЗБГТ, як високо продуктивна екосистема, створює просторову неоднорідність в існуючих збіднілих антропогенно-природних ландшафтах, надає додаткові житла і харчові ресурси для багатьох видів флори і фауни, яка, у свою чергу, створює сприятливі умови для підтримки біорізноманітності [22, 25].

У зв'язку зі значними об'ємами забруднюючих речовин що поступають в поверхневі водні об'єкти Західного Донбасу виникає необхідність удосконалення системи очищення шахтних вод. Враховуючи, що більшість вище виявлених компонентів стічних вод мають токсичні властивості необхідно контролювати склад і токсичні властивості шахтних вод.

## **2.2 Обґрунтування прийнятих рішень**

З метою рішення задачі очищення шахтних вод на першому етапі розроблена схема водозахисних заходів, дія яких базується на використанні природного механізму самоочищення забруднених вод, із залученням усього комплексу фізичних, фізико-хімічних, хімічних і біохімічних процесів. Таким чином, виходячи з реалій нинішньої економічної ситуації, споруда повинна мати невисоку вартість будівництва, бути простими в експлуатації, не бути особливо чутливими до змін дебіта і концентрацій забруднюючих речовин. При цьому споруди повинні забезпечити еколого-приємний результат по очищенню забруднених вод, що відводяться в р. Самара.

У зв'язку з цим пропонується використати нетрадиційний підхід до проблеми очищення стічних вод. Для перехоплення з'єднань азоту, фосфору, біогенних речовин і бактеріального забруднення в стічних водах в якості представників водозахисних заходів найбільш ефективними і економічно прийнятними можуть розглядатися біоінженерні споруди (БІС).

Принцип роботи спорудження такого типу заснований на використанні природного процесу самоочищення, який протікає в товщі, що фільтрує, є субстратом для формування біогеоценозів вищих водних рослин.

Основними технічними вимогами являється створення умов для очищення стічних вод об'ємом до 20 тис. м<sup>3</sup>.

БІС – очисні споруди, що об'єднують основні елементи споруджень ґрунтового очищення з агробіоценозами біоплато або біоставків з посадкою вищих водних рослин (ВВР). Відмінною особливістю БІС являється штучно сформований біогеоценоз, кількісні і якісні характеристики складених компонентів якого формуються під безпосередньою і опосередкованою дією ВВР. Конструкція цього типу споруд, забезпечує рух потоку рідини, що очищається, в горизонтальній площині – через зарості макрофітів і у вертикальній - через корне житний шар ґрунтів, насичений мікрофлорою і що характеризуються добре розвиненим альгоценозом. Площа БІСов може коливатися в межах від декількох сотень м<sup>2</sup> до декількох «га», потужність товщі, що фільтрує, з біологічно активним співтовариством – 0,6–1,8 м, висота стовпа

води в споруді – 0,3–1,5 м. ВВР представлені видами з добре розвинуеною кореневою системою – очеретом звичайним, рогозом, очеретом озерним, айхорній (водяним гіацинтом) та ін.

Площа покриття акваторії споруджень рослин – 100%. Залежно від початкових концентрацій нормованих інгредієнтів, зовнішніх чинників (температура повітря), величина атмосферних опадів, інсоляції, і режиму експлуатації, час контакту потоку з біогеоценозом, при якому досягається максимальний ефект очищення, для різних сполук від 0,5 до 10 діб.

Система водовідведення складається з двох трубопроводів (сталеві труби діаметром 427×7 мм і з якісною гідроізоляцією), які мають вихід в ставок, – накопичувач №2. Вхід в трубу перегороджений сміттєзахистини ґратами (з арматурної сталі і розміром осередків 20 мм). Ґрати приєднуються до труби за допомогою зварювання. Трубопровід із ставка №2 приєднаний до водоприймального колодязя (залізобетонні кільця діаметром 1,5 м). У колодязь вбудовуються шандорні дерев'яні затвори (1500×1200×50 мм), для регулювання роботи БІС.

Для підведення води від колодязя у БІС вбудовується трубопровід Ср1 (азбестоцементна труба діаметром 300 мм), який сполучає колодязь з дефлектором. Дефлектор – пристрій для рівномірного подання води у БІС. Дефлектор складається з відрізка залізобетонної перфорованої труби (діаметром 300 мм). Перфорація розташовується уздовж труби в три ряди (згори, з боку і внизу через 90°), діаметром 15–25 мм і інтервалом між отворами 100 мм. Для рівномірного подання води у БІС. Рівномірний вихід з труби дефлектора передбачають отвори різного діаметру (на початку труби (протяжністю до 5 м) отвору мінімальні до 15 мм, такі, що йдуть за цим 10 метрів труби мають більший діаметр отворів і так далі, а кінцева ділянка труби має отвори максимального діаметру 25 мм). Труби дефлектора розташовують на поверхні засипки, що фільтрує, з піску.

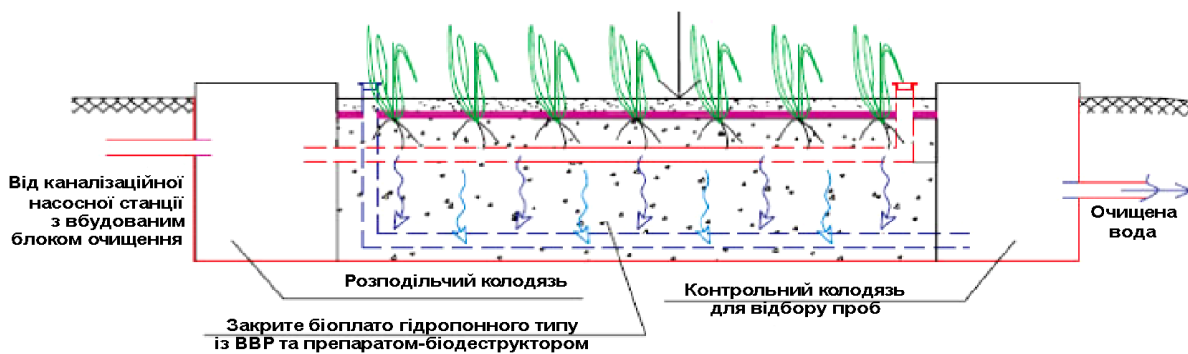
Біоінженерні споруди БІС №1 і БІС №2 (каскад 1). Очисна споруда 1 типу БІС №1 має прямокутну форму (розміром 140×55 м). Для будівництва БІС



робиться часткове вилучення ґрунту (піску) з формуванням котловану споруди.

БІС №1 має конструктивну схему з вертикальною фільтрацією. Вода до споруди підводиться по дефлектору Дф1, розташованому з короткого боку ставка-накопичувача №2. Рівень води у БІС підтримується регулятором рівня на відмітці 170,5 м., встановленим у водоскидному колодязі між БІС №1 і БІС №2.

У те, що фільтрує товщі піску на глибині 0,8 м, майже горизонтально (ухил  $i=0,002$ ) укладений систематичний дренаж трубами (азбестоцементними, діаметром 100 мм). Таким чином забезпечується принцип дії цього каскаду БІС - вертикальна фільтрація водної товщі крізь товщу піску, що фільтрує, до горизонтальних дрен, укладених в основі споруд. [27, 28].



**Рисунок 2.2 – Типова конструкція ЗБГТ з герметичним дном**

Дрени у вигляді азбестоцементних труб діаметром 100 мм з отворами і захисною обмоткою з полотна (склотканина 1,8 мм в два шари), що фільтрує. Кожна дрена є азбестоцементною трубою з п'ятьма рядками отворів діаметром 10 мм і кроком 100 мм. Дренажні труби засипаються піском до поверхні (товщина шару 0,8 м). Пісок (згідно цих гранулометричних досліджень) не суфозійний, коефіцієнт неоднорідності – менше 10 і коефіцієнтом фільтрації 1–5 м/доб. [28].

Кожна дрена з'єднується з колектором муфтою-трійником (азбестоцементною, діаметром 300 мм), який сполучений з колодязем, що регулює рівень в спорудах. Колектор складається з двох труб Кр1 і Кр2 (67 і 68 м відповідно), монтуються азбестоцементними трубами діаметром 300 мм, які підходять до колодязя під ухилом ( $i=0,0005$ ). Відмітка основи колектора 168,99

м. Колодязь монтується навпроти центральної частини басейну із залізобетонних кілець (КС 15-1, діаметром 1500 мм і заввишки 0,59 м), на підставі бетонного моноліту, або типових залізобетонних плит-днищ (ПД-15-1). Загальна висота колодязя 3 м.

Досвід очищення стічних вод у біоінженерних спорудах показує, що фільтраційні параметри біологічно-активної товщі не знижуються. Це пояснюється тим, що коренева система очерету росте зі швидкістю до 10 мм/дуб., і при цьому відбувається інтенсивна перфорація товщі, що фільтрує, що виключає процес її кольматації.

Очисна споруда БІС №2 – прямокутної форми (140×90 м), примикає до БІС №1, для споруди БІС проводиться часткове вилучення піску і формується поверхня фільтру споруди на відмітці 168,1 м. Вода в споруду поступає по дефлектору Дф3 розташованому вздовж довгого берега БІС №1. Рівень води підтримуватиметься на відмітці 169,4 м і забезпечуватиметься подання необхідної кількості води для формування висоти водяного стовпа 1,3 м.

Колектор К4 монтується азбестоцементними трубами діаметром 300 мм, завдовжки 137,8м, яка підходить до колодязя під ухилом ( $i=0,0005$ ). Колодязь монтується в правому нижньому кутку БІС із залізобетонних кілець (КС 15-1, діаметром 1500 мм і заввишки 0,59 м), на підставі бетонного моноліту, або типових залізобетонних плит-днищ (ПД-15-1). Загальна висота колодязя 3 м. Колодязь розміщується в нижньому правому кутку БІС №2. У колодязі встановлюється регулятор рівня шандорного типу. З колодязя виходить трубопровід скидання води (труба азбестоцементна, діаметром 300 мм, завдовжки 89 м) який розміщений між існуючою греблею і залізницею [28].

Дрени у вигляді азбестоцементних труб діаметром 100 мм з отворами і захисною обмоткою з полотна (склотканина 1,8 мм в два шари), що фільтрує. Кожна дрена є азбестоцементною трубу з п'ятьма рядками отворів діаметром 10 мм і кроком 100 мм. Дренажні труби засипаються піском до поверхні (товщина шару 0,8 м).

Кожна дрена з'єднується з колектором муфтою-трійником (азбестоцементною, діаметром 300 мм), який сполучений з колодязем, що регулює рівень в спорудах. Колектор КЗ монтується азбестоцементними трубами діаметром 300 мм, завдовжки 141,8 м, яка підходить до колодязя під ухилом ( $i=0,0005$ ). Відмітка основи колектора 169,03 м. Колодязь монтується в правому нижньому кутку БІС із залізобетонних кілець (КС 15-1, діаметром 1500 мм і заввишки 0,59 м), на підставі бетонного моноліту, або типових залізобетонних плит-днищ (ПД-15-1). Загальна висота колодязя 3 м. Навпроти центральної частини басейну монтується водоскидний колодязь, до якого приєднаний колектор Кр 3.

Вода в споруду поступає по водоскидному колодязю (Ср4) влаштованому нижньому правому куті БІС №2. Рівень води підтримуватиметься на відмітці 169,4 м двома дефлекторами Дф3 і Дф4 (46 і 86м – відповідно) які забезпечуватимуть подання необхідної кількості води для формування висоти водяного стовпа 1,3 м. Колодязі, греблі БІС і перехоплюючий дренаж

Колодязі БІС працюють в умовах їх постійного заповнення водою. Використовуючи водорегулюючу функцію, вони мають бути водонепроникними. Усередині колодязя монтуються металеві сходи для забезпечення можливості регулювання рівня води (а так само, при необхідності регулювання часу контакту води, що очищається, з біогеоценозом) у БІС. Внутрішня поверхня стін і днища обробляється гарячим бітумом в декілька шарів, загальною товщиною 2–3 мм. По усій зовнішній поверхні колодязя роблять фарбування бітумом по ґрунтовці, розчиняючи бітум у бензині. Усі металеві конструкції колодязя (сходи, опалубки) обробляються водотривкої фарбою.

Мірна лінійка кріпиться до сходів болтами. Лінійка забарвлюється білою водотривкою фарбою, числа наносять фарбою чорного кольору. Згори колодязь накривається типовою залізобетонною плитою (ПП 15-1-2Б) з люком. Люк повинен закриватися для попередження безконтрольного проникнення в колодязь і порушення системи, що підтримує стабільний рівень води у БІС.

Регулятор рівня повинен забезпечувати необхідний (оптимальний) рівень води у біо інженерній споруді, як в теплий, так і в холодний період року. Регулятор рівня є шандорним затвором (по Госту 2240-89, розміром 1450×200×50 мм) з дерева. Для підвищення рівня води у БІС укладаються дошки, а для максимального спуску води в споруді усі дошки з водоупору виймають.

Для підйому рівня води в ставку-накопичувачі №2 споруджується гребля з відміткою верху 171,5 м. Ширина греблі по верху 3,5 м. З метою попередження підтоплення території прилеглої до БІС, по периметру споруди укладений дренаж Одр, який складається з двох відрізків і підходить до водо скидного колодязя, а потім на водоскидний трубопровід. Водоскидний трубопровід є трубою, що проходить між греблею і залізничним полотном до переходу під залізницею.

Ідея використання природних очисників не нова. Значний інтерес представляє спосіб штучного заселення водойм або ділянок водойм рослинністю. Підвищується інтерес до особливостей процесу: використання нових завантажень для ставків, що фільтрують, поєднання різних методів очищення, а також пошук і використання рослин найбільш оптимальних, що відповідають цілям.

Можна назвати немало відомих усім рослин, що мають різновиражену здатність переробки забруднюючих домішок води. Ряска з її дрібними круглими листочками, всюди плаваюча по воді, водяний шпинат, вольфія, багатокорінник, рогіз, очерет і інші. Усі водні рослини умовно підрозділяють на декілька підгруп, але вони істотно поступаються в продуктивності ейхорнії. За багатьма порівняльними і табличними даними вегетація ейхорнії найбільш продуктивна по біомасі, чим інші відомі.

Передбачене озеленення і зміцнення укосів дамб робиться насадженням багаторічних трав, вологолюбних дерев. Особливо ефективний відносно рекультивациі і очищення ґрунтів, а також створення бордюрних посадок навколо техногенних водойм (зон, що фільтрують) далекосхідний очерет міскантус.

Міскантус здатний рости на сухих, заболочених, високомінералізованих і забруднених ґрунтах в широкому діапазоні вмісту органічних речовин (є європейський досвід успішного вирощування міскантуса на старих мулових картах).

Розмножується кореневищами, в умовах наших широт добре зимує, відростання дуже раннє (березень - квітень), за сезон збільшує чисельність в 25–30 разів. Насінням не розмножується, що дозволяє контролювати його поширення.

Проведені дослідження показали, що краще всього використати комплекс ВВР для найбільш ефективної роботи БІС – очерет звичайний (рис. 2.3) і ейхорнію (чи водний гіацинт, який представлений на рис. 2.4).

Багаторічна рослина заввишки 1–4 м, з довгими і товстими, повзучими кореневищами. Утворює зарості на вологих місцях і по берегах водойм. Стебла прямостоячі, з численними вузлами. Товщина порожнистого стебла може досягати двох сантиметрів. Пряме стебло після цвітіння стає майже дерев'янистим.

Листя очерету сірувато-зелене, жорстке, подовжене, широке. Суцвіття – велика мітелка завдовжки 8–40 см, густа, з множиною окремих дрібних колосків.

Колоски мають довжину 0,6-1,7 см; вони буро-фіолетові або жовтуваті, з довгими волосками. Запилюється очерет за допомогою вітру. Цвіте в червні-липні. Для повноцінного росту потрібне багато тепла і живлення. Висота квіток над поверхнею води: 30 см. Час цвітіння: липень - серпень.

Для повноцінного росту потрібне багато тепла і живлення. Висота квіток над поверхнею води: 30 см. Час цвітіння: липень - серпень. Трав'яниста плаваюча рослина – представник вищої водної рослинності. Типовий гідрофіт. Надводна частина – вкорочене стебло з розеткою округлого, лисного крихкого листя. Листя прямі, від густого салатого до темно-зеленого кольору зібрані в розетку і діють подібно до вітрил. Черешки листя бульбашко видні роздуті. Усередині здуття знаходяться заповнені повітрям порожнини – аерокамери, які і забезпечують рослині високу плавучість і остійність. Велике листя, досягають

діаметру 20 см, нижні загальні листи менше. Розмножується безліччю втеч (вусів). З часом перебування рослин у водному середовищі йде розвиток його підводної і надводної частин.



**Рисунок 2.3 - Очерет звичайний - *Phragmites australis* = *Phragmites communis***



**Рисунок 2.4 - Эйхорнія (водний гіацинт) - *Eichornia crassipes* (*Water hyacinth*). Сімейство - *Pontederiaceae***

### **2.3 Технологія посадки і утилізації вищих водних рослин (ВВР)**

Спосіб посадки очерету звичайного у БІС:

– посадка кореневищ ної маси робиться в суміші з ґрунтом або без ґрунту одними кореневищами. На першому етапі формування біоценозу ВВР, потрібне пророщування його з насіння. Цей етап потрібний для забезпечення нормального формування очерету в початковий період існування БІС, оскільки посадка донорських рослин пригноблюється і не завжди підтримує необхідний темп

формування заростей необхідної густини.

Для насадження споруд на донорських ділянках, в місцях природного зростання рослин, відбирається посадочний матеріал – кореневищна маса рослин, з глибини до 0,3 м і укладається в споруди або рівномірно на всій площі БІС, або фрагментарно. Кореневищний шар потужністю 0,15–0,3 м формується в спорудах у верхній частині завантаження, що фільтрує. Засаджувати можна як усю площу БІС, так і окремі ділянки у вигляді смуг, квадратів і тому подібне. При фрагментарній посадці термін формування заростей ВВР, і відповідно, біогеоценозу у БІС збільшується.

Для відбору кореневищ рослин використовуються екскаватори, необхідно уникати пересихання посадочного матеріалу під час транспортування і посадки рослин. Посадка робиться одночасно зі вступом води у БІС. Упродовж двох місяців після посадки в спорудах необхідно підтримувати товщу води на рівні 0,1 м. В процесі експлуатації у БІС підтримується шар води не вище 0,4 м.

Для ефективної роботи споруд у кінці вегетативного періоду роблять прибирання фітомаси рослин, з метою запобігання вторинному забрудненню води внаслідок розкладання частин опалих рослин. Разом з фітомасою віддаляються і хімічні елементи закумуляовані в рослинах. Скошування можна робити вручну, або звичайною сільськогосподарською технікою типу - роторних косарок. У зимовий період скошування роблять по льоду. Маса, що утилізувана, може використовуватися як мінеральні добрива, або спалюватися, а попіл складатися на обладнаних полігонах побутових відходів.

Очерет звичайний висаджується в першому і другому ставках – БІС (БІС складаються з двох каскадів по два ставки), а третій і четвертий ставки засуджуються розсадою ейхорнії.

Розсаду ейхорнії висаджують в соціальні «мережі», сплетені з шпагату і обладнані поплавцями з пінопласту або пластикових пляшок. Такі «камери» не лише обмежують її неконтрольоване поширення, але і допомагають в прибиранні рослин, що надмірно розрослися, або при переселенні їх на зимові квартири.

Водний гіацинт висаджується при температурі повітря не нижче  $+6^{\circ}\text{C}$  і водного середовища не нижче  $+12^{\circ}\text{C}$  – характерних для сезонних періодів кліматичних умов середніх широт. Особливо розсада ейхорнії чутлива до різких перепадів руху повітря (вітер, протяг), і в дуже короткий час повністю втрачає життєздатність. Оптимальним періодом висадження розсади - кінець травня або початок червня, перед першими заморозками заносять в приміщення. Таким чином, рослина не може безмежно заповнювати водойми, як в субтропічних широтах. Натуралізація, тобто самостійне вільне існування ейхорнії в умовах середньої смуги України, вважається неможливою, у зв'язку з повною відсутністю у рослини морозостійкості.

Влітку містити водяний гіацинт нескладно. Він бурхливо розростається (одна розетка за 50 діб утворює до 1 тис. нащадків, кожен з яких, у свою чергу, знову починає ділитися) і цвіте в штучних і природних водоймах з теплою водою. Якщо погода постійно прохолодна, рослина продовжує нарощувати вегетативну масу, але може не цвісти.

При настанні осені окремі особини ейхорнії переносять в акваріум з підсвічуванням, спосіб зберігання - добре розвинений екземпляр поміщають в кільцевий поплавець так, щоб корені були занурені у воду, а листя, розташовуючись на поплавці, не торкалися води і не загнивали. При температурі  $+24-26^{\circ}\text{C}$  і звичайному акваріумному освітленні водяний гіацинт успішно зимує. Є і інший варіант зимового зберігання ейхорнії - висадження її у вологий пісок.

Із зниженням температури води відбувається відмирання кореневих вії, а з настанням морозів рослини вмирають зовсім. В цей час досить зачепити багром з берега один кущ і, обережно потягнувши, вивудити з водойми усю зелену масу. Навесні ж висаджується нова популяція, яка «працює» до заморозків.

Зібрана після очищення ейхорнія може використовуватися не лише як корм, але і бути сировиною для виробництва біодобрив, так само може перероблятися у біогаз і рідке паливо. Так 1 кг зеленої маси ейхорнії може дати до 19 літрів біогазу в добу в течії місяця.



Для отримання екологічно чистого добрива з маси, що утилізувана, використовують каліфорнійського черв'яка, який в результаті своєї життєдіяльності переробляє осадовий мул в унікальний біогумус. Зелену масу, що так само утилізована, можна використати в якості добавки в раціон худоби. У країнах СНД рослина пройшла офіційні аналізи в Росії в Донському зональному інституті сільського господарства, в Молдавії в Кишинівській філії ЦІНАО. Окрім повної відповідності Госту по хімічному складу, з'ясувалося, що в ейхорнії дуже високий вміст протеїну, каротину, вітамінів А, В, З, Е. Кожен гектар очисних споруд дає від 300 до 1500 т зеленої маси, з якої виходить 1530 т сухого вітамінного корму. Як показала практика 10-процентна ставка «сухого гіацинта» покращує перевірюваність основного корму у свиней до 85 %. Тобто на кожному з'їденому свинями кілограмі з ейхорнією, економиться 150 г основного раціону. Впровадження цього методу у вівчарстві і козівництві дозволяє зменшити навантаження на пасовища до 40–50%.

Припинення життєдіяльності не характеризується анаеробною деструкцією з утворенням сірчистих з'єднань (гниттям). Відбувається втрата води із структури рослин і далі практично повне окиснення. У разі залишення на водній поверхні ейхорнія при негативних температурах вмерзає у лід, а при таненні льоду насичується водою і переважно осідає на дно. Об'єм маси, що осідає, до 1/4 об'єму біомаси, що виросла. Але це значно менше в порівнянні з кількостями витягнутих і перероблених забруднюючих за сезон культивування. У весни, що осіла на дно, біомасі тривають процеси деструкції через процеси ферментації, які в анаеробних умовах відбуваються досить швидко за рахунок використання частини кисню, що знаходиться у воді. Т. ч. об'єм, що осів, швидко придбає мулову структуру.

У холодні періоди роки обладналися, тепличні господарства, водні ділянки зимових садів та ін. Вибір варіанту для цих цілей – з урахуванням технічних можливостей об'єкту, використовує конструкції плаваючого (на водоймі з наявністю теплових забруднень) і стаціонарного типу. Створюються спеціальні умови, в яких вегетація може протікати круглий рік, тобто реальне забезпечення

цілорічного продукування біомаси рослини і реалізація гідроботанічного методу очищення водних середовищ.

Облаштуванням покривних споруд передбачається гарантований захист рослин від цілком вірогідних екстремальних дій. Для збільшення термінів культивування рослин доцільне застосування плаваючих або стаціонарних конструкцій, вони оберігають від можливих спонтанних коливань зовнішніх умов. У випадках, наприклад, коливань температур, характерних для умов середніх широт. Це забезпечує наближення режиму культивації до природних умов. І як наслідок підвищення показників вегетації і можливість змісту рослин з варіантами використання їх зі збільшенням сезонного періоду [28, 29].

Культивування ейхорнії вимагає індивідуального освідчення і підготовки. Застосування з урахуванням умов об'єкту :

- за результатами лабораторних аналізів;
- оцінки елементів домішок у воді;
- умов для життєдіяльності рослини.

При оснащенні додатковим штучним (спеціальним) підсвічуванням, життєдіяльність рослин різко зростає. В ході спостережень і практичного застосування в умовах середніх широт визначені технологічні і технічні можливості і способи збільшення термінів культивування у водоймах. Збільшення терміну оптимальної експлуатації з періоду червень - вересень до періоду березень-жовтень [28, 29].

## **2.4 Оцінка ефективності технологічного рішення**

Підібраний комплекс ВВР є оптимальним для цього типу споруд, враховуючи природно-кліматичні умови місцевості і специфіку промислових стоків.

Очерет звичайний більше пристосований до природно-кліматичних умов місцевості, має широкий діапазон стійкості, і утворюючи густі зарості, запобігає різким перепадом повітряних мас (вітер, протяг), тобто створюються найбільш

оптимальні умови для ейхорнії. Активність вегетації рослини (у ейхорнії тут практично не було, і немає конкурентів) залежить від температури, міри освітленості і концентрації поживних для них речовин. Тому, чим більше відповідає оптимальним умовам життєдіяльності рослини температура води, повітря і міра освітленості, тим інтенсивніше вегетація, а отже, і питомі показники транспірування (випар вологи) і оксигенації (виділення в довкілля кисню). З часом перебування рослин у водному середовищі йде розвиток його надводною і підводною частин.

У табл. 2.1 приведена відносна динаміка розвитку і росту в сприятливому середовищі. В умовах довгого літа вегетація і біопродуктивність ейхорнії, порівняно з її природними житлами, не знижується із-за значного збільшення довготи дня в літній час (ці показники в сумі за весь сезон практично залишаються на тому ж рівні), що і на півдні. Якщо ж очищаються технологічні води, з підвищеною температурою, біопродуктивність зростає буквально у декілька разів, оскільки збільшення тривалості безперервної вегетації ейхорнії тільки на один місяць веде до збільшення кількості зеленої маси як мінімум в 4 рази.

Таблиця 2.1 – Динаміка розвитку і росту ейхорнії

Вік рослини міс.	1	2	3	4
Висота надводної частини рослини, см	15–25	20–30	25–35	30–45
Довжина підводної частини рослини, см	12–18	14–35	30–50	35–50
Вага суцвіття рослини, кг	0,10–0,20	0,15–0,4	0,3–0,6	0,4–0,8

Колонізація починається відтворенням дочірніх відростків з невеликих рослин, на низькому рівні щільності. Ці рослини не збільшуються в розмірах, поки вони не роблять новий щільний килим, сформований з рослин практично однакового розміру.

Підвищена щільність рослин знижує динаміку вегетації. При достатній

кількості живлення – тобто розчинених речовин у водному середовищі рослини в такій колонії нормально розвиваються самі, але вегетація їх слабшає. При надлишку поживних речовин розчинених у воді мат цієї колонії може розростатися до з'єднання з іншим матом або до досягнення нижньої межі виживаності за об'ємом живлення для них.

Механізм споживання з'єднань полягає в тому, що рослини розвивають велику поверхню кореневої системи, яка заселяється гетеротрофами. Встановлюється цикл, в якому стійкі органічні речовини перетворюються в стійкі рослинні клітини.

Головним показником є здатність рослин в певних умовах, таких як температура стоків і повітря, освітленість, довгота дня, концентрації, товщина шару (глибина) і швидкість переміщення потоку (швидкість течії), витягати інгредієнти за одиницю часу. Динаміка очищення залежить, передусім, від активності вегетаційного процесу в рослинах, а це впливає на окислювально-відновні процеси в області кореневої системи. Ейхорнія має високу здатність до росту.

Швидкість очищення стічних вод у тому числі залежить і від кількості мікроорганізмів, що беруть участь в процесі і умов їх мешкання. Необхідно підкреслити, що шкідливими речовинами в ейхорнії можуть бути важкі метали в кількості, що перевищує ГДК. Контролюючи процес очищення, можна регулювати концентрацію важких металів в рослині. Зрозуміло, що органічні залишки рослин, що накопили нафтопродукти або важкі метали, не можуть бути залишені на місці. За літературними даними гіацинт здатний накопичувати в собі метали в концентрації що до 10 000 разів перевищує їх зміст у воді. В цьому випадку потрібно спеціальні місця утилізації – якісь спеціальні могильники.

Детальніша інформація, що відображає міру очищення стічних вод різними методами представлена на рис. 2.5.

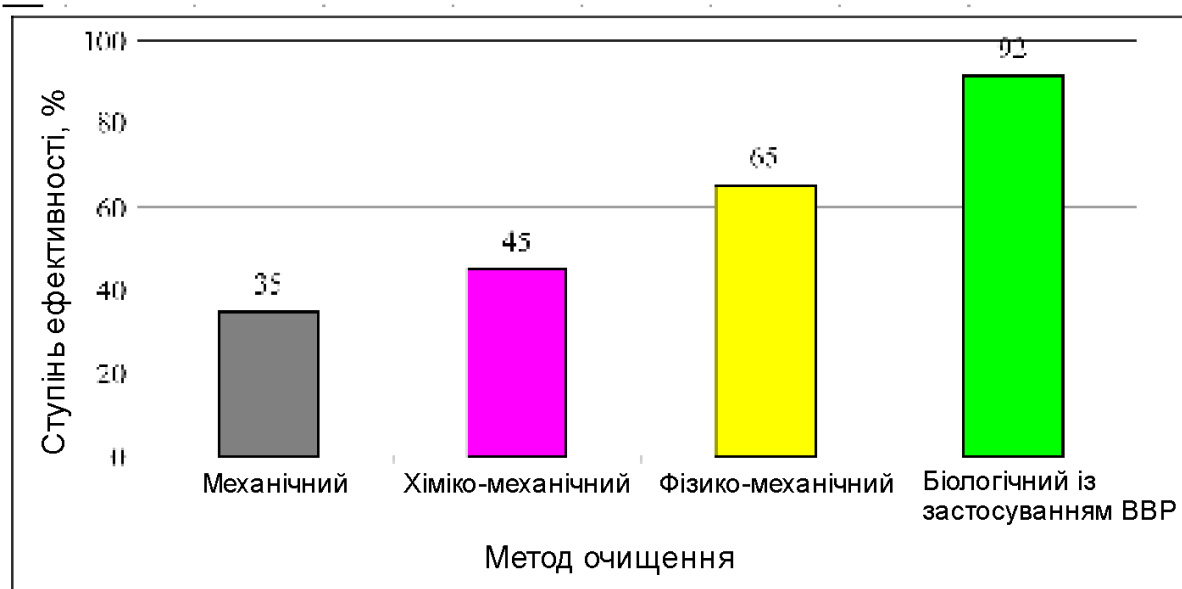
Отримані результати практично не досяжні при будь-якому іншому методі.

За спостереженнями, при знаходженні рослини в робочому об'ємі вод більше 2-х місяців відбувається деяка концентрація витягуванні з води речовин, наприклад:

– при змісті міді у воді 0.03–0.04 мг/л, після 3,5 місяців контакту рослин з водою, мідь у вегетаційній біомасі міститься в концентрації 6,3 мг/кг на вологу вагу або 161,5 мг/кг на суху вагу. Т. ч. спостерігається концентрація в ~ 5 400 разів;

– для цинку спостерігався найбільший показник. При концентрації у воді 0,04-0,07 міліграм/л, в рослині Ейхорнії у кінці сезону, містилося 18,33 мг/ л на вологу вагу або 470 мг/кг на суху вагу. Концентрація цинку сталася в ~ 8 500 разів;

– навіть свинець, зміст якого у воді, як правило, нижче чутливості аналізу (менше 0,005 мг/л), міститься в пробах рослини у кількості ~ 0,2-0,3 мг/кг, на суху вагу. Величина концентрації до 8 000 разів і вона мало залежить від концентрації важкого металу у воді.



**Рисунок 2.5 – Графік ефективності ступеню очищення стічних вод залежно від методу очищення**

Учені декількох НДІ, у тому числі і однієї з військових наукових установ, завершили дослідження світового значення. Водяна рослина ейхорнія, яка добре

відома своєю здатністю очищати водойми від будь-яких забруднень, включаючи промислові і сільськогосподарські стоки, в їх експериментах повністю знезаражувати одну з найстрашніших хімічних отрут – ракетне паливо гептил (його запаси у світі величезні, а утилізація коштує значних витрат).

У експерименті одна рослина ейхорнії вагою в 150–180 грамів повністю поглинає гептил з трьох літрів води в концентрації 110 мг/л в течії 12 діб.

Тобто, при потребі в елементі, рослина витягує з одного місця існування навіть при незначних його концентраціях.

Щільно вкриті ділянки водної поверхні плаваючими на поверхні рослинами ейхорнії значно затіняють простори під ними. Але вміст кисню в цих об'ємах, завдяки високому виділенню рослинами практично не знижується. Встановлено, що ксерофіти добре видаляють з води азот сольового аміаку, що перешкоджає цвітінню води (їх бурхливий ріст) зменшується ейхорнію на 80–90%.

На водних поверхнях в зоні росту і далі у напрямку руху води, забезпечується знищення згустків забруднень, гнильних з'єднань. Не допускається можливість їх освітлення, пригнічується розвиток і утворення личинок кровосисних комах і тому подібне. Очищення води до безпечного рівня забезпечується в корне житньому шарі рослин, якість вод залишається без змін і після шару ейхорнії. У табл. 2.2 надана динаміка процесів очищення стоків ВВР залежно від пори року і метеорологічних умов.

Таблиця 2.2 – Процес витягання інгредієнтів із стічних вод за допомогою ВВР залежно від температури і довготи дня

Інгредієнти	Середня температура, °С/місяць					
	10-12 / квітень	14-16 / травень	18-22 / червень	22-24 / липень	21-22 / серпень	20 / вересень
Зважені речовини, міліграм/л	13,0	3,5	84,9	97,9	97,7	94,9
ХПК мгО <sub>2</sub>	4,8	18,2	72,2	83,6	75,4	57,8
БПК мгО <sub>2</sub>	9,16	47,5	85,5	90,0	90,0	87,5
Аміак, міліграм/л	15,2	44,5	92,8	99,3	96,0	89,4
Фосфати, міліграм/л	40,3	70,2	84,2	87,7	80,7	75,4
Залізо, міліграм/л	-	-	34,0	35,7	36,0	-
Луги, міліграм/л	-	-	-	38,1	38,0	-
СПАВ, міліграм/л	25,4	55,1	88,9	97,4	97,4	80,5
Сульфіді, міліграм/л	34,0	64,0	87,0	95,1	95,0	78,0
Нафтопродукти, міліграм/л	11,2	21,0	75,0	97,0	97,0	81,0
Феноли	15,1	25,0	63,0	81,0	85,1	81,0

Роль окисника в природних процесах життєдіяльності водяного гіацинта виконує кисень, який в надлишку виробляється рослиною. Усі водні рослини при фотосинтезі в різній мірі виділяють кисень прямо у воду, т. е. є оксигенатори, що важливо як для водних тварин, так і для рослин, у яких виділення кисню це процес життєдіяльності. Як і всі плаваючі на поверхні водні рослини, ейхорнія за допомогою листя використовує для фотосинтезу вуглекислий газ з атмосферного повітря. Інтенсивність фотосинтезу рослини ейхорнії набагато вища. Виділення кисню плаваючою водною рослиною Ейхорнія - близько 10 млн. літрів з гектара в місяць. Транспірування і оксигенація сприяють росту і інтенсивності розмноження рослин, що ще більше збільшує необхідність в поживних для них речовинах, оскільки при цьому підвищується потреба витягання живлення для себе з водних середовищ, збагачених розчиненими речовинами.

Але при використанні біологічного методу очищення стоків, необхідно гранично обережно відноситися до зміни (збільшенню) параметрів визначальних

якість стоків, що поступають, оскільки це може привести до пригноблення або загибелі ВВР і як наслідок, зниженню ефективності очищення. У табл. 2.3 надані допустимі значення концентрацій в стоках, що очищаються за допомогою ВВР.

Таблиця 2.3 - Допустимі значення концентрацій в стоках, що очищаються за допомогою ВВР

Назва компонента (параметра)	Значення
Хімічне споживання кисню (ХПК), мгО <sub>2</sub>	до 900
Біологічне споживання кисню (БСК), мгО <sub>2</sub>	до 400
NH <sub>3</sub>	до 60
Фосфати, міліграм/л	до 18
Залізо, міліграм/л	до 22
Щелочність, міліграм/л	до 17
СПАВ, міліграм/л	до 14
Сульфіди, міліграм/л	до 21
Нафтопродукти, міліграм/л	до 25
Феноли, міліграм/л	до 340

Завдяки рослині, що поселяється в гідрооб'ємі, прискорюється процес деструкції з'єднань, детоксикації отрут за рахунок виділення його кореневою системою стимуляторів росту і життєдіяльності вуглецьокісних бактерій. Волокниста коренева система рослин забезпечує сприятливе середовище для безхребетних і комах. На поверхні коренів створюються сприятливі умови і формуються селективні мікробіоценози, в значній кількості виявлялися зооглейні скупчення бактерій, амеби, безбарвні джгутикові, рівновійні і брюховійні інфузорії, коловертки і черв'яки. Поверхня коренів покрита живими організмами, найчастіше епіфітними формами коловерток і інфузорій. Крім того, простір в коренях під щільними матами (куртинами) з водного гіацинта заселяється молюсками, олігохетами і тому подібним, сприяючи підвищенню інтенсивності витягання і біодеструкції органічних і мінеральних речовин. Тобто водна рослинність і мікроорганізми знаходяться в тісних взаємовідносинах.

Міра дії заростей макрофітів на режим водойми залежить від займаної ними площі, густини заростей, а також життєдіяльності гідробіонтів, що



заселили їх. Розширення і реконструкція очисних споруд важливий природоохоронний захід. Очищення міських і промислових стічних вод, запобігає попаданню забруднюючих речовин в хвостосховище (а в аварійному випадку і у відкриті водойми). Відносно рекультивації і очищення ґрунтів, а також створення бордюрних посадок навколо техногенних водойм (зон, що фільтрують) перспективний далекосхідний очерет міскантус.

Розмножується кореневищами, в представлених кліматичних умовах добре зимує, відростання дуже раннє (березень), за сезон збільшує чисельність в 25-30 разів. Насінням не розмножується, що дозволяє контролювати його поширення.

Основними інгредієнтами-забрудниками є:

- Зважені речовини, міліграм/л;
- ХПК, мгО<sub>2</sub>
- БПК, мгО<sub>2</sub>

Міра очищення у БІС запроектована фактично до рівня ГДК у водоймах рибогосподарської категорії. При цьому з метою підвищення рівня очищення від азоту амонійного, зважених домішок і ряду інших речовин в якості фільтру передбачений природний матеріал - пісок.

Для попередження забруднень довкілля в процесі очищення передбачені наступні заходи:

- санітарно-захисна зона об'єкту (200м) обгороджена металевією сіткою;
- передбачені укоси, для попередження забруднень із земної поверхні;
- ставок-накопичувач №1 забезпечує затримку твердих відходів на 30–40%;
- до ВІС передбачені спеціальні під'їзні шляхи.

Ефект після біологічного очищення – практично повне руйнування кишкових паличок, що надає цьому методу високу міру ефективності з санітарної точки зору. Із застосуванням здібностей ейхорнії реальне вирішення питань освітлення і дезодорування стічних вод (зникнення запахів і загибель багатьох хвороботворних бактерій). Значна частина забруднень і токсичність води у водоймах може бути понижена в зоні культивування рослини аж до повної її відсутності. Таким чином, Coli-індекс екосистем може бути приведений до

нормативного стану без застосування додаткових хімічних дезінфікуючих коштів, повертаючи воді повноцінні якості (води перед скиданням можливо не хлорувати).

Створюється біологічний бар'єр розвитку патогенної мікрофлори стоків і проникненню у водойми і підземні води тим самим зниження ризику екологічних лих і поліпшення екологічної обстановки. Одна Ейхорнія в сто разів ефективніше за один очерет. В процесі очищення за допомогою БІС, у рамках одного підприємства економиться десятки тисяч гривень в рік за рахунок припинення виплат за понадлімітне скидання недостатньо очищених комунальних і промислових стоків в р. Дніпро [29, 30].

## **2.5 Організація робіт по здійсненню проекту**

Основні і допоміжні роботи при спорудженні БІС.

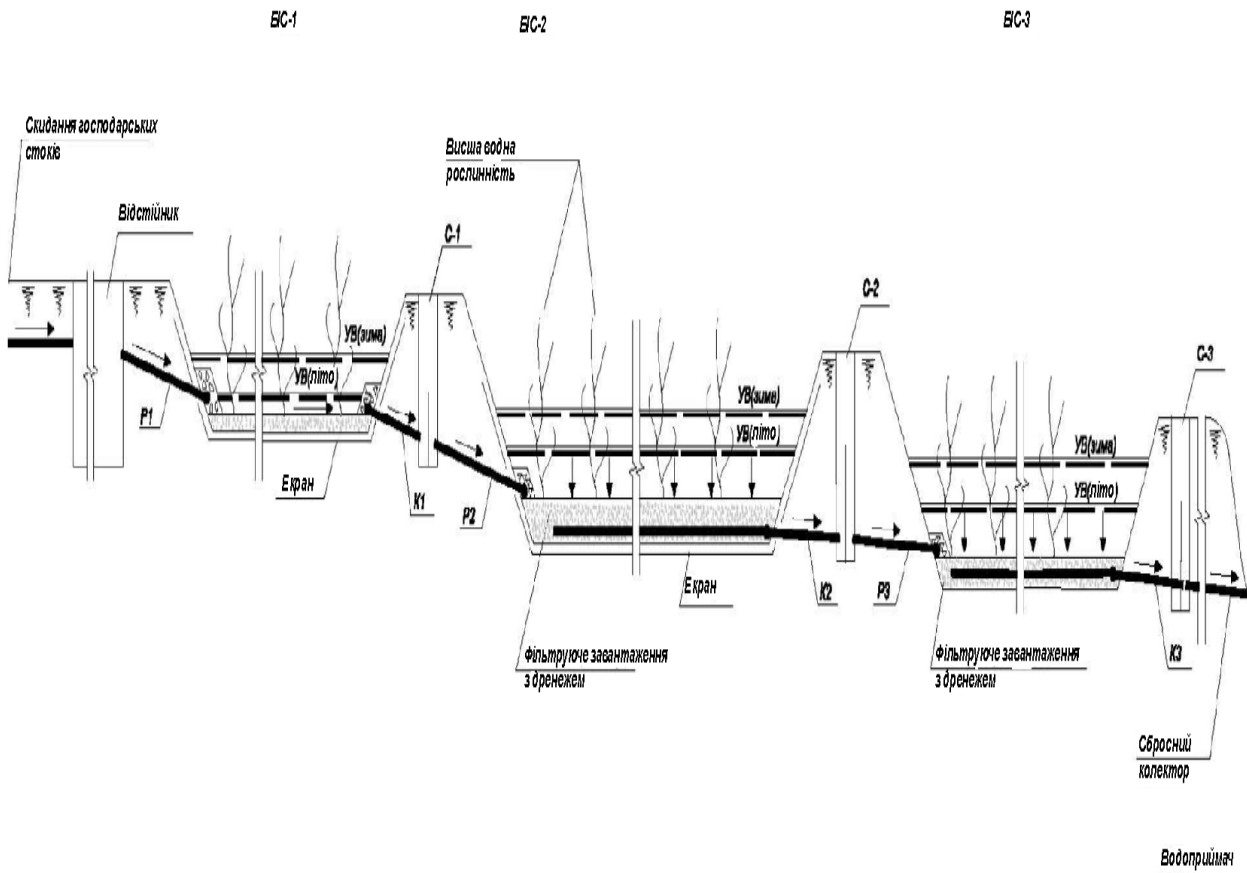
На першому етапі робіт проводиться будівництво біоінженерних споруджень типу 1 (БІС №1 – БІС №2).

Другим етапом є виконання робіт по підключенню споруд до ставка-накопичувача у б. Свидівок і перевірка гідродинамічного режиму роботи системи очищення.

На третьому етапі здійснюють висадку ВВР (очерету) в спорудах (БІС№1 і БІС№2) для формування біогеоценозу в товщі, що фільтрує, БІС. Проводять роботи по рекультивациі і очищенню ґрунтів, а також створення бордюрних посадок навколо техногенних водойм (зон, що фільтрують) далеосхідним очеретом - мІскантусом.

П'ятий (що завершує) етап припускає висадку ВВР у БІС №2. Виведення очисних споруд на проектну потужність.

Схема скидання шахтних вод в річку Самара після впровадження запропонованого рішення приведена на рис. 2.6.



**Рисунок 2.6 – Пропонована схема очищення шахтних вод із застосуванням біоінженерних споруд**

## ВИСНОВКИ

Головними джерелами забруднення поверхневих водойм на території Західного Донбасу є ставки-накопичувачі шахтних вод, розташовані у балках Косьміна, Таранова і Свидівок. Після освітлення і розбавлення поверхневим стоком, шахтні води, які акумулюються в ставках, скидаються в р. Самара.

В процесі експлуатації ш. «Павлоградська» уся шахтна вода видається на поверхню основної проммайданчику у кількості 11280 м<sup>3</sup>/доб при нормальному припливі і 12000 м<sup>3</sup>/доб при максимальному припливі. Вона поступає в контактний відстійник, де здійснюються видалення зважених речовин і нафтопродуктів і знезараження хлором і скидається в ставок-акумулятор шахтних вод, розташований у б. Свидівок. Ставок місткістю 5,3 млн м<sup>3</sup> є загальним для павлоградської групи шахт. Закумульовані в ставку шахтні води освітлюються і після розбавлення поверхневим стоком скидається в р. Самару. Слід зазначити, що міра очищення шахтних вод в ставку - акумуляторі по зважених речовинах і нафтопродуктах не достатня.

Шахтний водовідлив Західного Донбасу характеризується нейтральною реакцією, і вміст солей в шахтних водах коливається в широких межах, за усередненими даними мінералізація шахтних вод східної групи шахт складає 2.2–4.2 г/дм<sup>3</sup>. Шахти західної групи дають води з високою мінералізацією, що становить за усередненими даними для різних шахт 8.1–30.2 г/дм<sup>3</sup>. Разом з солетворними компонентами в шахтних водах міститься свинець, мідь, цинк, кадмій, нікель, кобальт, хром. Крім того, в усіх пробах шахтних вод є залізо і марганець. Непостійність хімічного складу і витрати, органічна забрудненість роблять поверхневі води непридатними для водопостачання. Після скидання недостатньо очищених шахтних вод в поверхневі водойми, відбувається підвищення мінералізації води, що позначається на погіршенні їх стану.

З метою рішення задачі очищення шахтних вод на першому етапі розроблена схема водозахисних заходів, дія яких базується на використанні природного механізму самоочищення забруднених вод, із залученням усього

комплексу фізичних, фізико-хімічних, хімічних і біохімічних процесів.

Здатність вищих водних рослин видаляти з води забруднюючі речовини - біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), важкі метали (кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати – і зменшувати її забрудненість нафтопродуктами, синтетичними поверхнево-активними речовинами, що контролюється такими показниками органічного забруднення середовища, як біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХПК), дозволила використати їх в практиці очищення виробничих, господарчо-побутових стічних вод і поверхневого стоку, як в Україні, так і у всьому світі.

Використання біоінженерних споруд для очищення шахтних вод дозволить високоефективно витягати забруднюючі речовини і знизити рівень негативного впливу процесу видобутку вугілля на природне середовище. Тому впровадження розробленого природоохоронного заходу дозволить нормалізувати стан водних об'єктів Західного Донбасу.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Екологічний атлас Дніпропетровської області. ДНВП Картографія, Київ Дніпропетровськ. – 1995.
2. Робочий проект розробки пластів С4 і С1 ш. Павлоградська ГХК Павлоградуголь, 2010. – 128 с.
3. Кроник А.А. Оцінка перспектив комплексного використання шахтних і кар'єрних вод Придніпров'я / Матеріали міжнарод. конф. «Форум гірників - 2006», Том 1. – Д.: НГУ, 2006. – С. 205–210.
4. Долина Л.Ф. Нові методи і устаткування для знезараження стічних і природних вод. - Дніпропетровськ: Континент, 2003. – 218 с.
5. Тимофєєва С. С. Біотехнологія знешкодження стічних вод // Хим. і технол. Води. – 1995. – 17, № 5. – С. 525–532.
6. Dunbabin J.S., Bowner K.H. Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals // Sci. Total. Environ. –1992. – 111, N 2/3. – P. 56–60.
7. Gleichmann – Verhey E.G., Putten W.H., Vander L. Afvalwaterzuivering met helofytenfilters, een haalbaarheidsstudie // Tijdschr. watervoorz. en. afval water. – 1992. – 25, N 3. – P. 56–60.
8. Hoskova Yasushi, Miyoshi Aichi, Furukawa Keita. Характеристика процесу очищення прибережних вод очеретяними заростями // Rept. Part and Harbour. Res. Inat. - 1991. – 30, N 11. – P. 206–257.
9. Дин Яньхуа. Дослідження зразкового проекту системи очищення стічних вод на зволжених землях із заростями очерету // Chim. J. Environ. Sci. – 1992. – 13, N 2. – P. 8–13.
10. Blankenberg A.-G.B., Buskerud B.C. «LEERDAMMER» – a wetland textfield in Norway. Retention of nutrients, pesticides and sediments from agricultural runoff: Diffuse Pollution. Conf., Dublin, 2003.
11. Lloyd S.D., Fletcher T.D., Wong T.H.F., Wootton R.M. (Australia). Assessment of Pollutant Removal Performance in a Bio - filtration System: Preliminary

Results, 2nd South Pacific Stormwater Conf.; Rain the Forgotten Resource, 27–29 June 2001, Auckland, New Zealand. – P. 20–30.

12. Hadlington Simon. An interesting read // Chem. Brit. – 1991. – 27, N 4. – P. 229.

13. Dawson G.F., Loveridge R.F., Bone D.A. Crop production and sewage treatment using gravel bed hydroponic irrigation // Ibid. – 1989. – 21, N 2 – P. 57–64.

14. Healy A., Cawley M. Nutrient Processing Capacity of a Constructed Wetland in Western Ireland // J. Environ. Quality. – 2002. м 31. – P. 1739–1747.

15. Bishor Paul L., Eighmy T. Tayler. Aquatic wastewater treatment using *Elodea nuttallii* // Water Pollut. Contr. Fed. м 1989. м 61, N 5. м P. 641–663.

16. McAnally A.S., Benefield J.D. Use of constructed water hyacinth treatment systems to upgrade small flow municipal wastewater treatment // J. Environ. Sci and Health. м 1992. м 27, N 3. м P. 903–927.

17. Чен Юаньгао, Дай Цюаньюй, Пі Юй, Чжан Хан. Дослідження умов росту водного гіацинта в сребросодержащих стічних водах і визначення межі нешкідливого для нього змісту срібла в таких водах // J. Ecol. м 1992. м 11, № 2. – P. 30–35.

18. Samkaram Unni K., Philip S. Heavy metal uptake and accumulation by *Typha angustifolia* from wetlands around thermal power station // Int. J. Ecol. and Environ. Sci. – 1990. – 16, N 2/3. м P. 133–144.

19. Короткевич Л.Г. До питання використання водозахисні-очисних властивостей очерету звичайного // Вод. Рес. – 1976. м № 5. – С. 198–204.

20. Seidel K. Abwasserreinigung durch höhere Pflanzen // Garten und Landschaft. – 1978. – 88, N 1. – S.: 9–17.

21. Gersberg R.M., Elkins V., Lyon S.R., Goldman C.R. Role of Aquatic Plants in Wastewater Treatment by Artificial Wetlands // Water Res. – 1986. – 20, N 3. – P. 363–368.

22. Дикиева Д.М., Петрова И.А. Хімічний склад макрофітів і чинники, що визначають концентрацію мінеральних речовин у вищих водних рослинах // Гідробіологічні процеси у водоймах / Під ред. И.М. Распопова. – Л.: Наука, 1983.

– С. 107–213.

23. Смирнова Н.Н. физиологические особенности корневой системы прибрежно водной растительности // Гидробиол. Журн. – 1980. – 26, № 3. – С. 60–69.

24. Дмитриева Н.Г., Эйнон Л.О. Роль макрофитов в перетворенні фосфору у воді // Вод. Рес. – 1985. – № 5. – С. 101–110.

25. Використання біологічних ставків з вищими водяними рослинами в практиці очищення стічних вод // Інформ. бюл. Держбуду. – 2002. – № 4. – С. 38.

26. Стольберг В. Ф., Ладыженский В. Н., Спирин А.И. Біоплато — ефективна малозатратна біотехнологія очищення стічних вод // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – № 3. – С. 32–34.

27. Ладыженский В. Н., Захист водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком з території полігонів ТБО // 1-а конференція з міжнародною участю «Співпраця для вирішення проблеми відходів», 5-6 лютого 2004 р., Харків.

28. Кравець В. В., Мережко О. І. Спосіб біологічного очищення поверхневих вод / Пат. 3550345/SU // Промисл. Вартість. – 1983. – № 3. 25. Knight R.I. Wildlife habitat and public use benefits of treatment wetlands // Water Sci. Technol. – 1997. – 35, N 5. м Р. 35–43.

29. Коцарь Е.М. Інженерні спорудження типу «біоплато» як блок доочистки і водовідведення з неканалізованих територій: Тез.

30. докл. междунар. конф. «AQUATERRA», 1999. – С. 72–73.

31. К.Н. Ткачук, А.О. Гурін, П. В. Бересневич, Д.П. Іванчук, І.Б. Ошмянский. Охорона праці. – К. 1998. – 320с.

32. Кравцов Б.С. Техніка безпеки на агломераційних і збагачувальних фабриках. М., "Металургія", 1966. – 340 с.

33. Коваль Б.А., Губский П. До. Охорона праці на углеобогатительных фабриках. М., «Недра», 1976, 224 с.

34. Правила безпеки у вугільних шахтах. - До.: Основа, 1996. – С. 407–417.

35. Охорона праці : Навчань. для внз /К.З. Ушаков, Б.Ф. Кирич, Н.В.



Ножкин та ін. Під ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1986. – 624с.

36. Хоружий Д.П. та ін. Експлуатація систем водопостачання і каналізації : Довідник / П. Д. Хоружий, А.А. Ткачук, П. І, Батрак. – До.: Будівельник, 1993. – 232с.

37. Безпека людини у життєвому середовищі. За редакцією В. І. Голінька. Навчальний посібник для студентів/ Авт.: В. І. Голінько, М.В. Шибка, Г. О. Мірошник та ін. - Діпропетровськ: НГА України. 1997– 165с.

38. Денисенко Г. Ф. Охорона праці / Учебн. Посібник для вчз. - М.: Высш. шк., 1985.

39. Лапін В. М. Безпека життєдіяльності людини: Навчальний посібник. – Львів, 1999.

41. Податковий кодекс України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 13-14, № 15-16, № 17, ст.112)