

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра хімії, екології та експертних технологій

**Пояснювальна записка
до дипломної роботи
магістра**

на тему «Питання захисту довкілля в умовах розповсюдження продукції,
що містить фосфати»

XAI.106.169.101._____.200

Виконала: студентка 2 курсу, групи 169
Спеціальність: 101 «Екологія»
Освітня програма: «Екологія та охорона
навколишнього середовища»

Могилевська М.В.

Керівник: к.т.н., доцент І.М. Берешко

Рецензент: к.т.н., с.н.с. Квасов В.А.

Харків – 2020

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____
(повне найменування)

Кафедра _____
(повне найменування)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність _____
(код та найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)
« _____ » _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я та по батькові)
1. Тема дипломного проекту (роботи) _____

керівник дипломного проекту (роботи) _____

затверджені наказом Університету від « _____ » _____ року № _____

2. Термін подання студентом дипломного проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) _____

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)
Керівник проекту (роботи) _____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)

ABSTRACT

Pages: 90;

tables: 21;

pictures: 12;

literature sources: 53.

The object of the study is surface waters of various water bodies of the Poltava region.

The subject of research is the pollution of surface waters of the Poltava region with phosphates.

The relevance of the topic of the work is due to a significant increase in the concentration of phosphates in reservoirs and rivers of the Poltava region, where water “bloom” is periodically observed, including in two large reservoirs: Kremenchug and Dneprodzerzhinsk.

The purpose of the work is an ecological assessment of the quality of surface waters of various water bodies of the Poltava region in terms of phosphate content to determine the main sources of pollution and develop measures to reduce it.

In the course of the work, statistical processing of observational data on the concentration of phosphates in rivers and reservoirs of the Poltava region was carried out, information on possible sources of phosphates entering the surface waters and certain ecological categories of water quality in terms of phosphate content was analyzed.

As a result of the work, it was found that the main source of phosphates entering water bodies is municipal wastewater. Developed proposals for reducing the concentration of phosphates in water bodies and rivers

Key words: SURFACE WATER CONTAMINATION, WATER FLOWERING, WATER ENVIRONMENT, LIMIT-PERMISSIBLE CONCENTRATION, WATER QUALITY INDICATORS.

РЕФЕРАТ

Сторінок:90;

таблиць:21;

рисунків:12;

джерел літератури: 53.

Об'єкт дослідження – поверхневі води різних водних об'єктів Полтавської області.

Предмет дослідження – забруднення поверхневих вод Полтавської області фосфатами.

Актуальність теми роботи обумовлена значним збільшенням концентрацій фосфатів у водоймах та річках Полтавської області, де періодично спостерігається «цвітіння» води, у тому числі у двох великих водосховищах: Кременчуцькому та Дніпродзержинському.

Мета роботи – є екологічна оцінка якості поверхневих вод різних водних об'єктів Полтавської області за показником вмісту фосфатів для визначення основних джерел забруднення та розробки заходів щодо його зменшення.

У ході виконання роботи була здійснена статистична обробка даних спостережень за концентрацією фосфатів в річках та водосховищах Полтавської області, проаналізована інформація щодо можливих джерел надходження фосфатів в поверхневі води та визначені екологічні категорії якості води за показником вмісту фосфатів.

В результаті виконання роботи було встановлено, що основним джерелом надходження фосфатів у водойми являються комунально-побутові стоки. Розроблені пропозиції по зниженню концентрації фосфатів у водоймах та річках.

Ключові слова: ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД, «ЦВІТІННЯ ВОДОЙМ», ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ГРАНИЧНО-ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
1 Загальна еколого-географічна характеристика полтавської області	8
1.1. Географічне положення.....	8
1.2 Характеристика рельєфу	9
1.3 Кліматична характеристика регіону	9
1.4 Геологічна будова і мінерально-сировинні ресурси	14
1.5 Води і водні ресурси	17
1.6 Ґрунти і земельні ресурси.....	21
1.7 Найважливіші екологічні проблеми регіону.....	25
2 ОЦІНКА ВПЛИВУ НАДХОДЖЕННЯ НАДЛИШКУ СПОЛУК ФОСФОРУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	29
2.1 Негативний вплив надходження надлишку сполук фосфору на екологічний стан водних об'єктів	35
2.2 Оцінка забруднення фосфатами поверхневих вод Полтавської області.....	41
2.3 Джерела надходження фосфору в поверхневі води	48
2.3.1 Комунально-побутові стоки	49
2.3.2 Промислові стоки	59
2.3.3 Сільське господарство	57
2.3.4 Вимоги до скидання сполук фосфору у водні об'єкти.....	63
3 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК ФОСФОРУ	66
3.1 Фізичні методи видалення сполук фосфору	66
3.2 Фізико-хімічні методи видалення сполук фосфору	67
3.3 Біологічні методи видалення сполук фосфору	77
3.4 Комбіновані методи видалення сполук фосфору	81
3.5 Пропозиції щодо зменшення надходження фосфатів у водні об'єкти з комунально-побутовими і виробничими зворотними водами	84
ВИСНОВКИ.....	90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	92

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Р. - річка

М. - місто

ГДВ – гранично допустимий викид

ГДК – гранично допустима концентрація

КОС – каналізаційні очисні споруди

ВСТУП

В останні роки в Україні спостерігається значне збільшення надходження в поверхневі води сполук фосфору, у тому числі фосфатів, від різних джерел забруднення. Фосфати – одні з найбільш агресивних забруднюючих речовин води та поверхневих вододжерел, їх сполуки погано розкладаються у природі, завдають їй великої шкоди. При попаданні фосфору у водойми, він викликає швидкий ріст водоростей, особливо синьо-зелених (цианових бактерій), які порушують природну біосистему, витягають з води розчинений кисень, не пропускають сонячного проміння, створюють анаеробні умови і призводять до загибелі багатьох живих організмів та накопиченню біотоксинів. Вода в таких водоймах стає не придатною для водоспоживання населенням і небезпечною для здоров'я і життя людини.

Проблема негативного впливу на екологічний стан водних об'єктів надлишкового надходження в поверхневі води фосфатів є дуже актуальною й для Полтавської області, де періодично спостерігається «цвітіння» води у річках та водоймах, у тому числі в двох великих водосховищах: Кременчузькому та Дніпродзержинському. Метою даної роботи є екологічна оцінка якості поверхневих вод різних водних об'єктів Полтавської області за показником вмісту фосфатів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішення наступних задач:

– аналіз існуючих літературних даних про надходження фосфатів в поверхневі води від різних джерел забруднення;

– систематизація даних спостережень концентрації фосфатів у водних об'єктах Полтавської області та екологічна оцінка якості води у водних об'єктах області за показником вмісту фосфатів;

– аналіз існуючих методів очищення зворотних вод від фосфатів та розроблення пропозицій щодо зменшення забруднення поверхневих вод області фосфатами.

1 ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Географічне положення

Територія Полтавської області розташована в центральній і північно-східній частинах України, майже цілком у межах Придніпровської низовини, на лівобережжі басейну Дніпра [1]. Виняток становить невелика ділянка площею близько 150 км² на правобережжі басейну Дніпра, в межах Придніпровської височини. Понад 92% площі області знаходиться у межах природної зони лісостепу, і тільки біля 8% (її крайня південно-східна частина) – у межах степової природної зони Східноєвропейської рівнинної фізико-географічної країни. На півночі Полтавщина межує з областями України: Чернігівською (протяжність меж – 107 км) і Сумською (238 км); на півдні – з Дніпропетровською (173 км) і Кіровоградською (149 км); на сході – з Харківською (188 км); на заході – з Київською (19 км) та Черкаською (225 км) областями. Загальна протяжність меж Полтавської області становить близько 1100 км, з яких 162 км проведені по акваторіях Кременчуцького (98 км) і Дніпродзержинського(64км)водосховищ. Площа Полтавщини –28,8 тис. км², що становить близько 4,8% від площі України (7 місце серед її 24 областей, і 8 місце – враховуючи АР Крим). Крайня північна точка області розташована за 3,3 км на північ від села Білогорілка Лохвицького району, а крайня південна точка – на лівому березі Дніпродзержинського водосховища, в Кобеляцькому районі, за 0,4 км вище старого гирла р. Орель. Протяжність області з півночі на південь, по прямій лінії між її крайніми північною і південною точками, становить 213,5 км.

Крайня західна точка області знаходиться на лівому березі р. Гнила Оржиця, за 1 км від с. Смотрики Пирятинського району, а її крайня східна точка розташована за 1,5 км від с. Шевченко Карлівського району [1].

Адміністративний центр Полтавщини – місто Полтава, розташований у східній частині області.

1.2 Характеристика рельєфу

Територія Полтавської області розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини, якої в сучасному рельєфі відповідає Придніпровська низовина, представлена на півдні Придніпровської терасою, в центральній і північній частинах Полтавської рівнині. Рельєф території рівнинно-хвилястий, розчленований долинами річок на вододільні плато.

За характером рельєфу виділяються три частини: південно-західна - низька, мало розчленована - тягнеться вздовж Дніпра [2]. Найбільша за площею центральна частина області розчленована річковими долинами, ярами та балками. Південно-східна - найбільш підвищена і розчленована, у зв'язку з цим має складний горбистий характер. За походженням рельєф Полтавщини переважно ерозійний, тобто зроблений талими водами льодовиків антропогенного періоду, річками і тимчасовими водотоками. Основними і найпоширенішими формами рельєфу є Вододільний плато і річкові долини, балки.

1.3 Кліматична характеристика регіону

Географічне положення Полтавщини визначило її належність до помірного кліматичного поясу, крайньої південної частини атлантико-континентальної помірно-вологої помірно-теплої кліматичної області. У цілому для території Полтавщини притаманні загальні риси помірного континентального типу клімату. Рівнинний характер поверхні області сприяє поширенню над її територією повітряних мас трьох типів і шести підтипів. Серед трьох зональних типів переважають повітряні маси помірних широт (понад 2/3 днів за рік). Арктичні повітряні маси панують в понад 1/10, а тропічні - понад 1/5 кількості

днів за рік. Найближча метеостанція знаходяться в Полтаві. Одним з найважливіших кліматичних показників є середня місячна температура повітря. Одним із екстремальних кліматичних показників є максимальна і мінімальна температура повітря. В таблиці 1.1 показана середня місячна і річна температури для метеостанції Полтавської області.

Таблиця 1.1 — Середня місячна і річна температура повітря м. Полтави

Полтава													
Середня	-6,6	-5,3	-0,1	8,8	15,4	18,7	20,1	19,4	14,3	7,6	1,5	-3,1	7,6
Середнє квадратичне відхилення	3,9	3,5	3	2,4	1,9	1,9	1,5	1,5	1,4	1,7	2	2,5	1,1
Найбільш низька	-15,4	-17	-7,7	1,7	10,3	14,4	16,9	16,6	10,7	1,5	-7,5	-13,5	5,1
Рік	1963	1929	1928	1929	1919	1887	1852	1915, 1950	1894	1920	1993	1855	1933
Найбільш висока	-0,3	2,7	5,7	13,4	19,5	23,5	24,8	24,9	19,4	12,1	5,7	3	9,5
Рік	1994	2002	1990	1950	1855	1901	1936	1850	1909	1918, 1929	1923	1886, 1960	1975

Найнижча температура в Полтаві була зафіксована в 1929 році, вона досягала -17°C . Сама висока температура була в 1850 році в Полтаві.[3] Атмосферні опади на території області, в основному, випадають при проходженні північно-західних циклонів. Середня річна кількість атмосферних опадів закономірно зменшується із північного заходу на південь та південно-схід Полтавщини, в інтервалі 580...480 мм за рік (у Полтаві – 545 мм за рік). Річна кількість опадів по всій Полтавщині впродовж також зростає (за півстоліття на 60мм і більше). Середня місячна і річна кількість опадів приведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Середня місячна і річна кількість опадів з поправками на змочування

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Полтава												
Середня	43	37	35	40	51	60	71	46	44	42	49	51
Середнє квадратичне відхилення	29,2	20,7	20,5	21,1	24,8	31,8	39,3	27,3	35,2	39,5	28,8	28,3
Коефіцієнт варіації	0,67	0,57	0,58	0,53	0,49	0,53	0,55	0,59	0,80	0,95	0,59	0,56
Найменша	1	1	2	0	4	2	6	0	0	0	2	2
Рік	1894	1954	1903	1918 1934	1934	1935, 1964	1904	1929	1944 1949	1987	1926	1889
Найбільша	138	90	90	155	160	169	260	347	172	192	121	152
Рік	1966	1937	1978	1877	1933	1893	1913	1884	1917	1970	1965 , 1980	1887

Мінімальна кількість опадів спостерігалася в Полтаві в липні 1904 році, максимальна – в серпні 1884 році (347 мм). Слід вказати, що для Полтавщини властивий континентальний тип річного ходу атмосферних опадів (з мінімумом узимку і максимумом улітку). Так, взимку вони в середньому складають 18%, весною і восени по 22%, а літом 38% від річної норми [3]. Найбільш дощові місяці - липень і червень (по 60...70 мм). Мінімум опадів спостерігається у вересні. За три зимові місяці випадає в середньому тільки 85 мм опадів. Зима на Полтавщині характеризується нестійкою погодою, пов'язаною з частою зміною характеру атмосферних процесів. На півночі області вона настає 18 листопада, на півдні – 25 листопада (у Полтаві – 21 листопада). Перша половина зими відзначається активною циклонічною діяльністю, якою зумовлена похмура, вітряна погода з частими опадами. Така погода зумовлена впливом Ісландського баричного мінімуму. Вторгнення арктичного повітря в тилу циклонів викликає значне

зниження температури повітря, посилення вітру, виникнення хуртовин. При тривалому надходженні теплих повітряних мас з середземноморськими і чорноморськими циклонами спостерігається тепла погода з опадами, відлигами (понад 30 днів за зиму), ожеледдю і туманами. Сніговий покрив при цьому може руйнуватися повністю. Середні багатолітні дати закінчення кліматичної зими й початку кліматичної весни – 14 березня на півдні області й 22 березня – на півночі Полтавщини. Із приходом весни відбувається ослаблення циркуляційних процесів; посилюється роль радіаційного фактору, а також вплив підстилаючої поверхні. Весняна погода нестійка. В цей час може спостерігатися різке пониження і підвищення температури, обумовлене відповідно затоками арктичного (із Арктичного максимуму) і тропічного повітря (із Азорського максимуму), а також суховіїв південно-східних вітрів, які приносять повітря, трансформоване з арктичного в континентальне тропічне над територією Середньої Азії й Казахстану. Перша половина весни (з температурою повітря від 0°C до +5°C) зберігає ще риси зимового сезону. В другу половину весни (з температурою повітря від 5° до 15°) посилюється вплив Азорського антициклону. Температура повітря інтенсивно підвищується за рахунок прогрівання земної поверхні. За три весняні місяці сума опадів в середньому складає 105 мм. Зростання кількості опадів протягом весняних місяців пов'язано із значним підвищенням вмісту вологи в повітряних масах. У літні місяці головну роль відіграє радіаційний чинник кліматоутворення. На початку літа ще часті циклони по лінії полярного фронту, який розділяє місцеве прогріте повітря і прохолодне вологе повітря, яке вторгається із Північної Атлантики. Циклони супроводжуються грозами і частими зливами. У другій половині літа переважає антициклональна спекотна суха погода (під впливом Азорського максимуму й місцевих антициклонів). Висока (понад 25°C) температура повітря найчастіше спостерігається в липні (20 днів) і серпні (17 днів). За літо випадає в середньому майже 2/5 частина річної кількості опадів. Сталий перехід середньодобової температури повітря через +15°C в бік її пониження приймається за початок осені. З початком осені відбувається перебудова літнього типу циркуляції на зимовий. Вплив Азорського антициклону

послаблюється. Зростає вплив Ісландського мінімуму та частота вторгнення арктичного повітря. Раніше починався вплив Сибірського антициклону. Пониження температури повітря восени відбувається поступово. З переходом середньодобової температури через 10°C закінчується активна вегетація рослин (1 жовтня на півночі, 8 жовтня – на півдні області). Перехід середньодобової температури повітря через +5°C відбувається в кінці жовтня (по області від 24 до 31 жовтня; у Полтаві 26 жовтня) [4]. На початку третьої декади листопада (21.XI), з переходом середньодобової температури повітря через 0°C закінчується метеорологічна осінь. Осінній сезон (68 днів у Полтаві) більш тривалий і теплий ніж весна. В середньому найбільша кількість (42 мм) буває в жовтні. В таблиці 1.3 показана повторюваність напрямку вітру та штилю.

Таблиця 1.3 — Повторюваність напрямку вітру та штилю

Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
Полтава									
I	7,5	12,8	16,4	11,8	14	12,5	14,7	10,3	3
II	7,1	15,3	20,7	12,7	11	10,3	12,9	10	3
III	8	16,4	19,8	11,9	13,2	11,1	12,2	7,4	3,8
IV	9	16,8	15,7	13,2	13,4	10,9	11	10	4,3
V	12,6	16,4	16,3	12,2	10,6	9,5	11,2	11,2	6,5
VI	14,5	15,5	10,4	8,2	9,5	11	16,5	14,4	6,9
VII	17,1	15,2	9,1	4,4	6,5	9	21,3	17,4	7,7
VIII	17,9	17,7	10,5	6,5	6,5	9,1	16,3	15,5	9,2
IX	11,1	14,7	12,2	7,8	9,3	14	17,8	13,1	7,7
X	8,1	9,1	12,8	9,8	10,6	14	21,8	13,8	4,8
XI	6,8	9,7	14,2	13,4	14	16	18	7,9	2,5
XII	7,7	9,1	12,9	13,6	13,6	15,8	16,4	10,9	1,9
Рік	10,6	14,1	14,3	10,5	11	11,9	15,8	11,8	5,1

Найбільшу повторюваність в Полтаві мають вітри з заходу, найменшу – з південного сходу [4]. На рисунку 1.1 показана роза вітрів Полтави.

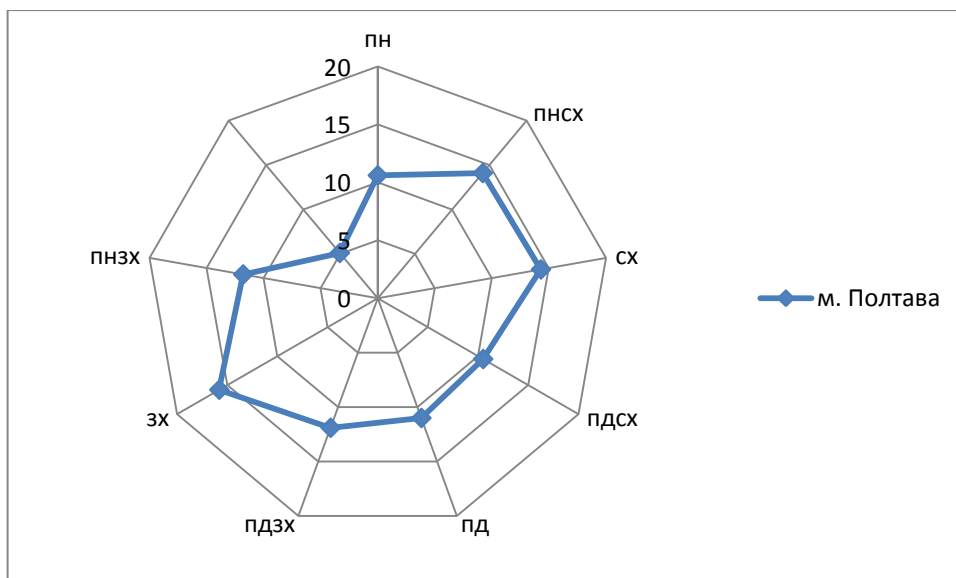


Рисунок 1.1 — Роза вітрів м.Полтави

1.4 Геологічна будова і мінерально-сировинні ресурси

Закономірності поширення корисних копалин (мінерально-сировинних ресурсів) зумовлені геологічною будовою території. Усього в області розвідана біля 300 родовищ корисних копалин. За економічним потенціалом мінерально-сировинних ресурсів область займає 15 місце в Україні. Більша частина території Полтавщини (північна і центральна) розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), а південна – у межах Українського кристалічного щита (УКЩ) та його північно-східних схилів. Обидві геологічні структури входять до складу давньої Східноєвропейської платформи. Їх геологічна будова значною мірою відрізняється: УКЩ є однією з найдревніших геоструктур Землі, виступом фундаменту Східноєвропейської платформи. ДДЗ також має древній докембрійський фундамент. Але на початку герцинського геотектонічного циклу (340 млн. років тому), внаслідок розширення і опускання земної кори, ділянки фундаменту по лініях розломів були нерівномірно опущені. Територія ДДЗ упродовж історії розвитку заповнювалась морськими і континентальними відкладами, неодноразово підіймалась і опускалась. Якщо для УКЩ була

характерною тенденція до піднять, то для ДДЗ – до опускань. Різний вік, походження, історія розвитку цих геоструктур зумовили різницю в поширенні геологічних відкладів, корисних копалин, і в характері рельєфу [4]. Серед рудних корисних копалин виділяються родовища Кременчуцького залізорудного району, який простягається вузькою смугою (шириною 0,5 – 3,8 км) від берегів Дніпра на 45 км у північному напрямку, паралельно течії річки Псел. У його межах виділяють безперервний ланцюжок, який включає п'ять родовищ залізних руд (Горішньо-Плавнинське, Лавриківське, Єристівське, Біланівське і Галещинське) та чотири відокремлені ділянки (Василівська, Харченківська, Мануйлівська і Броварківська) [4]. До нерудних корисних копалин, пов'язаних з кристалічним фундаментом УкЩ, належать 17 розвіданих родовищ міцних будівельних матеріалів (буто-щебеневої сировини) – гранітів, мігматитів, гранітогнейсів, гранодіоритів. На початку 1990-х років діяли кар'єри з видобутку було-щебеневої сировини (у Кременчуцькому й Кобеляцькому районах – Крюківський, Малокохнівський, Редутський, Піщанський, Чикалівський, Тахтаївський, Староорлицький, Шматківський), з яких нині діють тільки ті, які розташовані найближче до залізниці (наприклад, Крюківський, Рижівський). Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ) – відносно молода, накладена на докембрійський фундамент складна внутрішньоплатформенна тектонічна структура, яка пройшла кілька стадій розвитку. Перша, рифтова стадія почалася в середньому девоні (340 млн. років тому).

Зараз на Полтавщині відомо 29 соляних куполів, виражених в рельєфі (Висачківський, Солохо-Диканський, Більський, Радченківський тощо). Гігантські родовища солі на Полтавщині поки-що не розробляються. Паливно-енергетичні ресурси ДДЗ в межах Полтавської області у промислових масштабах представлені горючими природними газами, нафтою, бурим вугіллям, торфом [5]. Вони можуть бути використані як паливо та хімічна сировина у природному стані або після певної обробки. На початок 2008 року на території Полтавщині зареєстровано 68 родовищ вуглеводнів. Більшість родовищ розташовані в північній і східній частині Полтавщини. Причому на північному заході області розповсюджені

переважно нафтові родовища, а на південному сході переважають газові і газоконденсатні. Внесок Полтавщини в загальнодержавному видобутку природного газу становить до 35%, нафти — 20–22%. Природний горючий газ і нафта часто залягають у межах однієї площі. Різні глибини залягання вуглеводнів, а значить різний тиск, температура та інші геологічні умови сприяли утворенню газоконденсатних, газових, нафтових, нафтогазових, газонафтових, нафтогазоконденсатних родовищ. Серед родовищ вуглеводнів переважають газоконденсатні. Менше поширені нафтогазоконденсатні і нафтогазові. Найбільші з нафтогазоконденсатних родовищ: Опішнянське (Зіньківський район), Тимофіївське родовище (Гадяцький район). Із газоконденсатних до найбільших належить Абазівське (Полтавський район), Ковердинське, Котелевське, Розпашнівське (Чутівський район), а також Гадяцьке, Матвіївське, Солохівське, Машівське газоконденсатні родовища; з газових – Руденківське родовище (Новосанжарський район).

Полтавщина займає перше місце серед областей України за запасами і видобутком природного газу й газового конденсату. Запаси нафти в області менш значні. Найбільше по запасах і видобутку нафти – Глинсько-Розбишівське газонафтове родовище (Лохвицький та Гадяцький райони), яке експлуатується з 1959 року (нафта видобувається з 1959 р., газ – із 1970 р.). Це родовище має 23 нафтогазоносних горизонти, що знаходяться у межах склепінь Глинсько-Розбишівського локального тектонічного валу [5]. Нафта родовища містить до 55% світлих фракцій, з яких можна отримувати якісний бензин. Крім нафти і газу, серед осадового чохла південного борту ДДЗ в межах Кобеляцького району розвідані невеликі поклади антрациту (на глибинах 0,6-1,9 км), які не розробляються. Ці поклади належать до найзахіднішої частини Донецького кам'яновугільного басейну (продовження Західного Донбасу). У Полтавській області серед палеоген-неогенових відкладів поширені гончарні глини, які розвідані в районах сіл Хомутець, Попівка, Черевки, смт. Комишня (Миргородський район); у Шишацькому районі; біля м. Лубни. Але найбільше відоме Опішнянське родовище фаянсових та вогнетривких глин (Зіньківський

район). У цьому родовищі у вигляді „гнізд” залягає „побіл” – найніжніша пластична глина попелясто-сірого кольору, яка при обпалюванні біліє. Серед покладів глин, які збагачені оксидами заліза, залягають лінзовидними гніздами жовтого та червоного кольору вохри [6]. Вони являються гарними мінеральними фарбами. Такі родовища знаходяться біля сіл Черевки, Комишня, Мала Грем’ячка, між селами Попівка і Хомутець (Миргородський район), а також в с. Сокілка Кобеляцького району, де залягає груба піщаниста вохра.

На Полтавщині виявлено 20 джерел мінеральних вод, які відносять до хлоридно-натрієвих, гідрокарбонатно-хлоридно-натрієвих (вуглекислих). Найвідоміше з них – Миргородське родовище. Між Яреськами та Шишаками є джерело мінеральної води, назване "Гоголівська". За хімічним складом вона близька до Миргородської, але має меншу мінералізацію. У селищі Нові Санжари були відкриті мінеральні води, які за хімічним складом близькі до джерел. П’ятигорський нарзан”, „Сойми” та аналогічні водам Трускавця та Слов’янська. У глибинних горизонтах ДДЗ залягають термальні води з практично невичерпними запасами. Окремо слід відзначити родовища бішофіту (насичених розчинів хлориду магнію, з домішками мікроелементів), які видобуваються на Східно-Полтавському й Затуринському родовищах. Бішофіт використовують у будівництві й медицині.

1.5 Води і водні ресурси

На території Полтавської області налічується 146 річок (водотоків довжиною понад 10 км) загальною довжиною 5100 км. Серед них дві великі (понад 500 км) - Дніпро і Псел; дев'ять середніх (довжиною 101...500 км); 135 малих річок (100 км і менше). Є також приблизно 1600 струмків. Річкова система у сучасному вигляді сформувалася в кінці льодовикової епохи. Нахил поверхні області зумовлює переважний напрям річкової сітки: майже всі річки течуть з півночі на південь або з північного сходу на південний захід і є лівими притоками Дніпра.

Середня густина річкової мережі $0,27 \text{ км/км}^2$ (по Україні - $0,25 \text{ км/км}^2$). Найбільший цей показник для басейнів Псла і Хоролу – в центральній частині Полтавщини ($0,40 \text{ км/км}^2$). Найменш розвинута річкова мережа ($0,17 \text{ км/км}$) на крайньому заході області, в басейні ріки Оржиця на території Оржицького, Гребінківського та Пирятинського районів. Рівнинний характер поверхні, незначний похил зумовлюють спокійну ледве помітну течію річок, яка становить $0,1-0,3 \text{ м/с}$ [7]. Річки Полтавщини живляться в основному сніговими водами (55-60% від загального об'єму стоку), хоч більша кількість річної суми опадів випадає в тепле півріччя. Це обумовлено тим, що літні опади (за винятком зливових) просочуються в ґрунт, випаровуються і майже не дають стоку. Роль снігового живлення збільшується з півночі на південь області. Другим за значенням джерелом живлення річок є підземні води (30-35%). Роль підземного живлення зростає в зимовий і літній сезони, коли немає стоку поверхневих вод, або він незначний. Дощове живлення становить приблизно 10% річного об'єму стоку. Сумарний річковий стік складається з двох складових: місцевого стоку та транзитного стоку.

Значна частина малих річок бере початок в межах Полтавщини. Дніпро і його найбільші притоки (Псел, Ворскла, Сула та інші) починаються на території інших областей, і стік, які вони звідти приносять, є транзитним. Більша частина місцевого стоку формується у північних районах області. Шар стоку тут сягає 80 мм за рік, а модуль стоку - $3,5 \text{ л/с-км}^2$ [6]. На півдні області ці показники становлять відповідно 40 мм і $1,2-1,5 \text{ л/с-км}^2$. Така різниця пояснюється зменшенням кількості атмосферних опадів, висоти снігового покриву та зростанням випаровуваності з півночі й північного заходу на південний схід. Середній шар стоку по області складає 64 мм, що менше, ніж у середньому по Україні (87 мм). Водоносність і рівень води в річках області протягом року відчутно змінюються. Повінь на річках у зв'язку із таненням снігу розпочинається на початку березня. У цей час формується 70-80% річного об'єму стоку. Наприкінці літа більшість річок міліє, а деякі пересихають (настає літня межінь). У цей час живлення відбувається в основному за рахунок підземних вод.

Обміління рік спричиняє зниження рівня ґрунтових вод, а це веде до зменшення запасів води у ставках та водоймах. Під час літніх злив і осінніх дощів на річках бувають паводки.

За останні півстоліття на Дніпрі і його притоках споруджена велика кількість водорегулюючих споруд (водосховища, захисні дамби, водовідвідні канали і шлюзи тощо), які роблять вірогідність катастрофічних повеней і паводків незначною і дещо згладжують відмінності в розподілі об'єму стоку впродовж року. Останні катастрофічні повені спостерігалися на річках області в першій половині 1950-х років. Але й у наш час у період повеней і паводків підтоплюються або частково затоплюються 400 населених пунктів та більше 100 тисяч гектарів сільськогосподарських угідь. Приблизно 130 днів на рік річки покриті льодом. Льодостав починається на півночі та північному сході області до 7 грудня, завершується на півдні до 20 грудня, весняний льодохід розпочинається навпаки на півдні 17-18 березня, а закінчується 25 березня на північному сході. На весну припадає 75% твердого стоку, на літо та осінь разом - лише 10%. Найменш каламутна вода на крайньому заході області (р. Оржиця), де кількість твердих домішок в воді складає 50 г/м³. Поступово каламутність води збільшується в напрямі на схід. Так для Дніпра каламутність складає 100 г/м³, а для Псла та Ворскли - до 250 г/м³.

Головною водною артерією Полтавщини є річка Дніпро - головна ріка України, третя за площею водозбору в Європі (після Волги і Дунаю), довжина якої 2285 км, а площа басейну 503 тис. кв. км. Дніпро омиває південно-західну частину області на протязі 267 км. Колись мав Дніпро і старі русла – Старка, Старицю, Діда, рукава-притоки, які витікали і вливалися в нього. Серед них: Рящуватий, Ревучий, Гирман, Ярданка. Усі вони зникли з утворенням Кременчуцького водосховища. Найбільшу площу вони займають в басейні Сули (озера - 32 км², болота - 1300 км²), Псла (25 та 190) та Ворскли (15 і 260). В області налічується 124 озера з площею водного дзеркала понад 0,1 км² (загальною площею 676 га і загальним об'ємом води 76 млн. м³).

Живлення озер області відбувається за рахунок весняної повені та літніх паводків. Переважають невеликі озера з площею водного дзеркала від 0,1 до 5 кв.км. Найбільше їх в Оржицькому - 57 озер (загальною площею 252 га) та в Семенівському районах - 32 озера (площею 246 га). Найбільшим заплавним озером є Малий Лиман (на р. Сула) з площею водного дзеркала 4,6 кв.км. Болота поширені в долинах майже всіх річок, але найбільшу площу займають в басейні Сули, Ворскли та Псла. Найбільш заболоченою територією є басейн Сули в нижній її течії, а також Хоролу й Удаю (5-10% площ їх басейнів). Тут зосереджені основні запаси торфу області [8]. Треба відзначити, що в басейні Ворскли площа озер мала, проте площа боліт становить понад 1,8% від загальної площі басейну. За походженням переважають низинні болота, що утворилися на понижених берегах річок завдяки неглибокому заляганню підземних вод. Живлення таких боліт відбувається як за рахунок підземних так і поверхневих вод. Найбільшим болотом в області є Велике Болото на р. Ворсклі (біля станції Мала Перещепина). Іншими великими болотними масивами є Рогозів Кут, Великоселецьке, Плехово, Матвіївське у Посуллі. Певну проблему для області становить антропогенно-стимульоване заболочення й підтоплення земель (на площі 11,5 тис. га).

Основними причинами цих несприятливих явищ є будівництво водосховищ і ставків; втрати води з водопровідної й каналізаційної мереж; ущільнення ґрунтів, яке робить їх менш водопроникними й зумовлює утворення верховодки. Ці чинники окремо чи в сукупності зумовлюють підвищення рівня підземних вод. Для боротьби з підтопленням і заболоченням здійснюються роботи з метою покращення дренажності підземних вод (будівництво дренажних колодязів, осушувальних каналів тощо). У 2004 році в області осушувалося 37,2 тис. земель (найбільше – на заплаві Сули і її притоках). Для того, щоб запобігти втратам води під час весняної повені стік майже всіх річок області зарегульовано. Побудовано 90 водорегулюючих споруд, в т.ч. 68 водосховищ із загальною площею водного дзеркала 6252 га. Обсяг зарегульованої води в них складає 143 млн.м³ (корисний об'єм водосховищ 113 млн.м³). Найбільшими в області є водосховища, що

утворилися після спорудження Кременчуцької (1952р.) та Дніпродзержинської (1964 р.) ГЕС у долині Дніпра [8].

Крім великих водосховищ, на території Полтавської області створено 66 малих водосховищ і 1272 ставки. Обсяг зарегульованої води у малих водосховищах 147,7 млн.м³, у ставках 278 млн.м³. Площа їх водного дзеркала становить, відповідно, 6,45 і 15,91 тис. га. Використовуються вони переважно комплексно, рідше – тільки для потреб сільського, рибного господарства, роботи цукрових заводів, потреб енергетики тощо. Найбільше ставків і малих водосховищ на території Глобинського району (161), найменше – Котелевського (8) й Кобеляцького районів (7).

Загальна площа земель, покритих водою становить 1 488 км², або 5,18% від усієї території області. У тому числі: під штучними водоймами – 1 313 км², річками й струмками – біля 103 км², озерами – 51,4 км². Місцеві водні ресурси річок Полтавської області становлять: у середній за водністю рік 1940 млн.м³, у маловодний рік 75% забезпеченості - 1310 млн.м³, у дуже маловодний рік 95% забезпеченості - 760 млн.м³. У середній за водністю рік з 1 км² поверхні області збирається 82 тис. м³ водного стоку (в Україні – 83 тис. м³; у світі – 268 тис. м³). За об'ємом місцевого стоку Полтавщина займає 12 місце в Україні.

Полтавщина багата на родовища мінеральних і столових підземних вод [9]. Уперше мінеральні води було віднайдено у 1912 році у районі міста Миргорода під час пошуку джерел водопостачання міста. З 1917 року тут діє курорт. Основним лікувальним засобом є мінеральні води. У водолікувальних закладах покращують свій стан головним чином хворі з порушенням обміну речовин та захворюваннями органів травлення.

1.6 Ґрунти і земельні ресурси

Ґрунтовий покрив Полтавської області формувався під впливом помірного клімату з близьким до оптимального зволоженням; переважно на лесових

карбонатних пухких породах, багатих на елементи мінерального живлення і сприятливих за фізико-хімічними властивостями; лучно-степовою і степовою рослинністю на слабо дренованих вододілах і терасах, та широколистяно-лісовою рослинністю на розчленованих правобережжях річок; на півдні області – в умовах неглибокого залягання ґрунтових мінералізованих вод, на півночі – промивного водного режиму; під впливом давнього господарського освоєння [9]. Ці фактори зумовили переваження в ґрунтовому покриві області чорноземів, і опідзолених ґрунтів (перших – переважно на вододілах під степами, других – під лісами).

Різні види чорноземів займають понад 92% площі орних земель і 84% всіх сільськогосподарських угідь території Полтавщини. У тому числі 2/3 площі орних земель становлять чорноземи типові (включаючи їх залишково-солонцюваті й вилугувані відмінності). Ці ґрунти характеризуються потужним гумусованим профілем (80... 120 см), формування якого зумовлено великим обсягом відмерлої рослинної маси, яка щорічно надходила в ґрунт за умов панування лучних степів, а також глибоким проникненням вологи, яка перерозподіляла гумус. Залежність ґрунтового покриву від зміни клімату в найбільшій мірі проявляється на лесових вододільних рівнинах (із північного заходу на схід і південний схід області). Середньогумусні відмінності чорноземів із вмістом гумусу понад 6% поширені на схід від долини Ворскли, а малогумусні (до 6% гумусу) – на захід від неї.

На південному сході Полтавщини чорноземи типові лісостепу поступово переходять в чорноземи звичайні північного степу (у південних частинах Новосанжарського, Машівського, Карлівського, Кобеляцького районів). Ці ґрунти родючі, але розвивались в умовах більшого дефіциту зволоження, тож потребують зрошення. Гумусований профіль їх менш потужний (70... 100 см).

Прикладом залежності ґрунтового покриву від рельєфу є розташування опідзолених ґрунтів [10]. В наш час вони займають площі під широколистяними лісами, а також 6,5% орних земель області (на місці вирубаних лісів). Ці ґрунти сформувалися переважно біля крутих правих берегах річкових долин. На найбільш крутих бровках корінних схилів вузькими смужками зустрічаються ясно-сірі, далі, ближче до вододілів їх змінюють сірі лісові ґрунти. Під ділянками,

де ліс в більш вологі епохи витісняв формувались спочатку опідзолені чорноземи, а потім їх змінювали темно-сірі лісові ґрунти. Негативною рисою цих ґрунтів є "запливання" після дощів. На ділянках, де опідзолені чорноземи (рідше – темно-сірі ґрунти) впродовж кількох сотень років перебували під землеробською культурою, сформувались реградовані чорноземи. За умовами для вирощування озимої пшениці опідзолені й реградовані чорноземи є найбільш сприятливими ґрунтами. Іншим прикладом впливу рельєфу на ґрунтовий покрив є розташування різною мірою засолених ґрунтів (біля третини площі орних земель і сільськогосподарських угідь).

За цим показником Полтавщина виділяється серед інших лісостепових областей. Найбільші масиви солонцюватих ґрунтів поширені на півдні області. Підвищення родючості ґрунтів Полтавщини потребує заходів по їх меліорації (покращенню водного режиму; структури; усуненню несприятливих для рослинності фізико-хімічних властивостей; засоленості, надмірної кислотності тощо), та по охороні від прискореної ерозії, дефляції, хімічного забруднення.

Якість ґрунтів є найважливішим чинником при оцінці земельних ресурсів територій. За 100-бальною шкалою середня якість ґрунтів Полтавщини становить 65 балів (по Україні — 60 балів). За цим показником Полтавщина поділяє 6-7 місце (на рівні з Хмельниччиною, після Черкаської, Чернівецької, Тернопільської, Вінницької, Кіровоградської областей).

Загальна площа земельних ресурсів Полтавщини складає 2,875 млн. га, з яких 2,183 млн. га припадає на землі сільськогосподарського призначення (майже 78%). Орні землі займають 1,759 млн. га. Середня розораність становить 61,2% території Полтавщини, або 80,6% від площі сільськогосподарських угідь що суттєво більше, ніж в середньому по Україні. Орні землі (агrolандшафти) найбільшу площу займають у Гребінківському районі (понад 78% від усієї його території), найменшу – в Кременчуцькому й Глобинському районах (біля 50%). Найменша розораність характерна як для крайніх південних районів (що зумовлено засоленістю ґрунтів), так і крайніх північних районів області – Котелевського, Чорнухинського, Гадяцького (що зумовлено значною

еродованістю земель). Велика розораність Гребінківського й Оржицького районів головним чином пов'язана з їх плоским рельєфом, зручним для обробки земель, а Машівського й Карлівського районів – з рівнинністю поверхні у поєднанні з високою родючістю ґрунтів

Під сіножатями зайнято 157 тис. га (5,47% від площі усіх земельних угідь області або 7,2% від площі сільськогосподарських угідь); під пасовищами – 190 тис. га (6,62% від площі усіх земельних угідь або 8,7% від площі сільськогосподарських угідь). Багаторічні насадження становлять 3,4% від площі сільськогосподарських угідь і 2,2% площі області. Сіножаті й пасовища розташовані переважно на заплавах річокі в балках. Надмірна сільськогосподарська освоєність і велика частка орних земель зумовлюють основні екологічні проблеми, пов'язані із землеробством [11].

На Полтавщині у різній мірі деградовано 79% сільськогосподарських угідь і 75,5% орних земель (у тому числі 9,4% – сильно деградовані). Основною причиною деградації ґрунтів є прискорена водна та вітрова ерозія (дефляція), як наслідок розташування орних земель на схилах понад 2 (16% ріллі), а також застосування еколого-небезпечної техніки та технології тощо. За даними інституту "Полтаваземпроект", в області 82,5 тис. га дефляційно- та 238,7 тис. га ерозійно-небезпечних земель. Ерозія є однією з основних причин порушення структури ґрунтів, зменшення вмісту гумусу, елементів мінерального живлення рослин. Так, у чорноземах типових середньо-гумусних вміст гумусу сягав 6...10% (зараз 3...5%). Їх структура була зернисто-грудочкова (зараз – пилювата, що зумовлює пересихання у ущільнення ґрунтів) [11]. Для компенсації втрат гумусу необхідне внесення до 8...10 т гною; заорювання у ґрунт частин рослинної маси; внесення нормованої кількості мінеральних добрив.

Проблемою останніх десятиліть стала хімічна забрудненість ґрунтів. Так, при застосуванні авіації до 70% маси отрутохімікатів не досягало цілі. Великою проблемою є забруднення культурної рослинності та ґрунтів пестицидами, азотними добривами (розкладання яких зумовлює утворення нітратів) тощо. Підвищення продуктивності землеробства не можливе без меліорації (комплексу

заходів щодо покращення родючості земель). Застосовують різні види меліорації. Так, на початок 1990-х років водні меліорації проводилися на площі 88,44 тис. га (4,3% сільськогосподарських угідь). У тому числі осушувалися 31,4 тис. га заболочених та перезволожених земель (переважно на заході області), зрошувалося 57,04 тис. га (в основному у Глобинському, Кременчуцькому, Кобеляцькому, Машівському, Новосанжарському районах – на півдні області).

1.7 Найважливіші екологічні проблеми регіону

До важливих екологічних проблем Полтавської області можна віднести:

- забруднення атмосфери викидами промислових підприємств та автотранспорту;
- забруднення водних об'єктів скидами забруднюючих речовин із зворотними водами промислових підприємств і комунально-побутовими стічними водами;
- надходження в поверхневі води забруднюючих речовин від дифузних джерел забруднення;
- проблеми щодо умов скидання шахтних і кар'єрних вод у водні об'єкти забруднення підземних водоносних горизонтів;
- порушення гідрологічного та гідрохімічного режиму малих річок регіону;
- підтоплення земель та населених пунктів регіону;
- проблеми щодо поводження з відходами I-III класів небезпеки;
- проблеми щодо утилізації відходів гірничодобувної, металургійної, енергетичної та інших галузей промисловості;
- поширення екзогенних геологічних процесів;
- організація контролю радіаційної безпеки за впливом на навколишнє природне середовище: АЕС, об'єктів з радіоактивними відходами, при ліквідації накопичувачів (хвостосховищ) відходів виробництв з підвищеними рівнями радіоактивності та рекультивації земель, що мають радіоактивне забруднення [12].

Однією із важливих екологічних проблем Полтавської області є забруднення поверхневих вод точковими і дифузними джерелами забруднення.

У 2014 році загальне водовідведення Полтавської області становило 221,3млн.м³, що на 1,3млн.м³ (0,6%) менше, ніж у 2013 році.

У поверхневі водні об'єкти скинуто очисними спорудами області 194,8млн.м³ січних вод, що на 1,4млн.м³ (0,7%) менше ніж у попередньому році (2013– 196,2млн.м³, 2012– 189,1м³, 2011р. – 178,6млн.м³). Зменшення відбулося за рахунок ВАТ «Полтавський ГЗК» (не здійснював скид у р.Сухий Кобелячок), а також зниження скидів КП «Полтававодоканал» та КП «Кременчукводоканал, ТОВ «Мало-Кохнівський кар'єр не мав скиду.

Недостатньо-очищені стічні води становлять 4,283млн.м³ (2,2% від загального скиду усіма очисними спорудами), що 5,6% менше ніж у 2013 році. Майже усі ці скиди – 4,027млн.м³, або 94,0% приходиться на очисні споруди житлово-комунального господарства [12]. Цей показник у звітному році зменшився на 0,23м³.

Комунальними підприємствами області експлуатується більше 1тис.км каналізаційних мереж. Каналізаційні мережі, споруди, насосні агрегати в багатьох населених пунктах відпрацювали нормативний термін експлуатації та потребують капітального ремонту. Недостатнє фінансування цих заходів призводить до забруднення навколишнього середовища, підвищених витрат електроенергії, збільшення собівартості послуг.

Втрати води при транспортуванні зросли з 14,64млн.м³ у 2013 до 20,85 млн.м³ – у 2014 (на 6,21млн.м³, або на 30,0%) Такі втрати мають місце у комунальному і побутовому водопостачання через зношеність та незадовільний стан мереж водопостачання.

У 2014, як і у 2010-2013 роках лідерами-забруднювачами водних ресурсів є обласне комунальне виробниче підприємство водопровідно-каналізаційного господарства «Миргородводоканал» – 35,9% до загального скиду недостатньо-очищених зворотних вод у водні об'єкти та КП «Лубни-водоканал» Лубенської міської ради (випуски №1 та №2) – 25,7 відсотка.

Динаміка всіх скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти протягом 2010–2014 років наведена на діаграмі 1.2.



Рисунок 1.2 — Динаміка всіх скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти протягом 2010–2014

З діаграми зробимо висновки, що найбільше було скинуто зворотних вод у поверхневі водні об'єкти у 2013 році. Їх об'єм становить 196,2млн.м³.

Найменший об'єм скинутих зворотних вод становить 178,6млн.м³. Він був зафіксований у 2011 році.

Динаміка скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти у розрахунку на одну особу протягом 2010 –2014 років наведена на діаграмі 1.3



Рисунок 1.3 — Динаміка скинутих зворотних вод у поверхневій водні об'єкти у розрахунку на одну особу протягом 2010–2014

Проаналізувавши діаграму, можна зробити висновки, що з 2011 по 2013 рік об'єм скинутих зворотних вод у поверхневій водні об'єкти у розрахунку на одну особу збільшувався, і у 2013 році був зафіксований найбільший показник, який становив $134,1\text{ м}^3$. У 2014 році він зменшився лише на $0,9\text{ м}^3$. Найменше було скинуто зворотних вод у 2011 році ($120,5\text{ м}^3$).

В рамках проблеми забруднення поверхневих вод Полтавської області однією з найбільш актуальних є проблема збільшення надходження в поверхневій воді фосфатів. З цією проблемою пов'язана інша важлива екологічна проблема – «цвітіння» Кременчуцького і Дніпродзержинського водосховищ.

В Кременчуцькому і Дніпродзержинському водосховищах накопичення фосфатів збільшується кожен рік. Сполуки фосфору які надходять у водойми зі стічними водами та змитими з полів добривами, стимулюють ріст фітопланктону, синьо-зелених та інших водоростей. Відбувається дуже інтенсивний ріст водоростей. Це призводить до «цвітіння» води у водосховищах. Під впливом водоростей змінюється смак води, вона набуває неприємного запаху.

2 ОЦІНКА ВПЛИВУ НАДХОДЖЕННЯ НАДЛИШКУ СПОЛУК ФОСФОРУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Негативний вплив надходження надлишку сполук фосфору на екологічний стан водних об'єктів

Фосфати – це сполуки металів і фосфорної кислоти. Присутність фосфатів в поверхневих водах є необхідною, так як вони являються важливим компонентом для побудови різних водних організмів. Але перевищення норм вмісту фосфатів в поверхневих водах дуже шкодить як людині так і навколишньому середовищу.

Чинні в Україні норми вмісту фосфатів у водах різного господарчого призначення наведені у табл. 2.1

Таблиця 2.1 — Гранично допустимі концентрації для фосфатів

	ГДК _{Пит.} , мг/л	ГДК _{Гос.-побут.} , мг/л	ГДК _{Рибгос.} , мг/л
PO ₄ ³⁻	3,5	3,5	2,15

Перевищення комунально-побутових нормативів або нормативів для питної води призводить до порушення роботи організму людини в цілому [13]. Було встановлено, що сполуки фосфору порушують кислотно-лужний баланс клітин шкіри, тобто руйнують природний захист, вони взаємодіють з ліпідно-білковими мембранами, проникаючи в структурні елементи клітини і викликаючи глибокі, тонкі зміни в біофізичних і біохімічних процесах, що призводить до дерматологічних захворювань, алергічних реакцій, поразці дихальних шляхів, але і проникаючи через шкіру фосфати частково проникають в кровотік і впливають на вміст гемоглобіну, білка, щільність сироватки крові, що в свою чергу призводить до порушення функції печінки, нирок, скелетних м'язів, а також порушення обміну речовин, важких отруєнь, загострення хронічних захворювань [14].

Чинні (в Україні) рибогосподарські нормативи враховують тільки безпосередній вплив фосфатів на організм риб, але не враховують непрямий вплив через загальне погіршення екологічного стану водного об'єкта.

Загальний вплив фосфатів на екологічний стан водного об'єкта можна визначити на підставі методики екологічної класифікації поверхневих вод [14]. Згідно цієї методики поверхневі води підрозділяють на 6 категорій в залежності від діапазона значень різних показників якості води. У таблиці 2.2 наведено категорії якості поверхневих вод для різних діапазонів значень концентрації фосфатів (в перерахунку на вміст фосфору).

Таблиця 2.2 — Екологічні категорії якості води за вмістом фосфору фосфатів

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорії якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Фосфор фосфатів, мгР/дм ³	<0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201 – 0,300	>0,300
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

В Російській Федерації з 2010 р. встановлено рибогосподарчий норматив на вміст фосфору фосфатів з урахуванням впливу на екологічний стан водного об'єкта. Він дорівнює 0,2 мгР/дм³, що відповідає нижній межі 6-й екологічній категорії якості води («Брудні», див. табл. 2.2)

Найбільш важливою екологічною проблемою, пов'язаною із забрудненням водних об'єктів фосфором, являється антропогенне евтрофування.

Фосфор – один із найважливіших біогенних елементів, найчастіше лімітуючий розвиток продуктивності водойм. Тому надходження надлишку сполук фосфору з водозбору у вигляді мінеральних добрив з поверхневим стоком з полів, із стоками з ферм, із недоочищеними або неочищеними побутовими стічними водами, а також з деякими виробничими відходами призводить до різкого неконтрольованого приросту рослинної біомаси водного об'єкта (це

особливо характерно для непроточних і малопроточних водойм), прискорення процесів евтрофікації водних екосистем (збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми).

За рівнем евтрофікації водойми поділяються на: оліготрофні (слабко евтрофіковані), мезотрофні (середньоевтрофіковані), евтрофні (сильно евтрофіковані). Іноді також в окрему категорію виділяють гіперевтрофні (над-сильно евтрофіковані) водойми — такі, де евтрофікація спричинює масове відмирання біоти та різку зміну параметрів екосистеми.

Відрізняють евтрофікацію природну та антропогенну. Перша – це повільний процес, який відбувається тисячоріччями; антропогенна евтрофікація пов'язана з надходженням до водного середовища поживних речовин (“біогенів” – солі азоту та фосфору) зі зворотними водами, зі зливом із сільськогосподарчих ланів, з річними водами, з атмосферними опадами. В останні роки різко зросла кількість фосфатів у стічних водах. Це в значній мірі пов'язане з тим, що у складі значної кількості миючих засобів (синтетичних поверхнево-активних речовин – СПАР) до 40% їх маси складають поліфосфати. Окрім того, при деструкції нестійких органічних сполук утворюється додаткова кількість фосфатів. Для антропогенного евтрофування водойм характерні радикальні зміни у структурі зоопланктону та їх тіоценозі, які виявляються у заміні довгоциклових та великих форм на дрібні та короткоциклові. Це призводить до початкового підвищення продуктивності водойм та у ряді випадків до збільшення біомаси тварин, але при цьому відбувається заміна цінних промислових риб малоцінними, що мають більшу швидкість відтворення. У результаті цього на перших етапах евтрофування водних об'єктів відмічається зріст рибопродуктивності, а в подальшому – погіршення його видового складу. На більш пізніх стадіях евтрофування відбувається зменшення рибних запасів у зв'язку з погіршенням кисневого режиму, а у гіперевтрофних водоймах його запаси практично зникають.

Відповідно до вимог глобальної системи моніторингу стану навколишнього середовища в програмі обов'язкових спостережень за складом природних вод включене визначення вмісту загального фосфору (розчиненого і зваженого, у

вигляді органічних і мінеральних сполук). В таблиці 2.3 наведені форми фосфору у природних водах. Фосфор є найважливішим показником трофічного статусу природних водойм. Фосфор може бути присутній у водних об'єктах як в органічній так і в мінеральній формах. Органічні сполуки фосфору присутні в поверхневих водах в розчиненому, зваженому і колоїдному стані. З'єднання мінерального фосфору надходять у природні води в результаті вивітрювання і розчинення порід, що містять ортофосфати (апатити і фосфорити) і надходження з поверхні водозбору у вигляді орто-, мета-, піро- і поліфосфат-іонів (добрива, синтетичні миючі засоби, добавки, що попереджають утворенню накипу в котлах тощо), а також утворюються при біологічній переробці залишків тварин і рослинних організмів. Надлишковий вміст фосфатів у воді, особливо в ґрунтовій, може бути відображенням присутності у водному об'єкті домішок добрив, компонентів господарсько-побутових стічних вод, розложуючої біомаси.

Таблиця 2.3 — Форми фосфору у природних водах

Хімічні форми Р	Загальний	Фільтруючий (розчинений)	Частинки
Загальний	Загальний розчинений і зважений фосфор	Загальний розчинений фосфор	Загальний фосфор в частинках
Ортофосфати	Загальний розчинений і зважений фосфор	Розчинені ортофосфати	Ортофосфати в частинках
Гідролізуючі кислотою фосфати	Загальні розчинені і зважені гідролізуючі кислотою фосфати	Розчинені гідролізуючі кислотою фосфати	Гідролізуючі кислотою фосфати в частинках
Органічний фосфор	Загальний розчинений і зважений органічний фосфор	Розчинений органічний фосфор	Органічний фосфор в частинках

Вміст фосфору у воді має сезонний характер коливань і залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу та біохімічного розкладу органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів спостерігаються звичайно навесні і влітку, максимальні – восени і взимку [14].

Антропогенне евфтрофування може призводити до «цвітіння» води. Зі збільшенням народо- населення Землі та посиленням антропогенного впливу на біосферу випадки «цвітіння» води стають все частішими. В якості збудників

евтрофікації нерідко виступають види, які раніше не викликали цього явища. У більшості випадків «цвітіння» води супроводжується накопиченням у водоймах токсичних сполук, що виникають як у результаті життєдіяльності водоростей, так і внаслідок розпаду їх відмерлих клітин. «Цвітіння» вод—масовий розвиток фітопланктону, який викликає зміну кольору води і погіршує кисневу забезпеченість вод [15]. Одна із причин «цвітіння» вод— надходження у водойми мінеральних, особливо фосфоромістких добрив, синтетичних миючих засобів, органічних забруднювачів. «Цвітіння» води— це природне явище, що проявляється в зміні забарвлення води внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей. Про це явище згадував ще в 77 році Пліній Старший. Дуже шкідливим є надмірне цвітіння, яке значно погіршує умови життя у водоймах. Шар води, що цвіте, може досягати 10-15см завтовшки. При цьому виникає задуха риби і вона гине. «Цвітіння» води завдає великих збитків рибному господарству.

«Цвітіння» води, здійснюється за рахунок синьо-зелених водоростей. При слабкому пориві вітру біля берегів водорості здатні утворювати щільний шар, товщина якого може досягати до 15см. Під впливом сонячних променів вони починають розкладатися, при цьому виділяючи пігмент фікоціан, що надає воді синій колір. Варто відзначити, що через використання "пофарбованої" води гинуть теплокровні тварини, а людина, харчуючись свіжозловленою рибою, яка поглинала ці водорості, може отримати сильне отруєння організму.

Існує три види водоростей, здатні спонукати «цвітіння» води: мікроскопічні «веретена» афанізомену, зелені крупіці мікроцистис і ланцюгообразні анабенафлос [15]. З ними можна зустрітися вже в травні місяці. Вони ніби спеціально практично непомітно засідають у воді, чекаючи теплої погоди. Завдяки незначному розмноженню цих водоростей, як не дивно, відбувається розвиток життя у водосховищах. Звичайно, це пов'язано із збагаченням кисню.

Фарбування води також здійснюється і при невеликій присутності даного виду водоростей. У той момент, коли відбувається «цвітіння», вони починають плодитися і збільшуватися. Це, швидше за все, нагадує «біологічний вибух»

величезної сили. Розмножуються водорості простим поділом, але з неймовірно великою швидкістю. Їх клітини обволікають всю поверхню води і навіть виходять за її межі, утворюючи товстий шар, який здатний перехоплювати сонячні промені, сповільнюючи розвиток інших водоростей. Вітер же, у свою чергу, зганяє водорості в "плями цвітіння", поспостерігати за якими можна в затоках. Такі "плями" мають щільний пастоподібний вигляд. Через певний проміжок часу деякі водорості піддаються відмиранню і розкладанню, що надає воді синьо-зелений колір і гострий неприємний запах. Це пов'язано з тим, що відбувається звільнення, як уже було сказано раніше, пігменту фікоціан. Його кількість постійно збільшується у воді одночасно з розкладанням водорослевої маси. Сонячна енергія в даному випадку сприяє прискоренню цього процесу, внаслідок чого водорості огортають білі і сині смуги. В даний час це є справжньою проблемою для водосховищ. Варто відзначити, що при їх розкладанні у воду виділяються ще й отруйні речовини, такі як скатол, індол, фенол, аміак, складні спирти та ефіри, від яких страждають всі живі організми [16]. Що стосується риб, то вони залишають території, де скупчуються у величезній кількості водорості. Звичайно, їм не завжди це вдається, але перебування в таких місцях, як правило, закінчується загибеллю.

При мінімальній концентрації синьо-зелених водоростей, в основному, чисельність риб невелика, але з їх збільшенням, кількість живих організмів також зростає. Це обумовлюється тим, що в період раннього літа рясне розвиток водоростей "притягує" риб, адже з'являються відповідні кормові організми.

Після відмирання або розкладання синьо-зелених водоростей виникають замори, які зустрічаються в бухтах, відкритих прибережжях водосховищ або затоках, звичайно ж, з браком кисню. Його дефіцит пояснюється тим, що водорості в період гниття виділяють токсичні речовини. Під час ночі киснем насичуються і тварини, і рослини, навіть ті ж самі водорості, які і виділяють його вдень. В основному, гниюча і жива частина водоростей вимагає набагато більше кисню, ніж зазвичай. Коли відбувається недолік кисню, молоді особини риб починають підніматися на поверхню води, хапати повітря, дихати ротом і

зябрами, кружляти, бити хвостом, плавати на боці і в кінцевому підсумку гинути від безсилля [16]. Якщо прислухатися до думки дослідників, то загибель риб виникає не через брак кисню у воді, а всього лише від наявності в ній токсинів.

Таким чином, втрати риби дуже великі, особливо це стосується цінних видів. Звичайно, «цвітіння» води у водосховищах в літній період часу негативно впливає на розвиток не тільки молодих риб, але й інших живих організмів, так як відбувається скорочення їх чисельності.

2.2 Оцінка забруднення фосфатами поверхневих вод Полтавської області

На Полтавщині набули великих масштабів проблеми якісного і безпечного водопостачання, які зумовлені як природними, так і техногенними чинниками. Внаслідок господарської діяльності людини найбільше забруднюється шкідливими речовинами водне середовище. Екологічна ситуація в Полтавському регіоні має тенденцію до ускладнення, яке значною мірою зумовлене проблемами води: споживання води низької якості, використання водоймищ, забруднених недостатньо очищеними і незнезараженими стічними водами. Основними джерелами водних ресурсів області являються річки Псел, Сула, Ворскла, Оріль і їх притоки, а також Кременчуцьке і Дніпродзержинське водосховища. Стан поверхневих вод в області постійно погіршується. Одними із головних забруднюючих речовин являються сполуки фосфору, які надходять з комунально-побутовими, промисловими стоками та вході діяльності сільського господарства. В Полтавській області з кожним роком спостерігається значне збільшення концентрацій фосфатів у водоймах та річках.

Контроль вмісту фосфатів у водних об'єктах Полтавської області виконується органами Міністерства надзвичайних ситуацій (МНС) – аналітична лабораторія Полтавського ЦГМ, Міністерства екології і природних ресурсів (Мінприроди) – аналітична лабораторія департаменту екології і природних ресурсів Полтавської ОДА та Державного управління водного господарства

(Держводгосп). Спостереження за вмістом фосфатів в поверхневих водах здійснюється у 63-х пунктах. Перелік пунктів спостережень наведено у таблиці 2.4. Схема розташування пунктів спостережень наведено на рис. 2.1.

Періодичність спостережень в різних пунктах – від 1-го до 12 разів за рік. З метою оцінки забруднення поверхневих вод Полтавської області фосфатами була виконана статистична обробка результатів спостережень вмісту фосфатів за 2013 рік в пунктах, де спостереження здійснюється декілька разів за рік. Були розраховані середньорічні та максимальні за рік концентрації фосфатів. Крім того для всіх пунктів спостережень була виконана екологічна оцінка якості води за показником вмісту фосфору фосфатів. Екологічна оцінка якості води здійснювалася згідно методики екологічної класифікації [17]. Попередньо для кожного пункту спостережень було виконано перерахунок концентрації фосфатів на вміст фосфору фосфатів. Категорії якості води визначалися окремо за даними середньорічних концентрацій і за даними максимальних концентрацій за рік. Результати статистичної обробки даних спостережень та визначення екологічних категорій якості води за показником вмісту фосфору фосфатів наведено у таблиці 2.5.

На рис. 2.1 показані пункти моніторингу, які позначені різними кольорами в залежності від екологічної категорії якості води. Як видно з даної карто-схеми, вода в річках Сула, Хорол та Псел відноситься до найгіршої категорії якості вже на вході в Полтавську область. Нижче за течією внаслідок процесів самоочищення якість води в цих річках покращується до категорії «слабо забруднені». Однак після скидів стічних вод міст Миргород і Хорол якість р. Хорол знову погіршується до категорії «дуже брудні». Аналогічно якість води р. Псел погіршується до категорії «дуже брудні» після скидів стічних вод підприємств харчової промисловості м. Гадяч, а якість води р. Сула погіршується до категорії «помірно забруднені» після скидів стічних вод м. Лубни. Якість води у р. Ворскла погіршується до категорії «дуже брудні» після скиду стічних вод з комунальних очисних споруд м. Полтави.

Таблиця 2.4 – Перелік пунктів спостережень вмісту фосфатів у поверхневих водах Полтавської області

№ з/п	Водний об'єкт	Місце розташування пункту спостереження	Суб'єкт моніторинга
1	2	3	4
1	р. Сула	0,2 км нижче м,Лубни4,2 км нижче скиду зворотних вод м'ясокомбінату	МНС
2	вдсх. Дніпродзержинське	5км нижче м,Кременчук2,8 км вище впадіння р,Псел	МНС
3	р. Псел	8 км нижче м,Гадяч7км нижче скиду зворотних вод м'ясокомбінату	МНС
4	р. Ворскла	в межах м,Кобеляки4км вище впадіння р,Кобелячка	МНС
5	вдсх. Кременчуцьке	вдсх,Кременчуцьке,р-н Власівського в/з	Мінприроди
6	р. Псел	Кременчуцька ТЕЦ,вище скиду,500 м	Мінприроди
7	р. Псел	Кременчуцька ТЕЦ,нижче скиду,500 м	Мінприроди
8	р. Псел	Кременчуцький р-н,пристань Рижевського кар'єру,гирло р,Псел	Мінприроди
9	р. Псел	м,Гадяч,1 км вище міста,2 км вище впадіння р,Грунь	МНС
10	р. Сухий Омельник	м,Глобине,500 м вище скиду з о/с Глобинського ККП	Мінприроди
11	р. Сухий Омельник	м,Глобине,500 м нижче скиду з о/с Глобинського ККП	Мінприроди
12	р. Ворскла	м,Кобеляки	Держводгосп
13	р. Дніпро	м,Комсомольськ	Держводгосп
14	р. Сула	м,Краснозаводське	Держводгосп
15	вдсх. Дніпродзержинське	м,Кременчук,2 км вище міста,4,2 км вище вантажного порту	МНС
16	р. Дніпро	м,Кременчук,500м нижче скиду ВАТ "Сталеливарний завод"	Мінприроди
17	р. Суха Лохвиця	м,Лохвиця,500м вище скиду з о/с	Мінприроди
18	р. Сула	м,Лубни	Держводгосп
19	р. Сула	м,Лубни,0,5 км вище міста,1,3 км вище скиду м'ясокомбінату	МНС
20	р. Сула	м,Лубни,500м нижче скиду з о/с КП "ЛубниАква" і о/с КП "Лубниводоканал"	Мінприроди
21	р. Хорол	м,Миргород,0,5 км вище міста	МНС
22	р. Хорол	м,Миргород,4 км нижче міста	МНС
23	р. Удай	м,Пирятин,500м вище скиду з о/с,автодорожний міст Полтава-Суми	Мінприроди
24	р. Удай	м,Пирятин,500м нижче скиду з Пирятинських о/с	Мінприроди

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
25	р. Ворскла	м,Полтава	Держводгосп
26	р. Ворскла	м,Полтава,1,5 км вище міста,4,5 км вище з/б мосту	МНС
27	р. Ворскла	м,Полтава,1,5 км нижче міста,0,7 км нижче впадіння р,Коломак	МНС
28	р. Коломак	м,Полтава,500м вище скиду з о/с ВАТ"Тепловозоремонтний завод"	Мінприроди
29	р. Коломак	м,Полтава,500м нижче скиду з о/с ВАТ"Тепловозоремонтний завод"	Мінприроди
30	р. Ворскла	м,Полтава,вище міста біля залізничного мосту	Мінприроди
31	р. Коломак	м,Полтава,гирло р,Коломак,1 км вище за течією	Мінприроди
32	р. Удай	с,Березоточа,Лубенський р-н,гирло р,Удай	Мінприроди
33	р. Сула	с,Білогорілка,на межі Лохвицького р-ну з Сумською обл,	Мінприроди
34	р. Псел	с,Бобрик,на межі Гадяцького р-ну з Сумською обл,	Мінприроди
35	р. Хорол	с,Вишняки	Держводгосп
36	р. Хорол	с,Вишняки,500 м вище скиду з о/с Вишняківського спиртзаводу	Мінприроди
37	р. Хорол	с,Вишняки,500 м нижче скиду з о/с Вишняківського спиртзаводу	Мінприроди
38	р. Дніпро	с,Власівка,лівий берег,питний в/з м,Кременчук	Держводгосп
39	р. Хорол	с,Гаркушенці,500м вище скиду з о/с Миргородського ВУВКГ	Мінприроди
40	р. Хорол	с,Гаркушенці,500м нижче скиду з о/с Миргородського ВУВКГ	Мінприроди
41	р. Солониця	с,Засулля,500м вище скиду з о/с "Засуллякомунжитлосервіс"	Мінприроди
42	р. Солониця	с,Засулля,500м нижче скиду з о/с "Засуллякомунжитлосервіс"	Мінприроди
43	р. Дніпро	с,Карпівка,Кременчуцький р-н,ГНС зрошувальних систем	Держводгосп
44	р. Гнила Оржиця	с,Корніївка,500 м вище скиду з о/с НГЧ-8	Мінприроди
45	р. Гнила Оржиця	с,Корніївка,500 м нижче скиду з о/с НГЧ-8	Мінприроди
46	вдсх. Кременчуцьке	с,Максимівка,вдсх,Кременчуцьке	Мінприроди
47	р. Удай	с,Нова Гребля,на межі Пирятинського р-ну з Чернігівською обл,	Мінприроди
48	р. Татарка	с,Петрівка-Роменська,500 м вище скиду з о/с ЖКП	Мінприроди
49	р. Татарка	с,Петрівка-Роменська,500 м нижче скиду з о/с ЖКП	Мінприроди
50	вдсх. Кременчуцьке	с,Пронозівка Глобинського р-ну,Градиська зрошувальна система	Держводгосп
51	р. Хорол	с,Розбишівка,на межі Гадяцького р-ну з Сумською обл,	Мінприроди

Закінчення таблиці 2.4

52	р. Псел	с,Сари,500 м вище скиду з о/с ДП "Гадячсир" і о/с Гадяцького ВУЖКГ	Мінприроди
53	р. Псел	с,Сари,500 м нижче скиду з о/с ДП "Гадячсир" і о/с Гадяцького ВУЖКГ	Мінприроди
54	р. Дніпро	с,Святилівка,в/з рибгоспу	Держводгосп
55	р. Ворскла	с,Терешки,заплава в р-ні скиду о/с ЖКК	Мінприроди
56	р. Ворскла	с,Ханделіївка,Кобеляцький р-н,гирло р,Ворскла	Мінприроди
57	р. Говтва	с,Шкурупіївка,500 м вище скиду з КП "Водоканал"	Мінприроди
58	р. Говтва	с,Шкурупіївка,500 м нижче скиду з КП "Водоканал"	Мінприроди
59	р. Псел	смт Велика Багачка	Держводгосп
60	р. Багачка	смт,В,Багачка,500м вище з скиду з о/с	Мінприроди
61	р. Багачка	смт,В,Багачка,500м нижче з скиду з о/с	Мінприроди
62	р. Орчик	р.Орчик, 500м вище скиду з о/с Карлівської ділянки Полтавського ВУВКГ, м.Карлівка	Мінприроди
63	р. Орчик	р.Орчик, 500м нижче скиду з о/с Карлівської ділянки Полтавського ВУВКГ, м.Карлівка	Мінприроди

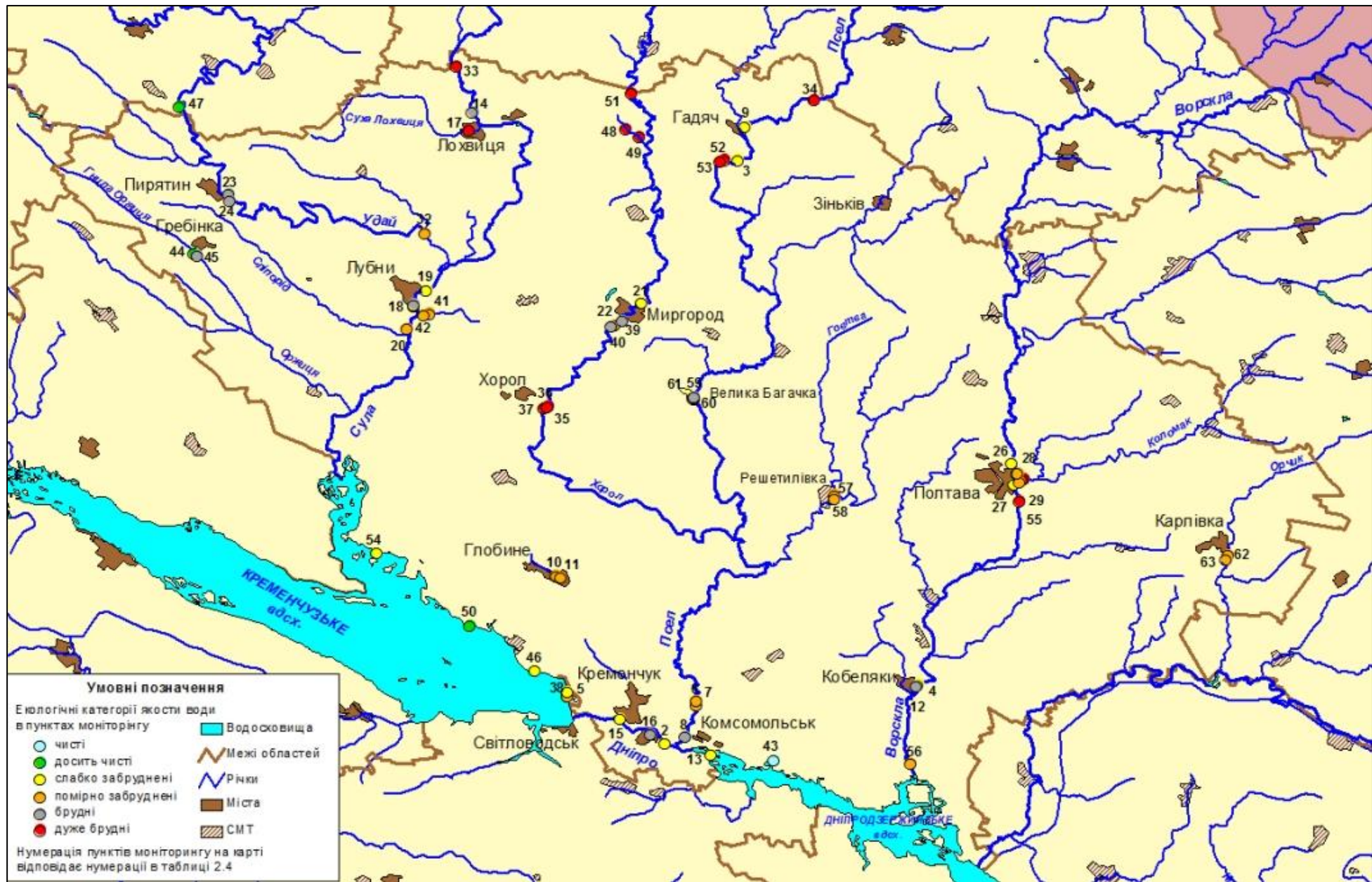


Рисунок 2.1 — Карта-схема розташування пунктів спостереження якості поверхневих вод в Полтавській області

Таблиця 2.5 — Вміст фосфору фосфатів у поверхневих водах Полтавської області по даним спостереження за 2013р та відповідні екологічні категорії якості води (нумерація пунктів відповідає нумерації в табл. 2.4)

№ з/П	Фосфати, мг/л		Фосфор фосфатів, мг/л		Категорія якості води	
	середні	макс. за рік	середні	макс. за рік	за середн. значеннями	за макс. значеннями
1	2	3	4	5	6	7
1	0,25	0,38	0,08	0,13	4	5
2	0,22	0,28	0,07	0,09	4	4
3	0,26	0,38	0,09	0,13	4	5
4	0,24	0,32	0,08	0,11	4	5
5	0,31	0,31	0,10	0,10	5	5
6	0,52	0,52	0,17	0,17	5	5
7	0,58	0,58	0,19	0,19	5	5
8	0,74	0,74	0,25	0,25	6	6
9	0,22	0,34	0,07	0,11	4	5
10	0,40	0,40	0,13	0,13	5	5
11	0,31	0,31	0,10	0,10	5	5
12	0,83	1,04	0,28	0,35	6	7
13	0,21	0,58	0,07	0,19	4	5
14	0,79	1,38	0,26	0,46	6	7
15	0,20	0,27	0,07	0,09	4	4
16	0,82	1,87	0,27	0,62	6	7
17	2,16	2,16	0,72	0,72	7	7
18	0,67	0,96	0,22	0,32	6	7
19	0,23	0,36	0,08	0,12	4	5
20	0,48	0,49	0,16	0,16	5	5
21	0,29	0,52	0,10	0,17	4	5
22	0,33	0,61	0,11	0,20	5	6
23	0,90	1,71	0,30	0,57	6	7
24	0,75	1,69	0,25	0,56	6	7
25	0,51	0,65	0,17	0,22	5	6
26	0,24	0,32	0,08	0,11	4	5
27	0,26	0,33	0,09	0,11	4	5
28	1,12	1,12	0,37	0,37	7	7
29	0,99	0,99	0,33	0,33	7	7
30	0,28	1,12	0,09	0,37	4	7
31	0,53	1,12	0,18	0,37	5	7
32	0,30	0,30	0,10	0,10	5	5
33	0,94	0,94	0,31	0,31	7	7
34	1,04	1,04	0,35	0,35	7	7
35	0,99	1,90	0,33	0,63	7	7

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7
36	1,56	1,56	0,52	0,52	7	7
37	1,37	1,37	0,46	0,46	7	7
38	0,23	0,46	0,08	0,15	4	5
39	0,63	0,63	0,21	0,21	6	6
40	0,73	0,73	0,24	0,24	6	6
41	0,48	0,48	0,16	0,16	5	5
42	0,51	0,51	0,17	0,17	5	5
43	0,06	0,11	0,02	0,04	2	3
44	0,14	0,14	0,05	0,05	3	3
45	0,62	0,62	0,21	0,21	6	6
46	0,17	0,17	0,06	0,06	4	4
47	0,12	0,12	0,04	0,04	3	3
48	2,37	2,37	0,79	0,79	7	7
49	2,17	2,17	0,72	0,72	7	7
50	0,11	0,24	0,04	0,08	3	4
51	0,92	0,92	0,31	0,31	7	7
52	1,11	1,11	0,37	0,37	7	7
53	1,02	1,02	0,34	0,34	7	7
54	0,19	0,40	0,06	0,13	4	5
55	2,31	2,31	0,77	0,77	7	7
56	0,37	0,37	0,12	0,12	5	5
57	0,48	0,48	0,16	0,16	5	5
58	0,33	0,33	0,11	0,11	5	5
59	0,72	0,88	0,24	0,29	6	6
60	1,00	1,00	0,33	0,33	7	7
61	0,84	0,84	0,28	0,28	6	6
62	0,45	0,50	0,15	0,17	5	5
63	0,50	0,62	0,17	0,21	5	6

Проаналізувавши таблицю 2.5, можна зробити висновок, що якість води в даних пунктах спостереження різна. В жодному із пунктів моніторингу концентрація фосфатів не перевищувала комунально-побутових нормативів. Рибогосподарські нормативи перевищувалися тільки в 4-х пунктах: 2 пункту на р. Татарка, 1 пункт на р. Суха Лохвиця та 1 пункт на р. Ворскла нижче скиду стічних вод комунальних очисних споруд м.Полтава.

По середньорічним даним можна сказати, що в 32 пунктах спостереження вода має задовільний стан і відноситься до помірно забрудненої за ступенем її чистоти. В 12 пунктах спостереження водойми брудні та мають поганий стан

якості. Дуже брудні водойми за станом їх чистоти та дуже погані за якістю води спостерігаються у 15 пунктах.

Надлишок фосфору у водоймах призводить до «цвітіння» води. В Полтавській області випадки «цвітіння» стають дедалі частіше.

Одним з найбільших водотоків на території Полтавської області є річка Ворскла. В її водах переважають такі види водоростей, як динофітові, діатомові, золотаві, жовто-зелені, зелені і синьо-зелені. Влітку у Ворсклі домінують синьо-зелені водорості. Особливо активні в цю пору року три види: мікроцистис-флосакве, анабенафлос-акве, афанізоменон- флосакве [18]. Ці види можуть вегетувати разом, але частіше один із них при настанні сприятливих умов починає інтенсивно розмножуватися й у короткий строк досягає значних кількостей, тобто водойма починає «цвісти».

Microcystis flos-aquae (мікроцистис «цвітіння» води) зустрічається у даній річці у вигляді колоній, і за температури води 23–25 °С, рН 7,2 чисельність цього виду водоростей становила $4,0 \cdot 10^6$ кл/л. Влітку колонії *Microcystis flos-aquae* досягають таких розмірів, що їх можна побачити не- озброєним оком – вони утворюють суспензію, пофарбовану в брудно-зелений колір. *Microcystis flos-aquae* – жабуриння, що складається з вегетативних клітин із газовими вакуолями зі спор і гетероцист. У пору «цвітіння» води її вигнуті нитки утворюють досить великі грудочки різних зеленуватих відтінків, що плавають на поверхні водойми. Синьо-зелені водорості – домінанти літніх планктонів, а навесні й восени у річці Ворскла переважають над всіма іншими організмами діатомеї, представлені, в основному, чотирма коло- ніальними видами. В таблиці 2.6 представлений видовий склад водоростей, що викликають евтрофікацію води у р. Ворскла. Найпримітніша з них – *Asterionella Formosa* («астер» у перекладі з грецької – «зірка»), чисельність якої у даній річці становить $1,4 \cdot 10^6$ кл/л. Її паличкоподібні клітини утворюють зірчасті колонії. Інша досить розповсюджена в планктоні діатомея – *Melosira Islandica* ($4,8 \cdot 10^6$ кл/л). Її клітини у формі коротких циліндриків зібрані в нитчасті прямі колонії завдяки слизу, що склеює поверхню сусідніх клітин.

Таблиця 2.6 — Видовий склад водоростей, що викликають евтрофікацію води у річці Ворскла

Види водоростей	Чисельність (кл/л)	Температура, °С	pH
<i>Microcystis flos-aquae</i>	4,0•10 ⁶	23-25	7,2
<i>Asterionella Formosa</i>	1,4•10 ⁶	23-25	7,5
<i>Melosira Islandica</i>	4,8•10 ⁶	23-25	7,6
<i>Tabellaria</i>	3,1•10 ⁶	23-25	7,2
<i>Synura uvella</i>	1,9•10 ⁶	23-25	7,5
<i>Dinobryon divergens</i>	2,4•10 ⁶	20-25	7,6
<i>Peridinos</i>	6,1•10 ⁶	20-25	7,5
<i>Cryptomonas Platyurus</i>	4,8•10 ⁶	20-22	7,6
<i>Chlamydomonas Reinhard</i>	1,3•10 ⁵	20-25	7,2
<i>Gonium pectorale</i>	4,0•10 ⁶	23-26	7,2
<i>Pandorina Morum</i>	4,2•10 ⁶	20-22	7,2
<i>Eudorina Elegans</i>	1,0•10 ⁶	20-25	7,6
<i>Volvox Globator</i>	8,1•10 ⁶	20-25	7,8
<i>Chlorella Vulgaris</i>	6,8•10 ⁶	20-25	7,8
<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	2,5•10 ⁶	20-25	7,8
<i>Hydrodictyon</i>	2,0•10 ⁶	20-22	7,6

«Цвітіння» води річки Ворскла зазвичай починається у місцях із повільним стоком, у теплу пору року, з травня по жовтень, за температури води 15–28 °С, pH 7,2–7,8. У річці Ворскла найчастіше «цвітіння» води викликають саме зелені водорості. Серед збудників евтрофікації є рідкісні для України види. Зазвичай «цвітіння» викликають багатовидові угруповання водоростей, але є види, які розвиваються у вигляді чистої «монокультури». В такому випадку можна припустити, що вирішальну роль у виникненні «цвітіння» води відіграє біотичний фактор, а відповідні види можна розглядати як потенційних продуцентів фізіологічно активних речовин.

Гідробудівництво, створення каналів і штучних водосховищ з зарегульованим стоком на Дніпрі створили сприятливі умови для "цвітіння" води [19]. Прикладом цьому в Полтавській області є Кременчуцьке та Дніпродзержинське водосховища. На рисунку 2.2 показано «цвітіння» Кременчуцького водосховища.

Кременчуцьке водосховище одне з найбільш великих водосховищ каскаду. Знаходиться воно в лісочагарниковій зоні на ділянці Дніпра між Кременчуком і Каневом. Поповнюється в основному водами Канівського водосховища. Роль приток – Супой, Золотоноша, Ірклей, Сула (з лівого берега), Рось, Олипанка, Тясмін, Цибульник (з правого) – в його водному балансі порівняно невелика.

Прозорість води змінюється в основному в межах 0,6-1,6 м, але в зимовий період, особливо в пригребельних ділянках, підвищується до 5 м і більше, а влітку в період "цвітіння" води синьо-зеленими водоростями зменшується до 0,2-0,3 м. Кольоровість води водосховища коливається в межах 20-40 град.

Нижче греблі Кременчуцької ГЕС розташовано порівняно невелике внутрішньо-каскадне водосховище Дніпра – Дніпродзержинське. Знаходиться воно в північній частині степової зони України, обмежена знизу греблею Дніпродзержинської ГЕС і Запорізьким водосховищем, зверху – Кременчуцької ГЕС. Прозорість води коливається в межах 0,6-1,7 м, істотно знижуючись у період літнього "цвітіння" води синьозеленими водоростями. Мінералізація води знаходиться в межах 187-425 мг/л. Підвищеною мінералізацією відрізняються райони впадання в водосховищі Ворскли і Співала. За показниками вмісту біогенних елементів водосховище може бути віднесено до числа евтрофних водойм. таблиц. Стиль «Записка_рисунок1» применяется к абзацу, в котором расположен рисунок. Стиль «Записка_список» формирует нумерованный список.



Рисунок 2.2 — «Цвітіння» Кременчуцького водосховища

«Цвітіння» Кременчуцького та Дніпродзержинського водосховищ викликане масовим розвитком фітопланктону — різними групами водоростей. Серед водоростей, що викликають «цвітіння води» (а це лише 2% відомих видів мікрowodоростей фітопланктону, що належать до дінофітових, діатомових, синьо-зелених водоростей), особливе місце займають такі види синьо-зелених водоростей, як: *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Nodularia spumigena* [19]. Вони є найнебезпечнішими для здоров'я людини через токсини, які продукують. Отрути синьо-зелених водоростей мають широкий спектр дії. Серед них винайдені токсини паралітичної дії, діаретики, нейротоксини, та такі, що викликають амнезію. Відомий токсин — мікроцистин, що утворює *Microcystis aeruginosa*, яка викликає «цвітіння» дніпровських водосховищ, за силою дії займає місце між бутулінумом і отрутою кураре. На рисунку 2.3 зображений космічний знімок Дніпродзержинського водосховища на якому видно «цвітіння» води.

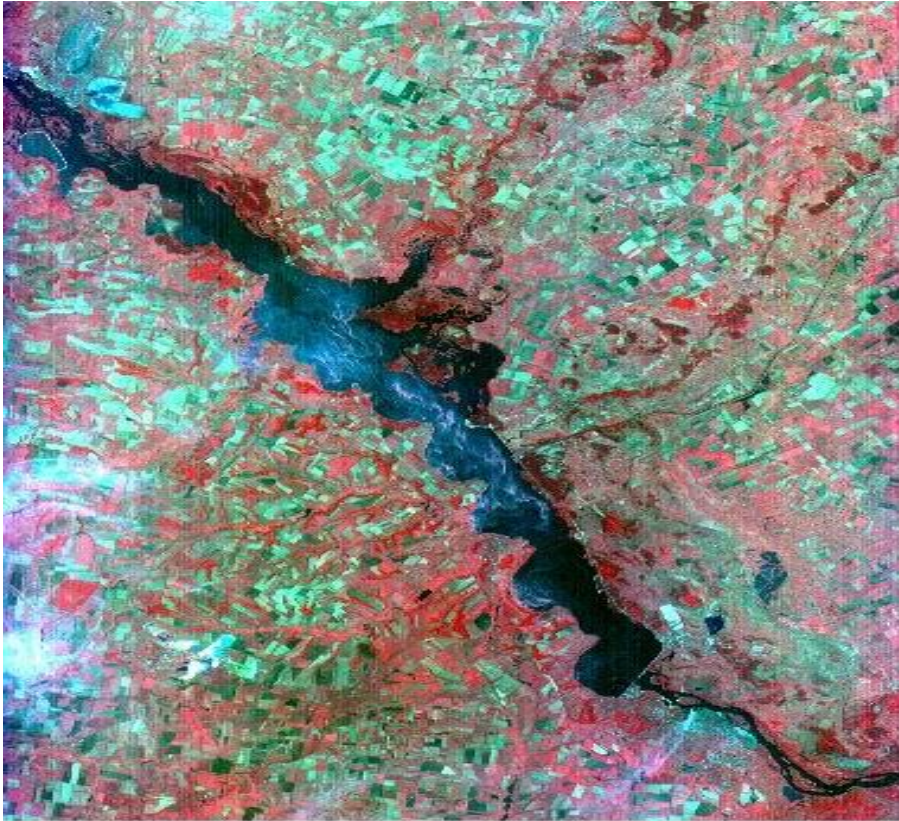


Рисунок 2.3 — Космічний знімок Дніпродзержинського водосховища

Масовий розвиток фітопланктону був спричинений явищем евтрофікації Дніпра — забруднення води значною кількістю біогенів (вуглецю, азоту, фосфору та іншими), які надходили у воду із затоплених водосховищами родючих земель. Вже на кінець минулого століття вчені дійшли висновку, що «цвітіння» поступово втрачає свою силу через стабілізацію процесів надходження біогенів у водосховище.

Але «цвітіння» Кременчуцького та Дніпродзержинського водосховищ лишається значною проблемою. Питання не втрачає актуальності, бо евтрофікація дніпровської води не зменшується, а навпаки. Останні 5–7 років значний внесок в цю проблему роблять фосфати, точніше, синтетичні миючі засоби, які містять фосфати.

Зростання вмісту фосфатів у комунальних стічних водах відбувається через зростання використання у побуті фосфатних миючих засобів та неспроможності водоканалів за допомогою існуючих технологій забезпечити необхідне очищення

стічних вод від фосфатів. А це призводить до того, що водоканали залишаються основними забруднювачами Дніпра.

Саме через те, що в останні роки в Україні різко зросло споживання у побуті (для прання та миття, мийка автомобілів) синтетичних миючих засобів, що містять фосфати та, відповідно, скид у водойми неочищених або недостатньо очищених від фосфатів стоків, СЗВ отримали кращі умови для свого розвитку. СЗВ є автотрофними організмами, які беруть активну участь у первинному створенні органічної речовини, вони існували на Землі вже 3,3–3,5 мільярдів років тому і відіграли важливу роль в еволюції живих форм, здійснивши перехід від прокариотів до еукаріотів (від бактерій до рослин). Їх ще й зараз часто називають ціанобактеріями, тому що вони і досі поєднують властивості мікроорганізмів та рослин. Вони також є азот-фіксаторами і здатні перетворювати атмосферний азот у форми, які є доступними рослинам та тваринам. Тому для масового розвитку СЗВ у природі азот не є лімітуючим фактором, їхнє зростання може обмежуватися браком іншого біогену — фосфору. Ціанобактерії також здатні до різних форм живлення, що дозволяє їм виживати в екстремальних умовах довкілля, включаючи й умови забруднення, яке викликане діяльністю людини.

2.3 Джерела надходження фосфору в поверхневі води

В останні роки одними з найнебезпечніших забруднюючих речовин води стали сполуки фосфору, що потрапляють у водойми зі стічними водами міст, виробництв і сільськогосподарськими мінеральними добривами. В Україні відсутня відкрита інформація за джерелами забруднення водойм фосфором, проте з наукових публікацій відомо, що вони поділяються на три основні групи. Сполуки фосфору надходять у водні об'єкти зі скидами промислових, сільськогосподарських та комунально-побутових вод [20]. На рисунку 2.4 зображено джерела надходження фосфору в поверхневі води та його об'єм у відсотках.

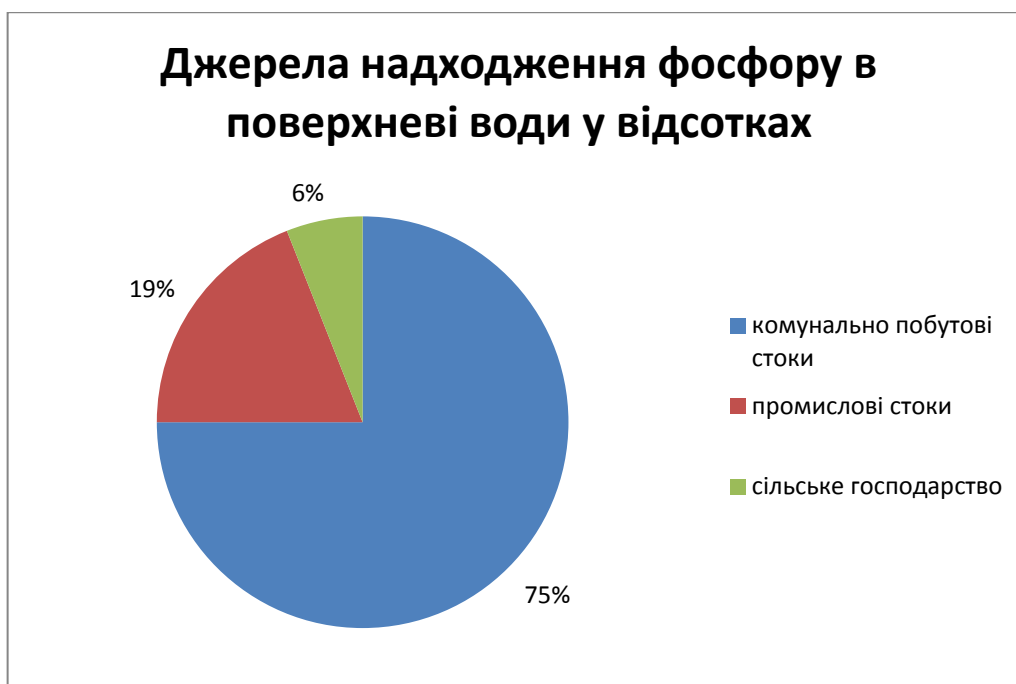


Рисунок 2.4 — Джерела надходження фосфору в поверхневій воді у відсотках

Проаналізувавши діаграму, можна зробити висновок, що головним джерелом надходження фосфору в поверхневій воді являються комунально-побутові стоки. Значно менший об'єм фосфору надходить у водойми через промислові стоки, а найменший – в ході діяльності сільського господарства.

2.3.1 Комунально-побутові стоки

З одного боку, в річки скидаються комунальні стоки, що несуть у собі увесь той достаток хімікатів, на яке не скупляться виробники побутової хімії. Наприкінці 1960-х початку 1970-х років у зв'язку із широким використанням мийних засобів, які містять сполуки фосфору, почалося підвищення надходження фосфору мінерального та фосфору органічного до поверхневих водних об'єктів. Нижче наведені дані щодо миючих та чистильних засобів та вмісту у них сполук фосфору.

Миючі засоби (детергенти) – речовини, що підсилюють миючу дію води. Першими детергентами були мила, отримані з речовин, що зустрічаються в

природі. Але зараз під детергентами звичайно розуміють синтетичні речовини, по миючій дії подібні з милом [21].

Синтетичні мийні засоби використовуються в побуті, у промисловості їх застосовують для відбілювання текстилю, при фарбуванні й аппретированим тканин, на стадіях очищення й травлення металів, для стерилізації встаткування в харчовій промисловості, а також у виробництві косметики.

Найпоширеніші синтетичні мийні засоби - сульфонати натрію. Існують їхні численні різновиди, що трохи розрізняються по властивостях. Для спеціальних цілей використовуються й інші сполуки.

Наявні в продажі мийні засоби рідко являють собою чисті речовини. Звичайно вони містять і інші компоненти, наприклад, помякшувачі води та відбілюючі компоненти, які збільшують їхню ефективність.

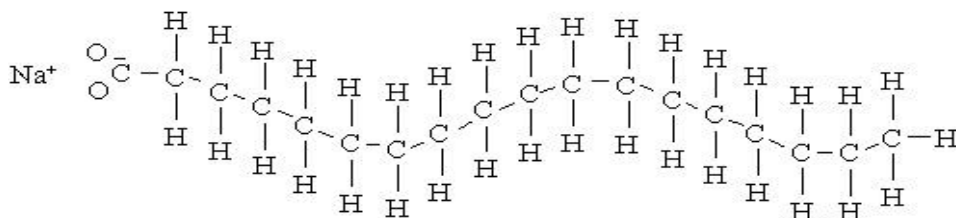
Для миття посуду призначаються відносно м'які детергенти, оскільки при цьому доводиться занурювати руки в миючий розчин. У посудомийній машині можна використовувати більше сильні засоби. Для посилення дії мийних засобів застосовують різні фосфати, силікати й борати. У мийні засоби можуть також додавати хлор.

Для видалення бруду з кухонної раковини також застосовується миючий порошок. Він містить сильні мийні засоби, відбілювачі та абразиви. Для очищення сковорід, що не пригоряють, покритим тефлоном, використовують миючі порошки з низькою абразивністю. Особливо ефективні суміші, що містять сильні луги, призначені для видалення пригару в печах.

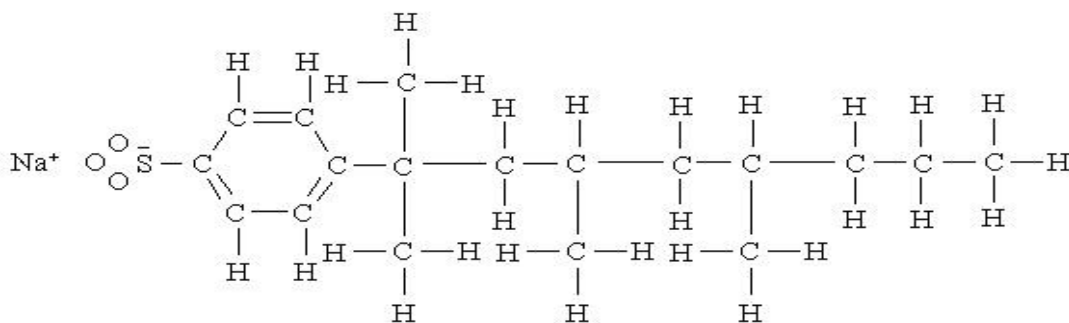
Мило відомо вже тисячі років, але тільки відносно недавно хіміки зрозуміли, чому воно має миючі властивості. Механізм видалення бруду в сутності той самий для мила та синтетичних мийних засобів [21]. Розглянемо його на прикладі повареної солі, звичайного мила й алкилбензолсульфоната натрію, одного з перших синтетичних детергентів.

При розчиненні у воді поварена сіль диссоціює на позитивно заряджені іони натрію й негативно заряджені хлорид-іони. Мило, тобто стеарат натрію (I)

(рис. 2.5), подібні з ним речовини, а також алкілбензолсульфонат натрію (II) поведуться подібним же чином: вони утворять позитивно заряджені іони натрію, але їхні негативні іони, на відміну від хлорид-іона, складаються приблизно з п'ятдесятьох атомів.



(I)



(II)

Рисунок 2.5 — Стеарат натрію (I), алкілбензолсульфонат натрію (II),
емульсія масло-вода (III)

Будь-яку речовину, схильну збиратися на поверхні розділу масло - вода, називають поверхнево-активною речовиною. Всі поверхнево-активні речовини є емульгаторами, тому що сприяють утворенню емульсії масла у воді, тобто «змішанню» масла й води; всі вони мають миючі властивості й утворюють піну - адже піна є як би емульсією повітряних пухирців у воді. Але не всі ці властивості виражені в них однаково. Є поверхнево-активні речовини, які рясно утворюють піну, але є слабкими мийними засобами; є й такі, які майже не піняться, але

являють собою прекрасні мийні засоби. Синтетичні детергенти - це синтетичні поверхнево-активні речовини з особливо високою миючою здатністю.

Миючі та чистіші засоби дуже широко використовуються у побуті. Вони бувають рідкі, гелеобразні та у вигляді порошку.

Як описано вище, до складу миючих та чистячих засобів входять:

- вода (якщо засіб рідкий або гелеобразний);
- поверхнево-активні речовини - мають миючі властивості й утворюють піну (більше детальна інформація надана вище);
- хлор або кислота;
- вспомогаючі речовини – стабілізатор, парфумера композиція, тощо.

Нижче в таблиці 2.7 наведено склад миючих засобів, які є найбільш поширеними в Україні.

Таблиця 2.7 — Склад миючих засобів найбільш поширених в Україні

Назва миючого засобу	Склад
Domestos	вода, натрію гіпохлорит, ПАР, силікат натрію, парфюмерна композиція, стабілізатор
Туалетне каченя	вода, кислота соляна, ПАР, розчинник, барвник, віддушка.
Comet	натрієва сіль, аніонні ПАР, абразив, стабілізатори, барвник, віддушки.
Gala OV	доломіт, аніонні ПАР, ароматизатор
Test	вода очищена, натрієва сіль лінійної алкілбензопсульфокислоти, кокодіетаноламід, карбамід, лаурілетаксисульфат натрію, хлорид натрію, кислота лимонна, гліцерин, барвник, консервант, ароматні композиції
Вік кухня	вода, етилцелозол'є, гідроксид натрію, ПАР, натрієва сіль ЕДТК, консервант, парфюмерна добавка
Mr.Proper	5-15% неіоногенні ПАР, 15-30% аніонні ПАР
Fairy	5-15% неіоногенні ПАР, фосфонати <5%.
Cilit	соляна кислота, неіонні ПАР, барвники та ароматизатори.
Cilit Bang	кисневий відбілювач, аніонні і неіонні ПАР

Як можна побачити з таблиці, з 10 найбільш поширених чистячих та миючих засобів фосфонати є лише в одному- Fairy.

Сучасні миючі засоби та пральні порошки представляють собою складну суміш з 15-20 хімічних речовин, кожний з яких виконує свою функцію.

Основними компонентами прального порошку є наступні:

– поверхнево-активні речовини (біля 20 % порошку) - молекули ПАР мають продовгувату форму, тому її кінцеві групи мають протилежні властивості: одні притягають тільки до молекул води, інші – тільки до жиру. Молекули ПАР рівномірно «оточують» краплі жиру та бруду, відривають їх від тканини та переводять у воду. Для поліпшення миючих властивостей ПАР у пральні порошки додають лужні добавки: кальцинована сода та силікати. Коли води попадають у воду, то частково розщеплюють жири, в результаті утворюються легкокорозивні речовини;

– фосфати (біля 30 % порошку) – усувають жорсткість води та підвищують дію ПАР, крім того фосфати забезпечують м'якість тканини після прасування та захищають спіраль пральної машинки від накипу. Нажаль фосфати мають один недолік – вони наносять шкоду навколишньому середовищу.;

– ензими - біологічно активні добавки, які вводять до складу пральних засобів для видалення плям білкового походження (плями крові, молока, соусу, від яєць, трави, тощо).

– відбілюючі речовини – як правило, використовують відбілювачі, які містять кисень, такі як перборат, перкарбонат натрію, пергідрат сечовини, персульфат калію. Все частіше до пральних порошків додають оптичний відбілювач, часточки якого осаджуються на поверхні тканини та дають ілюзію білосніжності тканини;

– вспомогаючі речовини: стабілізатори піни (додають до автоматичних пральних порошків), ароматичні домішки та ін.

Останнім часом до складу пральних порошків додають також фосфонати, які за однією з класифікацій можна віднести до органічних сполук фосфору. Вони застосовують, як правило, з неорганічними сполуками фосфору (ортофосфатами, поліфосфатами), бо у саме у такій комбінації ефект фосфатів підвищується.

Нижче наведено відомості щодо хімічного складу фосфонатів, їх властивостей та використання.

Фосфонати – ефіри фосфонових кислот. Загальна формула $\text{RP(O)(OR')}_n(\text{OH})_{2-n}$, де R, R' – органічний радикал, n — 1, 2 (іноді до фосфонатів необґрунтовано відносять будь-які похідні фосфонових та тіо- і селенофосфонових кислот). Фосфонати підрозділяють на кислі, або первинні (n=1), і повні, або вторинні (n= 2). Фосфонати зустрічаються в природі, напр. ефіри 2-аминоетил- і 2-метиламіноетилфосфонових кислот виявлені в деяких морських організмах. Фосфонати використовуються як пестициди (наприклад, хлорофос $\text{Cl}_3\text{CCH(OH)P(O)(OCH}_3)_2$), екстрагенти (наприклад, кислі 2-етилгексиллові ефіри алкілфосфонових кислот), лікарські засоби (наприклад, армін-етил(n-нітрофеніл)етілфосфонат), ПАР (кислі фосфонати та їх солі).

Алканофосфати, технічна назва сполук загальної формули $\text{RP(O)(OR')}_n(\text{OM})_m$ де $\text{O}=\text{O}$ де M – H, K, Na, NH_4 , триметіламмоній, R-алкіл або поліоксиетиленалкіл $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}(\text{OC}_2\text{H}_4)_m$, у якому n = 8-18, m = 2-8, R'-алкіл, гідроксіалкіл, галоген алкіл, A-в'язкі рідини, стійкі до 150°C. Алканофосфонати використовуються у якості ПАР, флотореагентів, антистатиків, флокулянтів, емульгаторів при полімеризації акрилатів, комплексоутворювачів важких металів і важких металів. В таблиці 2.8 наведено склад пральних порошків, які найчастіше використовуються в Україні.

Таблиця 2.8 — Склад пральних порошків, які найчастіше використовуються в Україні

Назва прального порошку	Склад
Ariel	менш 5% - катіонні та неіоногенні ПАР, полікарбоксилати, фосфонати, 5-15% - аніонні ПАР, відбілювач, що містить кисень, 15-30% - фосфати;
Tide	катіонні й неіоногенні ПАР, ензими, оптичний відбілювач, пом'якшувачі води, метилцелюлоза, ароматична домішка, антикорозійні елементи, антивспінювач;
Persil-automat	ПАР; відбілювач, що містить кисень, оптичний відбілювач, силікати фосфати, фосфонати, сода; сульфат натрію, сульфат магнію, біодобавки; ензими; антиресорбенти; ароматична домішка, піногасник;
Test	аніонні та неіоногенні ПАР, ензими, оптичний відбілювач, пом'якшувачі води, метилцелюлоза, ароматична домішка, антикорозійні елементи, антивспінювач, перборат натрію;
Dax	ПАР, ензими, фосфати, полімери, карбонати, силікати, сульфати, оптичний відбілювач, ароматична домішка;
Rex	до 5%: мило, фосфонати, полікарбоксилати, неіонові тензиди; 15 - 30% цеоліт, аніонові тензиди, відбілювачі на кисневій основі; ензими, оптичні відбілювач, парфумерні масла;
OMO	аніонні й катіонні тензиди - до 5%, неіонні тензиди 15-30%, барвник, ароматизатор, консервант;
E-automat	неіоногенні та аніонні ПАР, перборат натрію, фосфати, сульфат, карбонати, ТАЕД, силікат, антисорбенти, піногасник, біодобавки ензими, оптичний відбілювач, ароматична домішка;
Losk-automat	ПАР, перборат натрію, ензими, оптичні відбілювачі, відбілювач, що містить кисень, фосфати, сода, сульфат, антиресорбент, піногасник, ароматична домішка;

Як можна побачити, з 9 найбільш поширених пральних порошків фосфорорганічні сполуки є лише в трьох: Ariel, Rex та Persil-automat.

Доля фосфорорганічних речовин, які знаходяться до водних об'єктів за рахунок використання у домашніх господарствах і на підприємствах мийних та чистильних засобів, що містять фосфор, складає не більше 9-17 % від вмісту фосфатів у цих засобах, або приблизно 0,05-0,11 кгР/чол. за рік. Тобто доля фосфорорганічних речовин в надходженні у водні об'єкти за рахунок використання мийних та чистильних засобів складає не більше 5-10 % від загальної кількості фосфору від життєдіяльності людини.

Згідно даних [22] за рахунок використання миючих засобів надходження фосфору від населення складає близько 0,6 кгР/рік. Згідно даних СНіП середня кількість фосфатів (P_2O_5) у стічних водах на одного мешканця міста складає 1,2 кг/рік, а у перерахунку на фосфор – 0,52 кгР/рік. Тому на одного чоловіка винос фосфору з врахуванням використання детергентів складає приблизно 1,1 кгР/рік [23].

Існуючі на даний момент очисні споруди для побутових стоків просто нездатні впоратися з величезною кількістю фосфатів. В результаті більша частина доступного для живлення водоростей фосфору надходить у водойми, погіршуючи і без того безсторонню ситуацію зі станом поверхневих вод України. За наявними даними комунальні стоки вносять у водойми до 75% від загальної кількості фосфору, це складає приблизно 8,9 кт/рік.

2.3.2 Промислові стоки

Іншим джерелом фосфатів є різні промислові стоки. У свою чергу, серед стоків різних виробництв окремо слід виділити скиди води оборотних циклів і стоки концентрату систем зворотного осмосу, які мають безпосереднє відношення до водопідготовки. Фосфати у водопідготовці застосовуються досить давно. Основними реагентами на основі фосфатів є інгібітори накипоутворення і корозії, широко застосовуються для корекційної обробки води для оборотних циклів, охолоджувальних циклів та інших застосувань. Головною перевагою подібних

реагентів є їх порівняно невисока вартість, яку з лишком перекривають недоліки – низька ефективність при значній дозуванні і гостро негативний вплив на навколишнє середовище. Іншою областю застосування фосфатних реагентів є їх використання як «допоміжної» хімії безреагентних мембранних технологій - в першу чергу, зворотного осмосу. У цій області фосфати застосовуються як антискаланта - реагентів, запобігають утворенню відкладень малорозчинних солей на поверхні мембран. Внесок промислової групи стоків у загальну кількість скидається фосфору досягає 20% [24]. На щастя, на сучасному етапі розвитку мембранних методів фосфати слід розглядати як пройдений етап. Причинами відмови від фосфатних реагентів є їх низька ефективність і, не в останню чергу, небажані екологічні наслідки їх застосування. Крім цього, для фосфатних інгібіторів у разі їх передозування спостерігається неприємний побічний ефект - відкладення нерозчинних фосфатів кальцію та інших металів на поверхні мембрани.

Сучасними аналогами застарілих фосфатних інгібіторів є багатокомпонентні антискалантні композиції, що відрізняються високою ефективністю при малих дозах. В їх основі використовуються органічні похідні фосфору - фосфонати, позбавлені основних недоліків фосфатів: низької ефективності і високої біоусвояємості. Іншим основним класом реагентів у складі таких сумішей є полімерні інгібітори, які не мають у своєму складі фосфору і володіють високою інгібіторної активністю. Спільне використання цих реагентів дозволить посилити їх ефективність за рахунок синергетичного ефекту і мінімізувати їх недоліки.

2.3.3 Сільське господарство

Використання у сільському господарстві мінеральних та органічних добрив є одною із головних причин збільшення вмісту фосфору в поверхневих водних об'єктах. Сполуки фосфору надходять у водні об'єкти з поверхневим стоком із незрошувальних водозборів та з колекторними водами зрошувальних територій.

Деякі дані щодо коефіцієнтів питомого виносу фосфору мінерального наведені у таблиці 2.9 [25].

Таблиця 2.9 — Коефіцієнти питомого виносу фосфору з дренажним стоком

Агрофон	Коефіцієнти виносу фосфору, кг/га	
	без добрив	с добривами
Дерн мятлика	0,011	0,022
Монокультура	0,190	0,210
Зернові у сівозміні	0,100	0,145
Люцерна другого року	0,067	0,180

Можливий винос мінерального фосфору до поверхневих вод суші під впливом багатьох факторів змінюється у дуже широких межах. Він залежить від дози внесених добрив, їх хімічного складу, об'єму використаної води для зрошення, виду використовуваної культури, типу ґрунту та його обробки та інше. Орієнтовні дані щодо виносу фосфору з поверхневим та дренажним стоком із меліорованих земель у відсотках від внесеного добрива наведені у таблиці 2.10 [26].

Таблиця 2.10 — Винос фосфору з поверхневим стоком з меліоруємих земель

Культура	Ґрунт	Винос фосфору (% від внесеного добрива)	
		поверхневий стік	дренажний стік
Зернові та овочі	Суглинок	1,0	0,5
	Супісок	1,0	0,5
Багаторічні трави	Суглинок	1,0	0,5
	Супісок	1,0	0,5

Підприємства, які відводять зворотні води від зрошувальних систем, повинні складати форму звітності 2ТП-водгосп. Але, як показує досвід, у формах 2ТП-водгосп для зрошувальних систем наведені дані щодо витрат води, а даних щодо виносу фосфору не має. Тому у відсутності фактичних даних щодо виносу фосфору зі зрошувальних систем можливо тільки зробити якісну оцінку, що у порівнянні з 1990 р. скиди мінерального та органічного фосфору до поверхневих водних об'єктів значно зменшилися у зв'язку зі скороченням обсягів використання добрив та у зв'язку зі скороченням площі зрошувальних земель.

У теперішній час використання пестицидів на значних сільськогосподарських угіддях може призвести до забруднення поверхневих вод. Нижче наведена класифікація сучасних пестицидів, які використовуються у сільському господарстві.

Пестициди - це хімічні або біологічні препарати, використовувані для боротьби зі шкідниками й хворобами рослин, бур'янистими рослинами, шкідниками, що зберігаються у сільськогосподарській продукції, побутовими шкідниками й зовнішніми паразитами тварин, а також для регулювання росту,

перезбирального видалення листів (дефоліанти), перезбирального підсушування рослин (десиканти).

Діюча речовина пестициду є біологічно активна його частина, використання якої приводить до впливу на той або інший вид шкідливого організму або на ріст і розвиток рослин.

У наш час залежно від призначення, хімічної природи й патогенних властивостей для теплокровних і людини прийнято кілька класифікацій пестицидів: хімічна, виробнича, гігієнічна.

За хімічною структурою розрізняють пестициди: хлорорганічні, фосфорорганічні, ртутьорганічні, пестициди, до складу яких входить миш'як, похідні сечовини, ціаністі сполуки, похідні карбамінової, тіо- і дітиокарбамінової кислот, препарати міді, похідні фенолу, сірки і її сполук.

Залежно від виробничих цілей і об'єкта впливу (бур'яниста рослинність, шкідливі комахи, теплокровні тварини) і хімічної природи пестициди підрозділяються на:

- акарициди - для боротьби із кліщами;
- альгіциди - для знищення водоростей і іншої водної рослинності;
- антисептики - для попередження неметалічних матеріалів від руйнування мікроорганізмами;
- бактерициди - для боротьби з бактеріями та бактеріальними хворобами рослин;
- зооциди (або родентициди) – для боротьби із гризунами;
- інсектициди – для боротьби зі шкідливими комахами;
- лімациди (моллюскоциди) - для боротьби з різними моллюсками;
- нематоциди - для боротьби із круглими хробаками;
- фунгіциди - для боротьби із хворобами рослин під впливом різних паразитуючих грибів.

У сільськогосподарській практиці застосовуються як загально винищувальні гербіциди, що знищують всі рослини на оброблюваній площі, так і виборчі, які пагубно діють тільки на бур'янисту рослинність.

Гігієнічна класифікація пестицидів побудована по ступені їхньої отруйності (токсичності) для біологічних об'єктів, кумулятивним властивостям і стійкості з урахуванням можливості циркуляції в зовнішній середовищі. Ступінь небезпеки пестицидів оцінюється по їхній токсичності, летючості, кумулятивним властивостям і стійкості.

Сила токсичної дії вимірюється дозою речовини, вираженої в мг/кг маси тварини або концентрацією речовини в повітрі - мг/л або мг/м³ повітря. Для оцінки токсичності пестицидів прийнято користуватися середньою смертельною дозою (ЛД₅₀), яка викликає загибель 50% піддослідних тварин при однократному надходженні препаратів у шлунково-кишковий тракт.

По ступені летючості пестициди діляться на дуже небезпечні сполуки (насичуюча концентрація більше або дорівнює токсичної), небезпечні (насичуюча концентрація більше граничної) і мало-небезпечні (насичуюча концентрація не робить граничної дії).

Кумуляція пестицидів визначається за коефіцієнтом кумуляції (відношення сумарної дози препарату, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при багаторазовому введенні, до дози, що викликає загибель 50% тварин при однократному введенні). Якщо коефіцієнт кумуляції менше 1, речовина володіє свержкумуляцією; при коефіцієнті кумуляції 1-3 у речовини виражена кумуляція; при коефіцієнті 3-5 -і помірна й при коефіцієнті більше 5 ---і слабовиражена.

Пестициди підрозділяються й по стійкості: дуже стійкі (період розкладу на нетоксичні компоненти понад 2 років); стійкі (0, 5-1 рік); відносно стійкі (1-6 місяців) і малостійкі (1 місяць).

Фосфорорганічні сполуки використовуються як інсектициди й акарициди. Взагалі до інсектицидів відносять до 17 класів хімічних речовин, причому 48% - це фосфорорганічні сполуки, 14% - похідні карбамінової кислоти та 11 % - хлорорганічні сполуки. Інші препарати цієї групи відносяться до інших класів хімічних сполук.

До фосфорорганічних інсектицидів та акарицидів відносяться хлорофос, метофос, карбофос, метатіон, фозалон, фосфамід і ін. Вони використовуються

проти павутинного кліщика - основного шкідника бавовнику, шкідливої черепашки - шкідника зернових культур і ряду шкідників плодів. Препарати мають високу біологічну активність. Їм властиві контактні й внутрірослинні системи дії. Вони проникають у тканину рослини й зберігають токсичність для шкідників протягом двох-шести тижнів. Фосфорорганічні пестициди, мають високу біологічну активність та токсично впливають на організм людини й тварин. Більшість препаратів цієї групи відносять до високотоксичних отрут. У механізмі їхньої токсичної дії лежить пригнічення діяльності життєво важливих ферментів.

Фосфорорганічні пестициди на відміну від хлорорганічних відносно мало накопичуються в навколишнім середовищі. Під впливом води, сонячного світла приблизно протягом місяця вони руйнуються, перетворюючись у малотоксичні сполуки. Так, наприклад, метилмеркаптофос у листах рослин перебуває протягом 30 днів, антипро – 10 днів, фосфамід - 7-10 днів. Тому фосфорорганічні препарати в меншій мірі забруднюють харчові продукти, отримані з оброблюваних культур і тварин. Однак деякі препарати (наприклад, тіофос) мають високу токсичність і можуть викликати гостре отруєння. Їхнє застосування в Україні заборонено.

Зі списку пестицидів, що дозволяються для застосування, виключені стійкі й високотоксичні інсектициди, акарициди, родентициди й фунгіциди (дієнового синтезу, фторорганічні, ряд хлор- і фосфорорганічних сполук).

Значним джерелом надходження мінерального фосфору являється тваринницькі комплекси. У таблиці 2.11 наведені дані щодо кількості мінерального фосфору у відходах на одну голову тварини, кг/добу [26].

Таблиця 2.11 – Кількість забруднюючих речовин у відходах на одну голову тварини, кг/добу

Вид тварин	БСК	Азот мінеральний	Фосфор мінеральний
М'ясна і молочна худоба	0,45	0,14-0,18	0,05
Свині	0,11	0,03	0,01

Враховуючи значний спад у тваринництві за останні роки можливо вважати, що також значно зменшився винос фосфору мінерального від тваринництва. У таблиці 4.5 наведені дані про кількість, утвореного в тваринництві загального фосфору в прибережних областях України за період з 1990 по 2004 р. Як видно з представлених у таблиці даних, практично по усіх видах тваринництва відбулося зменшення кількості створеного загального фосфору. У 2004 р. кількість створеного загального фосфору зменшилося в порівнянні з 1990 р. в 3,6 разів.

2.3.4 Вимоги до скидання сполук фосфору у водні об'єкти

Становлення екологічної класифікації водних об'єктів по ступені забруднення і розвиток представлень про причини, що приводять до зміни їхнього стану привело до підвищення вимог до якості очищення стічних вод по концентрації фосфору. Стала очевидною необхідність нормування скидання стічних вод, що надходять у водні об'єкти не тільки по вмісту речовин, що окислюються, а також і фосфору.

На сьогодні у світі відсутні загально прийняті нормативи скидання фосфору, і підходи до оцінки необхідної якості очищення стічних вод різні. У країнах Євросоюзу вимоги пред'являються безпосередньо до стічних вод, у Росії – до суміші стічної води і води водойми. Україна займає проміжне положення, тому що значення частини показників визначені для стічної води (БСК, ХСК і завислі речовини), а значення показників, що залишилися, визначаються для суміші стічних вод і води водойми.

Іншою відмітною рисою порівнюваних підходів є те, що в країнах ЄС у стічних водах нормується загальний зміст фосфору, а в Росії – тільки мінеральні розчинні форми. Законодавство України в цьому відношенні ближче до російського підходу.

Можна висунути аргументи на користь кожного з розглянутих підходів. В даний час ще є неясним, чи буде самостійно існувати кожний з підходів, чи відбудеться конвергенція поглядів. Варто визнати, що російські норми більш строгі, чим європейські стандарти, тому що зараз у Росії існує тенденція призначати рівні гранично допустимого вмісту (ГДВ) для стічних вод конкретних об'єктів такі ж строгі, як і для усього водного об'єкту. Неоднозначність існуючих підходів до вимог якості очищення стічних вод гостро порушує питання про те, яку якість очищення здатні забезпечити існуючі очисні споруди. Можливі підходи до рішення цієї проблеми освітлені в роботі.

У таблиці 2.12 наведені існуючі в даний час норми очищення стічних вод на міських очисних спорудах каналізації в Україні [27].

Таблиця 2.12 — Вимоги до очищення міських стічних вод

Показник, форма Показник а	Країни Євросоюзу		Росія		Україна	
	Місце контролю	Концент- рація	Місце контролю	Концент- рація	Місце контролю	Концентраці я
Біологічне споживання кисню, БСК	Стічні води	БСК ₅ 25 мг/л	Водоймища господарсько- питного і рибогосподарсько го призначення	БСК ₂₀ 3 мг/л	Стічні води	БСК ₅ 15 мг/л (для комунальних споруд повного біологічного очищення)
			Водоймища комунально- побутового призначення	6 мг/л		
Хімічне споживання кисню, біхроматне ХСК	Стічні води	125 мг/л	Водоймища господарсько- питного призначення	15 мг/л	Стічні води	80 мг/л (для комунальних споруд повного біологічного очищення)
			Водоймища комунально- побутового призначення	30 мг/л		
Завислі речовини, сухі речовини	Стічні води	35 мг/л	Водоймища господарсько- питного і рибогосподарсько го призначення I та вищої категорії	Перевище ння 0,25 мг/л	Стічні води	15 мг/л
			Водоймища комунально- побутового и рибогосподарсько го призначення II категорії	Перевище ння 0,75 мг/л		
Фосфор	Стічні води нас. Пунктів: - до 100 тис. мешк.	Загальний фосфор 2 мг/л	Рибогосподарські водоймища (токс.)	PO ₄ -P 2,0 мг/л	Відсутні	Відсутні
	- більше 100 тис. мешк.	1 мг/л	Оліготрофні	0,05 мг/л		
			Мезотрофні	0,15 мг/л		
			Евтрофні	0,2 мг/л		

3 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК ФОСФОРУ

Із аналізу літературних і відомчих даних, проведеного в розділі 2, випливає, що дотримання комунально-побутових та рибогосподарських нормативів не забезпечує задовільний екологічний стан основних водних об'єктів Полтавської області. Як було показано в підрозділі 2.3, основними джерелами надходження фосфатів у водні об'єкти є скиди комунально-побутових та, меншою мірою, виробничих стічних вод. Для зменшення негативного впливу на екологічний стан водних об'єктів від вступу в них фосфатів необхідно впровадження на комунальних та виробничих очисних спорудах методів додаткового очищення стічних вод від фосфатів. Розглянемо основні існуючі методи видалення сполук фосфору із стічних вод.

Різноманітна природа сполук фосфору у стічній воді потребує різних технологій вилучення фосфору із води. За принципом використання природи чиннику дії можна виділити фізичні, фізико-хімічні, біологічні та комбіновані методи вилучення фосфору із води.

На відміну від сполук азоту, що мають і газоподібні форми, фосфор може бути вилучений із води тільки з осадом: або у вигляді нерозчинних та малорозчинних сполук, або з активним мулом очисних споруд.

3.1 Фізичні методи видалення сполук фосфору

Фізичні методи вилучення фосфору передбачають відстоювання або фільтрування стічної води. Вони розраховані на вилучення фосфору, який входить до твердої фази (завислих речовин) стічної води. Ці методи прості, але малоефективні. Вони дозволяють видалити не більше 10 % загального вмісту фосфору.

Серед цих методів різноманітні варіанти відстоювання, фільтрування, сепарування. Використовують фільтрування через шар піску, мікрофільтрування через барабанні сітки, штучну седиментацію за допомогою центрифуг, сепараторів та гідроциклонів. Описано метод з використанням магнітного поля для вилучення фосфору у процесі доочистки стічних вод [28].

На очисних спорудах фізичні методи реалізуються у процесі механічної очистки стічних вод.

3.2 Фізико-хімічні методи видалення сполук фосфору

Фізико-хімічні методи вилучення фосфору представлені широким спектром методів, серед яких адсорбційний, електрокоагуляційно-флотаційний, біогальванічний, кристалізація та реагентний.

Із усіх цих методів найбільш доступним є реагентний метод. Під час реагентної обробки відбуваються різні фізико-хімічні процеси, серед яких найбільше значення мають процеси коагуляції, сорбції та осаджування.

Механізм хімічного осаджування фосфатів полягає у утворенні нерозчинних фосфатів металів при взаємодії фосфатів з солями металів (Fe, Al, Mg, Ca), наприклад:



Згідно з наведеним рівнянням реакції на один атом заліза (56 г) осаджується 1 атом фосфору (31 г). Відповідно, на вилучення 1 г фосфору фосфатів потрібно 1,806 г заліза або 6,45 г сульфату заліза $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Фактична доза реагенту завжди більше стехіометричної. Відношення фактичної дози реагенту ($D_{\text{ф}}$) до стехіометричної ($D_{\text{с}}$) називають коефіцієнтом запасу: $K_{\text{зап}} = D_{\text{ф}}/D_{\text{с}}$.

Необхідний коефіцієнт запасу зростає при зменшенні остаточної концентрації фосфору фосфатів. Крім того $D_{\text{ф}}/D_{\text{с}}$ у значній мірі залежить від

складу стічних вод, а саме, від співвідношення між вмістом поліфосфатів та ортофосфатів у загальній масі фосфатів у стічній воді.

Осадження поліфосфатів відбувається значно гірше, порівняно з осаджуванням ортофосфатів, тому при збільшенні долі поліфосфатів коефіцієнт запасу різко збільшується, зростає доля реагенту.

Високий коефіцієнт запасу – це не тільки збільшення витрати реагенту, але і значне підкислювання середовища, а також збільшення вторинного забруднення очищених стічних вод металами (залізом, при використанні сульфату заліза), збільшення кількості осаду, що утворюється, та зниження його теплотворної здатності.

З метою нейтралізації кислоти, що утворюється при додаванні реагенту, виникає необхідність підлужування. Для зниження залишкової кількості заліза (або іншого металу) потрібна доочистка або значне зменшення гідравлічного навантаження на вторинні відстійники (будування додаткових відстійників або споруд доочистки). І одне і друге пов'язано зі значними додатковими витратами.

Збільшення кількості осаду - це і додаткові витрати на зневоджування, а з урахуванням зниження теплотворної здатності зростають витрати на спалювання осаду.

На відміну від міських стічних вод Західної Європи, стічні води в Україні містять значну кількість поліфосфатів (від миючих засобів, що використовуються). Цьому для цих стічних вод потрібні більш високі дози реагенту, і всі визначені вище проблеми є особливо актуальними.

Стічні води являють собою слабоконцентровані емульсії або суспензії, що містять колоїдні частки розміром 0,002 – 0,1 мкм, мілкодисперсні частки розміром 0,1-10 мкм та частки розміром 10 мкм та вище. У процесі механічної очистки із стічних вод легко видаляються крупні частки, а колоїдні та мілкодисперсні утворюють стійку систему [29]. Для таких стічних вод і використовують методи коагуляції, які порушують агрегативну стійкість вод, у яких відбувається злипання часток колоїдної системи при їх зіткненні у процесі теплового переміщення або перемішування. У якості коагулянтів використовують солі

металів. Здатність електроліту викликати коагуляцію колоїдної системи зростає зі збільшенням заряду іону, що є коагулянтном.

Найбільшу здатність до коагулювання у стічних водах мають двох- та трьохвалентні катіони металів, тому у якості коагулянтів використовують найчастіше солі алюмінію та заліза. При введенні у стічну воду цих сполук вони гідролізуються з утворенням малорозчинних у воді гідроксидів алюмінію та заліза, на поверхні яких сорбуються завислі, мілкодисперсні та колоїдні речовини. Одночасно з коагуляцією спостерігається утворення нерозчинних фосфатів алюмінію та заліза, які також сорбуються на поверхні гідроксидів і осаджуються.

На наступному етапі хімічно зв'язані сполуки фосфору відділяють від рідини відстоюванням, магнітною сепарацією або різноманітними варіантами фільтрування.

Для очистки виробничих стічних вод найчастіше використовують нормальні та основні сульфати та хлориди алюмінію, а також солі заліза – сульфат заліза (II) у присутності окислювача та хлорид заліза (III). Перевагою солей заліза як коагулянтів порівняно з солями алюмінію є більш широкий діапазон оптимальних значень рН та сольового складу оброблюваної води, можливість використання при низьких температурах, більша стійкість та гідравлічна крупність пластівців.

У якості коагулянтів використовують також шламові відходи та відпрацьовані розчини окремих виробництв: хлорид алюмінію (виробництво етилбензолу, сульфат заліза (травильні розчини), вапняний шлам. Для осаджування фосфатів використовують солі та гідроксиди лужноземельних металів (вапно, солі магнію).

Із коагулянтів на основі солей алюмінію для вилучення фосфору найбільш широко використовується сульфат алюмінію. При його введенні крім вилучення фосфору досягається більш повне вилучення бактерій, ніж при використанні інших коагулянтів, які містять алюміній [30]. Більш ефективним коагулянтном у широкому діапазоні умов (температура, концентрація домішок тощо) порівняно с середнім сульфатом алюмінію є основний сульфат алюмінію. Це відносно новий коагулянт, що досліджувався для очищення вод з високим лужним резервом . Для

обох типів коагулянтів важливим є концентрація їх у стічній воді. Так, при введенні сульфату алюмінію у кількості 9-14 мг/дм³ спостерігалось ефективне вилучення фосфатів (75-90 %), при дозах коагулянтів, що перевищували 16 мг/дм³, концентрація завислих речовин у очищає мій воді збільшувалася до 36 мг/дм³, з'являлася опалесценція, обумовлена мілкими, погано осідаючими пластівцями, кількість фосфоромістких сполук збільшувалась у 2-3 рази. Для зменшення цих чинників при збільшеній концентрації коагулянту авторами рекомендовано додавання його у воду перемістити у кінець аеротенку з метою запобігання надлишкового подрібнення пластівців при аерації. Крім того, запропоновано збільшити дозу активного мулу до 4-5 мг/дм³ для збільшення його сорбційної ємкості та ввести поліакриламід. Витрата основного сульфату алюмінію на 20-30 % нижче, ніж витрата сульфату алюмінію.

Із хлоромістких сполук алюмінію при очистці води найбільше використовують хлорид і особливо гідроксохлориди алюмінію – $Al_2(OH)_nCl_{6-n}$. Гідроксохлориди алюмінію порівняно з сульфатом алюмінію мають цілий ряд переваг, завдяки яким його використання є перспективним: більший (у 3 рази) вміст водорозчинного алюмінію, висока ефективність, як у лужному, так і у кислому середовищі, менша ступень зниження лужності води та збільшення її солевмісту, більша швидкість утворення пластівців та осаджування скоагульованої зависі, менша витрата коагулянту, невелика кількість залишкового алюмінію у обробленій воді [31]. При зберіганні коагулянт не злипається та не старіє.

Авторами [32] досліджено вилучення фосфору із стічних вод обробкою поліамонійхлоридом (ПАХ). Вивчено вилучення фосфору із попелу, який отримано після спалення осаду з додаванням сполук алюмінію як флокулянту. При додаванні 1,5 моль ПАХ відбувається вилучення 56 % фосфору ортофосфатів; вимивання фосфору та алюмінію збільшується на 50 та 40 %. Для 3,0 моль ПАХ відбувається вилучення 95 % фосфору ортофосфатів та зростання вимивання алюмінію та фосфору на 80 %. Виявлено можливість відновлення із попелу додаткової кількості алюмінію.

Проводити обробку фосфоровмісних стічних вод за допомогою отриманого у промислових умовах алюмохлоридного розчину, який є відходом (стічною водою) виробництва етилбензолу, запропоновано авторами [33]. Цей розчин містить 1,5-8,2 г/дм³ хлориду алюмінію, 1,1-48,0 г/дм³ вільної соляної кислоти, рН 0,9-2,9. Алюмохлоридний розчин перед використанням обробляють розчином лугу, доводячи рН до 3,8-4,3, а потім його додають у воду в кількості 1,0-3,2 дм³/м³ (у перерахунку на Al³⁺ - 1,6-5,0 мг/дм³). Обробку стоків і осадження проводять при рН 6,5-7,4. Використання такого алюмохлоридного розчину для осадження фосфатів дозволяє отримати освітлену воду, утилізувати відхід та збільшити стабільність процесу осадження та наступного процесу біологічної очистки.

Результати досліджень дії оксихлориду алюмінію на активний мул надано у роботі [34]. У якості контрольного варіанту розглянуто сульфат алюмінію як такий, що найбільш використовується на очисних спорудах. Результати досліджень показали, що з погляду впливу оксихлориду алюмінію та сульфату алюмінію на життєдіяльність організмів активного мулу, для вилучення фосфатів із господарсько-побутових стічних вод на стадії біологічної очистки більш доцільно використовувати сульфат алюмінію, а підчас освітлення води можна вводити як сульфат так і оксихлорид алюмінію.

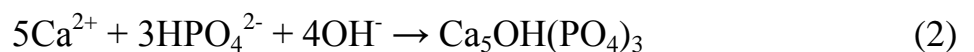
Із сполук заліза нерозчинні осадки з фосфатами утворюють також солі двох- та трьохвалентного заліза. Найчастіше використовують сульфат заліза (II) та хлорид заліза (III). Використовують також залізовмісні коагулянти, які отримують хлоруванням залізної стружки у водному середовищі та анодним розчиненням заліза у розчинах хлориду натрію або сірчаної кислоти. Солі заліза переважно використовують для очистки мутних вод з високою жорсткістю та високим рН. Завдяки цим коагулянтам отримують низькі концентрації залишкового розчиненого фосфату, але при цьому фосфат-іони, що сорбовані на поверхні часток, можуть стабілізувати осад у вигляді фосфоровмісного колоїдного розчину. У такому випадку у систему вводять флокулянти – поліакриламід, акрилову кислоту або вапно. Гідроксид та сульфат заліза не розчиняються у лугах, тому разом з цими коагулянтами можна використовувати

значні дози вапна, до рН 11,5. При використанні у якості коагулянтів солей заліза (II) треба окислювати залізо до трьохвалентного, інакше процес утворення пластівців сильно уповільнюється.

Авторами запропоновано спосіб вилучення фосфору осаджуванням його у вигляді фосфату за допомогою іонів трьохвалентного заліза [35]. Встановлено, що при рН 7 вилучення фосфору відбувається на 91 %.

У останні роки розроблюються методи вилучення фосфатів у вигляді нерозчинних сполук інших металів. Так, спосіб вилучення фосфатів [35] передбачає використання будь-якого аніоноактивного полімеру, у матеріал якого імпрегуються катіони заліза, амонію, ванадію, хрому, свинцю, марганцю, олова або цинку. При контакті фосфатів з реагентом відбувається утворення нерозчинних сполук, які випадають у осад. У якості полімеру можуть бути використані сахариди, наприклад, агароза або белтолоза, протеїни, желатин або гуміарабік. З метою структуризації цих матеріалів можуть використовуватись цеоліти з розміром часток менше 600 мкм.

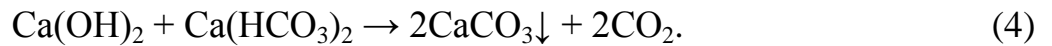
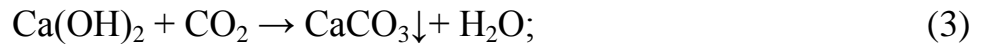
Крім солей металів у якості коагулянту при очистці стічних вод широко використовують вапно. Дані різних авторів щодо доз вапна, ефективності осаджування та описі механізму процесу дуже різняться. Основною реакцією осаджування вважають реакцію утворення гідроксоапатиту $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$:



Осаджування відбувається при рН 9,5-11,5, що потребує у наступному нейтралізації. Спочатку частина фосфатів утворює аморфну масу, що згодом кристалізується по типу апатиту з різною кількістю кристалізаційної води. При цьому утворюються кристали виключно малих розмірів – 200-800 Å, що обумовлює колоїдні властивості отриманого розчину. Тому кількість залишкового фосфату у оброблених вапном стічних водах є завищеною, так як мікрочастки завісі проходять крізь пори фільтру. Тобто проблемою є не тільки зв'язування фосфатів, а і вилучення завісі гідроксоапатиту.

При обробці стічної води вапном утворюється та осаджується карбонат кальцію. Практично всі води містять у своєму складі гідрокарбонат- та карбонат-

іони, які визначають загальну лужність води. При утворенні карбонату кальцію відбуваються реакції декарбонізації та зниження жорсткості:



Під час оброблення вапном більша частина реагенту використовується на зв'язування вільної вуглекислоти та бікарбонатів. Так, при обробці вапном води з початковою концентрацією фосфатів 10 мг/дм³ та бікарбонатною лужністю 5 ммоль/дм³ на осаджування фосфатів потрібно 10 мг СаО, а на нейтралізацію бікарбонатів – 140 мг СаО. Крім того, для осаджування гідроксопатиту необхідним є значний надлишок реагенту для досягнення рН 10,5-11,5. Наявність органічних речовин у колоїдному та розчиненому стані сильно термозит утворення карбонату кальцію. Цим пояснюється збільшена витрата вапна порівняно з солями заліза та алюмінію.

Іони магнію також утворюють з фосфат-іонами і іонами амонію нерозчинні сполуки NH_4MgPO_4 та Mg_3PO_4 . Сьогодні вони не використовуються як самостійні реагенти, але треба враховувати ці процеси, коли осаджування відбувається на поверхні мінералів, що містять магній (тальку, глини тощо).

У практиці очистки стічних вод широко використовується осаджування фосфатів змішаними осаджувачами – сумішшю солей заліза, алюмінію та вапна. За результатами [36] використання суміші вапна та відпрацьованого травильного розчину, основним компонентом якого був хлорид заліза (III), або суміші вапна, гідроксиду натрію та солі заліза дозволяє зменшити вміст фосфору на 70 – 100 %.

Авторами [37] роботи була досліджена ефективність різних вітчизняних коагулянтів, що використовуються для очистки міських та побутових стічних вод від сполук фосфору, з метою вибору вітчизняних аналогів імпорتنих коагулянтів та визначення оптимальних точок їх введення. Використовували такі реагенти: хлорид заліза, сульфат алюмінію, оксихлорид алюмінію (ОХА) марки Аква-аурат 10 та алюмінат натрію (відхід виробництва заводу “Мосметалоконструкції”). Дослідження виявили високу ефективність вилучення фосфору з використанням названих вище коагулянтів, найбільш ефективними є Аква-аурат 10, який може

бути рекомендований до використання. Найбільш раціональним є введення коагулянтів перед вторинними відстійниками та фільтрами, що дозволяє знизити витрату коагулянтів зберігаючи високу ефективність очистки від фосфатів.

Взагалі, коагулянтами, у тому числі активним мулом, видаляється до 80-90 % сполук фосфору та велика кількість розчинених та колоїдних речовин .

Хімічне осаджування фосфору широко використовується у розвинутих країнах, найчастіше після механічної та біологічної очистки для глибокого вилучення фосфору. Використовують його також у якості попередньої обробки неочищених стічних вод перед біологічною очисткою. У таких випадках у додаток до високого ступеню вилучення фосфору видаляється значна частина органічних речовин, важкі метали, віруси та яйця гельмінтів. У Скандинавії досі широко використовується очистка стічних вод у вигляді одностадійного хімічного осаджування, що забезпечує значну економію електроенергії.

Для інтенсифікації процесів коагуляції та осаджування утворених осадів широко використовуються флокулянти. К флокулянтам відносяться речовини мінерального походження (активна кремнієва кислота) та органічні (природні та синтетичні) високомолекулярні сполуки. Флокулянти прискорюють та збільшують ефективність агрегації часток, допомагають поширити оптимальні області коагуляції (за рН та температурою). Швидкість та ефективність процесу коагуляції залежать від складу стічних вод, інтенсивності перемішування та послідовності введення реагентів. Їх можна використовувати як окремо, так і разом з коагулянтами. Оптимальну дозу флокулянтів, що вводять у стічну воду, для кожного конкретного випадку встановлюють у процесі пробної коагуляції.

Для вилучення фосфатів із води також використовують сорбційні методи. У якості сорбентів при цьому використовують оксид алюмінію, ґрунт, шлаки , природні цеоліти, глини та інші матеріали [38].

Так, за даними активний гідроксид алюмінію з високою питомою поверхнею ($200 \text{ м}^2/\text{г}$) та об'ємом пор ($5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{г}$) при концентрації $0,1 \text{ г}/\text{м}^3$ та за температури води $25 \text{ }^\circ\text{C}$ дозволяє видалити 90 % фосфору.

Для очистки стічних вод багатокomпонентного складу запропоновано використання сталеплавильних шлаків. Авторами було використано тонкодисперсний шлак металургійного комбінату (м. Старий Оскол, Росія)). Шлак попередньо модифікували соляною кислотою з метою переводу оксиду кальцію у активний стан, збільшення дисперсності шлаку та ефективності очистки. Випробування, проведені на очисних спорудах м. Старий Оскол, показали високу ефективність очистки стічних вод по ХСК, БСК, СПАР, фосфатам тощо. Ефективність очистки по фосфатам при витраті шлаку 1 г/дм^3 склала 76,8 %, при витраті 3 г/дм^3 – 97,9 % (початкова концентрація фосфатів у стічній воді – $6,60 \text{ мг/дм}^3$).

У регіонах, що розташовані біля моря, у якості сорбенту для вилучення із води біогенних елементів використовували морські водорості, обезводнені або безпосередньо після вилучення. У якості сорбенту для вилучення фосфору із осадів очисних споруд запропоновано використовувати розмолоту масу трав'янистої рослинності.

Процес обробки талої води з метою вилучення фосфатів методом сорбції/фільтрації досліджувався у лабораторних умовах, при цьому у якості сорбенту використовували попід, який був вилучений із топкових газів електростанцій. Концентрація фосфору ортофосфатів у воді складала 10, 25 та 50 мг/дм^3 , оптимальне значення рН 4,0 при дозі попелу 1 г/дм^3 . Ефективність вилучення фосфору для наведених вихідних параметрів склала 96, 63 та 15,4 % відповідно.

Авторами [39] досліджено метод вилучення фосфору підчас підготовки питної води шляхом сорбції на бентоніті. Бентоніт, який використовували, містив у собі 62,2 % оксиду кремнію, 20,04 солі алюмінію, 2,82 солі заліза, а також оксиди кальцію, магнію, натрію та калію. На 50 мл води, що містила 1,5 г фосфору у складі KH_2PO_4 , дозували сорбент із розрахунку 60 г/дм^3 . Встановлено, що при рН 6,0 та експозиції 20 хв. ефективність вилучення фосфору досягала 89,1%.

У останні роки розроблено перспективний метод отримання коагулянтів в електролізерах з розчинними анодами – електрокоагуляція . Це метод безреагентного коагулювання, у основі якого є процес анодного розчинення металу, найчастіше алюмінію та заліза, під впливом постійного електричного току з утворенням гідроксидів. Цей метод має суттєві переваги порівняно з реагентними методами, а саме: компактністю установки, простотою обслуговування можливістю повної автоматизації. При обробці природних вод, що містять значну кількість органічних сполук, електрокоагуляція більш ефективна ніж коагулювання води солями алюмінію та заліза, що пояснюється більшою вірогідністю утворення металоорганічних комплексів. Серед недоліків цього методу слід зазначити вилучення значної кількості газу (водню на катоді та кисню на аноді), пазирі яких можуть призвести до флотації пластівців. Флотація, що уповільнює осадження пластівців у відстійниках та освітлювачах, зменшується зі збільшенням вмісту у воді завислих речовин. Метод є перспективним для використання на малих автономних об'єктах, для очистки малих об'ємів води. Але значні витрати електроенергії та металу, механічне забруднення електродів домішками стічних вод тощо обмежують використання цього методу.

Крім електрокоагуляції слід відмітити ще один електрохімічний метод – гальванокоагуляція. Він вважається перспективним та використовується для доочистки води від фосфору у металургії, радіоелектроніці, приладобудуванні, легкій та харчовій промисловості .

В цілому електрохімічні методи вилучення сполук фосфору мають поки що обмежене використання.

Фізико-хімічні методи вилучення сполук фосфору із стічних вод, насамперед, реагентний, дозволяють досягти високого ступеню очистки. Широке використання його на сучасному етапі лімітується, в першу чергу, високою вартістю його реалізації.

3.3 Біологічні методи видалення сполук фосфору

Розглянуті вище методи вилучення сполук фосфору за допомогою реагентів, по-перше, затратні, бо потребують значних витрат на придбання реагентів, а також є джерелом вторинного забруднення вод. Тому на сьогодні перевагу віддають біологічним методам вилучення фосфору. Серед таких можна виділити біологічну очистку:

- вищими водними рослинами;
- за допомогою біопрепаратів;
- по технології біологічної дефосфотизації.

Біологічна очистка вищими водними рослинами реалізується на практиці використанням біопрудів, водойм та біоінженерних споруд .

На сьогодні з'явилися численні дослідження щодо використання біопрепаратів для очищення стічних вод від різноманітних забруднень, біогенних елементів у тому числі. Біопрепарати являють собою штами мікроорганізмів, джерелом енергії життєдіяльності для яких є відповідні забруднення.

Так, авторами [40] запропоновано біопрепарат МИКРОЗИМ™ для біологічної очистки стічних вод харчової, молоко- та м'ясопереробної, легкої промисловості та господарсько-побутових вод тощо. Рекомендується використання цього препарату у аеротенках споруд біологічної очистки, біологічних ставках, відстійниках для очистки як слабokonцентрованих ($BCK_5 < 500$), так і висококонцентрованих стічних вод. Ефективність очистки від фосфатів складає 89 % .

Найбільш перспективним як з економічної, так і з екологічної точки зору на сьогодні вважається біологічний метод вилучення сполук фосфору із стічних вод, який отримав назву "Enhanced Biological Phosphate Removal" (EBPR) . Цей метод використовується у практиці очистки вже більше чверті віку.

За спостереженнями авторів публікації [41] , при традиційній біологічній очистці концентрація фосфору фосфатів майже не змінюється, а інколи навіть

зростає за рахунок гідролізу органічного фосфору, який надходить на очисні споруди зі стічними водами. Концентрація загального фосфору знижується, при цьому різниця між вмістом його на вході та виході має відповідати кількості фосфору, що видаляється із системи з приростом мулу.

Вміст фосфору у звичайному активному мулі при традиційних схемах біологічної очистки складає 0,01-0,015 г/г, внаслідок чого зниження концентрації фосфору у освітленій воді складає 25-30 % вихідної концентрації.

Основною умовою активного вилучення сполук фосфору зі стічних вод біологічними методами є почергове проходження ними анаеробних та аеробних умов.

Принцип біологічної очистки від фосфору (біологічної дефосфотизації) полягає у створенні умов для розвитку у складі активного мулу бактерій, що здатні накопичувати фосфор (біо-Р-бактерії). Виявилось, що циркуляція активного мулу через аеробні та анаеробні зони приводить до селекції та домінування бактерій, які синтезують та накопичують у клітинах поліфосфати. Ці бактерії отримали відповідну назву PAOs (polyphosphate accumulating organisms).

У анаеробних умовах відбувається ферментативне розкладання частини органічної речовини забруднень з утворенням легкодоступного субстрату - летких жирних кислот (ЛЖК). Однак відсутність у анаеробних умовах джерела енергії не дозволяє гетеротрофним бактеріям активного мулу (крім PAO-бактерій) споживати субстрат. У PAO-бактерій джерелом енергії є розкладання поліфосфатів, що накопичені у їхніх клітинах, з вилученням у рідку фазу ортофосфатів. PAO-бактерії у анаеробних умовах використовують субстрат у формі ЛЖК та синтезують з них запасні речовини, а саме - полігідроксіалконати (polyhydroxyalkanoates – PHA), головним чином полі- β -гідроксібутират та полі- β -гідроксівалеріат.

У аеробних умовах органічні речовини, присутні у клітинах у формі PHA, окислюється киснем або нітратом.

Енергія, що видаляється, використовується бактеріями: для біосинтезу нових клітин (відбувається ріст та розмноження PAO-бактерій); для споживання

ортофосфатів із води, перетворення їх у поліфосфати (для повторення циклу). Утворені поліфосфати запасуються у клітинах РАО-бактерій, Виникає швидке зменшення концентрації розчинених ортофосфатів.

РАО-бактерії поглинають із стічної води фосфор у кількостях, що перевищують необхідні для росту клітин за стехіометричними розрахунками (до 20 % від сухої речовини біомаси). Фосфор відкладається у клітинах у вигляді гранул поліфосфатів. У результаті стічні води ефективно очищуються від сполук фосфору, а надлишковий активний мул характеризується підвищеним їх вмістом .

Важливою умовою даного процесу є відсутність у анаеробній зоні не тільки кисню, але і нітратів, які є джерелом енергії для бактерій нітрифікаторів.

Оскільки у анаеробній зоні бактерії, що не відносяться до РАО-бактерій, не отримують достатньо субстрату для росту, використання описаного вище циклу дає перевагу РАО-бактеріям та дозволяє їм сформувати значну частину біомаси мулу. Поліфосфат, який зібрано у клітинах, виводиться із споруд з залишковим мулом.

Донедавна вважалося, що зазначений процес відбувається тільки в анаеробно-аеробних умовах. Нині доведено, що в аноксидних умовах бактерії, які акумулюють поліфосфати, використовують цей же механізм, поглинаючи кисень із нітратів. Продуктивність виробництва енергії в аноксидних умовах є нижчою, ніж у аеробних, приблизно на 40 % .

Дослідження мікробних популяцій активних мулів EBPR-процесу свідчать, що в біологічному видаленні фосфату із стічних вод беруть участь складні мікробні суспільства (різні у окремих очисних спорудах, які до того ж змінюються у часі навіть у одній тій самій споруді) .

На ефективність вилучення фосфору з стічних вод впливає багато факторів, зокрема співвідношення ХСК/БСК₅, БСК₅/Р, ХСК/Р, ЛЖК/Р, БСК₅/N у стічних водах, що подаються на біологічне очищення та умови протікання процесу (концентрації нітратів в аноксидній зоні, кисню в аеробній зоні, навантаження активного мулу органічними речовинами, віку мулу тощо).

Якщо значення ХСК/Р є меншими від 36, а ХСК/БСК₅ - більші від 2, то доцільно у анаеробну зону додатково ввести вуглець, що легко розкладається, найкраще – сполуки вуглецю у вигляді ЛЖК (ацетати і пропіонати).

Високі концентрації ЛЖК в анаеробній зоні призводять до швидкого збільшення кількості фосфорних бактерій. Однак занадто велика їх кількість в аноксидній і аеробній зонах зменшує ефект вилучення фосфору майже до нуля. За наявності ЛЖК, які повністю не були використані в анаеробній зоні, в аноксидній зоні й надалі триватиме вилучення сполук фосфору. Його поглинання розпочнеться лише тоді, коли із розчину буде вилучено всі ЛЖК .

Для успішного використання методу біологічної дефосфотизації слід запобігати тривалому перебуванню надлишкового мулу у анаеробних умовах на стадіях його обробки, зокрема у мулоущільнювачах, щоб запобігти виходу фосфору у розчин та повертанню його на вхід очисних споруд.

Метод EBPR добре зарекомендував себе у практиці очистки стічних вод, тому його використовують на багатьох біологічних очисних спорудах Західної Європи та Америки. Завдяки складності та заплутаності методу EBPR його охрестили “мікробіологічною головоломкою” [42]. Досі відсутні чіткі наукові основи цього методу. У цьому напрямку ведеться постійна робота, значна кількість наукових праць присвячена дослідженню та удосконаленню цього методу.

У роботі [43] досліджена можливість збільшення ефективності видалення фосфору із стічних вод у процесах біологічної очистки. Показано, що при його видаленні в аноксидно-аеробном режимі в аеробній фазі використовується кисень. Проведені експерименти, у ході яких використовувались акцептори електронів трьох видів: тільки кисень, одночасно кисень і нітрати та тільки нітрати. Встановлено, що у другому варіанті(при одночасному використанні кисню та нітратів) дуже суттєво збільшилась здатність біоценозу до акумуляції фосфору при зміні активності полімеризації. Наведено дані щодо зміни складу активного мулу та т. і. Експерименти проводились з використанням техніки SBR.

Дослідження впливу терміну адаптації біоценозу активного мулу на ефективність вилучення фосфору при очистці стічних вод у лабораторних умовах проведено у роботі [44]. Як зовнішнє джерело енергії використовували пропіонову та оцтову кислоти у співвідношенні 0,16 та 2,06 відповідно (по вуглецю). Встановлено, що розчинені ортофосфати у більшій кількості споживались в аеробній фазі та видалялись в анаеробній у реакторі, де термін біоценозу був значно більшим. Ефективність видалення розчинених ортофосфатів становила відповідно 87,3 % та 76,9 %.

Розгляд біологічних методів видалення фосфору свідчить, що метод біологічної дефосфотизації є на сьогодні найбільш перспективним для впровадження у практику очистки стічних вод від сполук фосфору. Він здатен забезпечити вимоги, що пред'являються до очищених стічних вод. Але у той час, як у галузі біологічного видалення сполук азоту методом нітрифікації-денітрифікації напрацьовано достатній досвід розрахунку, проектування та (у меншій степені) експлуатації споруд біологічної очистки, то метод біологічної вилучення фосфору є на стадії становлення не тільки в Україні, а і у світі в цілому.

3.4 Комбіновані методи видалення сполук фосфору

Вилучення фосфору методом біологічної дефосфотизації з почерговим проходження ними анаеробних та аеробних умов дозволяє вилучити фосфор на 70–85% [45]. Таке вилучення найчастіше є недостатнім для забезпечення нормативів на скидання очищених стічних вод у водні об'єкти.

На сьогодні найбільш перспективними методами глибокого вилучення фосфору із стічних вод вважаються комбіновані методи, які поєднують у собі фізико-хімічні та біологічні способи вилучення фосфору. Найпоширеніше - поєднання біологічної очистки з реагентним осаджуванням фосфатів або з сорбційним вилученням сполук фосфору

Найчастіше поєднують технологію біологічної дефосфотизації з реагентним осаджуванням фосфатів, при цьому реагенти додаються перед вторинними відстійниками або до мулової води, що утворюється на стадії обробки осаду. Найменша витрата реагенту на одиницю фосфору фосфатів, що осаджується, спостерігається під час реагентної обробки мулових вод. Так, для стічних вод м. Санкт-Петербург дозування реагенту (сульфату трьохвалентного заліза) перед вторинними відстійниками потребує забезпечення коефіцієнту запасу на рівні 2,5-3, а під час реагентного осаджування її мулових вод коефіцієнт запасу не перевищує 1,1.

Доцільність використання того чи іншого методу для видалення сполук фосфору у значному ступені визначається характеристикою стічних вод, що підлягають очистці, та вимогами до очищення. Так, нормами, що прийняті у Франції, визначено, що фосфор має видалятися із стічних вод з ефективністю не менше ніж 80 %, для очисних споруд з завантаженням від 600 до 6000 кгБСК₅ на добу допустимий вміст фосфору у вихідній воді має складати 2 мг/дм³, для споруд більшої продуктивності - 1 мг/дм³. На погляд авторів [46] для споруд першої групи доцільно використовувати реагентні методи обробки, наприклад, з використанням солей заліза. На спорудах другої групи слід використовувати комбінацію біологічних та реагентних методів, оскільки вартість реагентів велика, а біологічні методи не забезпечують достатньої ефективності.

Запропоновано [30] спрощення загальної схеми вилучення сполук фосфору за допомогою вапна введенням вапна до аеротенків, що дозволяє використовувати основний мікробіальний процес для нейтралізації стічних вод. В цьому випадку вапно може бути введено до чи після первинних відстійників. Не дивлячись на збільшення рН до 10,5-11, процес очистки стічних вод у аеротенках відбувається достатньо успішно, а рН очищених стічних вод знижується до 8. Але у цих випадках утворюються карбонатні відклади на стінках трубопроводів, у корпусі насоса, а при введенні вапна перед первинними відстійниками спостерігається кольматація осаду.

Авторами [47] у якості одного із способів інтенсифікації комбінованого методу запропоновано введення на стадії згущення мулової суміші оцтової кислоти та зменшення терміну перебування активного мулу у анаеробних умовах до 5 год. Згідно з запропонованим методом стічна вода первинні відстійники, аеротенки, вторинні відстійники, звільняється від фосфору та подається на подальшу обробку. Активний мул із вторинних відстійників надходить у згущувачі мулу, перед якими вводиться оцтова кислота. У згущувачах мулу відбувається вивільнення фосфору із мікроорганізмів активного мулу та збагачування ним мулової рідини. У тій же споруді відбувається згущення мулу з відокремлюванням мулової води. Мулова вода відводиться на фізико-хімічну очистку, яка передбачає зв'язування ортофосфат-іонів у важкорозчинні сполуки обробкою реагентом ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ та флокулянт). Згущений мул повертається у аеротенки, де у присутності кисню та поживного субстрату він компенсує витрату фосфору. Концентрація фосфору (за PO_4^{3-}) у очищеній за даною технологією воді склала $0,38 \text{ мг/дм}^3$ при ступені рециркуляції активного мулу 65 %, ефект вилучення фосфору досягає 96,8 % (як у зимовий, так і у літній період).

Обробка стічних вод коагулянтами та флокулянтами у процесі біологічної очистки дозволяє знизити вміст фосфатів до нормативних вимог [30]. У більшості випадків доочистку можна здійснити на діючим обладнанні очисних споруд. Але необхідність введення реагентів збільшує витрати на очистку, приводить до збільшення кількості осаду та необхідності утилізації їх. Введення солей металів (як правило заліза та алюмінію) приводить до збільшення солевмісту, що є небажаним для вод, які призначені для систем оборотного водопостачання. Крім того солі заліза та алюмінію гідролізуються, при цьому рН розчину може сильно зменшитися, майже до 0, тому для вод з низькою лужністю така обробка не рекомендується.

Перспективним напрямом вважається використання сорбційних методів для доочистки стічних вод від фосфору після біологічної очистки. У якості фільтруючої загрузки використовують деякі виробничі відходи, антрацит тощо.

Спеціалістами ГУП “МосводоканалНИИпроект” розроблено та запатентовано принципово новий метод біогальванічної очистки стічних вод від фосфатів. Метод оснований на використанні біокорозії, він поєднує біологічне та хімічне видалення фосфору. При цьому біологічний процес викликає корозію метала, який стає постачальником катіонів заліза для осаджування фосфатів. Осаджений фосфор видаляється з залишковим активним мулом. Одночасно відбувається активація окислювальних процесів у 3-5 разів, і збільшується якість очищеної води за рахунок поліпшення седиментаційних властивостей активного мулу. Основним недоліком цього способу є важкість регулювання інтенсивності біокорозії. За думкою авторів цей метод має значні переваги порівняно з способом очистки стічних вод від азоту та фосфору шляхом нітрифікації/денітрифікації та біологічної дефосфотизації, який є громіздким та енергоємним.

Слід зазначити, що на сьогодні відсутній однозначний погляд на питання, який із методів видалення фосфору із стічних вод є пріоритетним. Рівень сучасних знань не дає можливості отримати простий та надійний метод біологічного видалення фосфору. Ясним є тільки одне – фосфати можуть бути видалені тільки з осадом, або у вигляді нерозчинних сполук фосфору, або у вигляді мулу.

3.5 Пропозиції щодо зменшення надходження фосфатів у водні об’єкти з комунально-побутовими і виробничими зворотними водами

Проведений аналіз методів очищення стічних вод від сполук фосфору показує, що кожен із застосованих методів має певні переваги і недоліки. На наш погляд, для комунальних очисних споруд краще використання біологічних методів очищення. Найбільш ефективним є метод підвищеного видалення фосфору – " Enhanced Biological Phosphate Removal " (EBPR). Однак цей метод є дуже дорогим. Розроблений проект впровадження даного методу на КОС м.

Харків (КБО «Безлюдівський») оцінюється у 2,5 млн. доларів. В даний час впровадження даного методу можливо, в кращому випадку, тільки на КОС м. Полтава. Для КОС інших міст Полтавської області, а також для очищення стічних вод підприємств харчової промисловості, кращим, на наш погляд, є застосування біопрепаратів, наприклад біопрепарату МІКРОЗИМ™. Даний препарат можна використовувати в існуючих аеротенках або відстійниках, що не передбачає будівництва додаткових очисних споруд.

Для багатьох стічних вод, що відводяться від виробничих процесів, в яких концентрація органічних забруднень невелика повинні використовуватися фізико-хімічні методи вилучення фосфору.

Різноманіття виробничих стічних вод не дозволяє обмежитися якоюсь однією технологією. Технологія очистки таких стічних вод може мати декілька варіантів, які різняться в залежності від якісного складу стічних вод [48]. В першу чергу, технологія очистки залежить від вмісту в стічних водах сполук азоту. Розглянемо 2 варіанта фізико-хімічної очистки виробничих стічних вод від фосфатів, що базуються на використанні у якості коагулянту вапна. На наш погляд, застосування таких є більш доцільним з екологічної точки зору, оскільки вони не призводять до створення осадів, що містять важкі метали.

Варіант 1. Стічні води, крім фосфатів, містять азот амонійний у великій концентрації.

Стічні води, що містять фосфати та амонійний азот, подаються у реактор, де обробляються вапном до рН 10,5-10,7 у присутності осаду. Час перебування у реакторі – 20 хвилин. З реактора вода надходить до віддувної колони, де відбувається віддувка аміаку повітрям, що подається крізь розпилювач на дні колони. Повітря з колони, що містить аміак, подається у поглинальну колону, де зрошується розчином сірчаної кислоти для поглинання аміаку. Стічна вода після віддувної колони надходить до відстійника, де відділяється від осаду і далі надходить для корекції рН у барботажну колону, в яку подаються димові гази або інші, що містять двоокис вуглецю. Після цього очищені стічні води, що не містять

сполук фосфору, скидаються у водні об'єкти. Схема видалення фосфатів наведена на рисунку 3.1

Варіант 2. Концентрація амонійного азоту в стічних водах знаходиться у межах нормативних значень.

Стічна вода, що містить фосфати, надходить у реактор, де обробляється розчином вапна у присутності осаду. Реактор обладнано мішалкою для перемішування води з вапном. Після реактора вода надходить до відстійника, у якому відбувається видалення фосфатів у вигляді нерозчинних речовин. Освітлена вода для корекції рН подається у колону, де обробляється газами, що містять двоокис вуглецю. Осад, що утворюється при нейтралізації залишку вапна двоокисом вуглецю, відділяється у відстійнику, і освітлена вода скидається у водойми. Схема видалення фосфатів із стічних вод за допомогою вапна надана на рисунку 3.2.

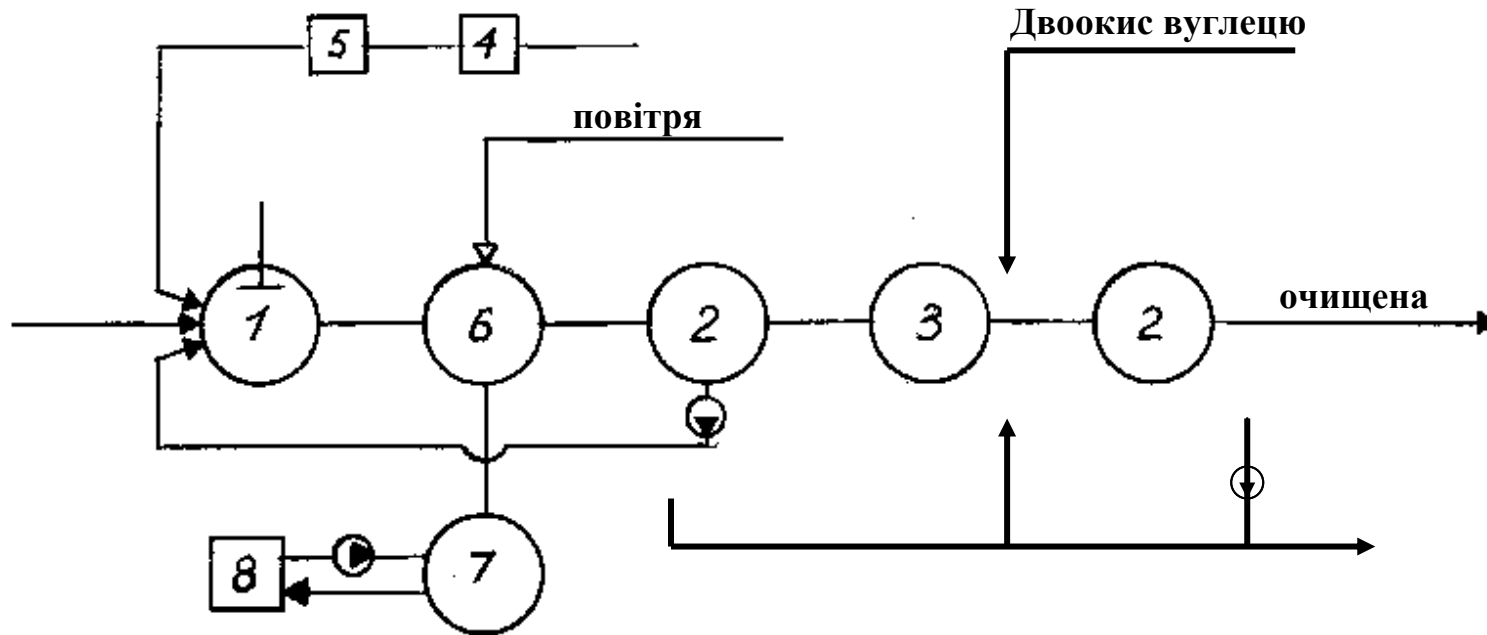


Рисунок 3.1 — Принципова технологічна схема очистки стічних вод, що містять фосфати та амонійний азот у відсутності органічних сполук

(1 – реактор, 2 – відстійник, 3 – колона-адсорбер, 4 – вузол приготування вапна, 5 – вузол дозування вапна, 6 – колона для віддудки, 7 – скруббер для поглинання аміаку, 8 – ємність з розчином сірчаної кислоти)

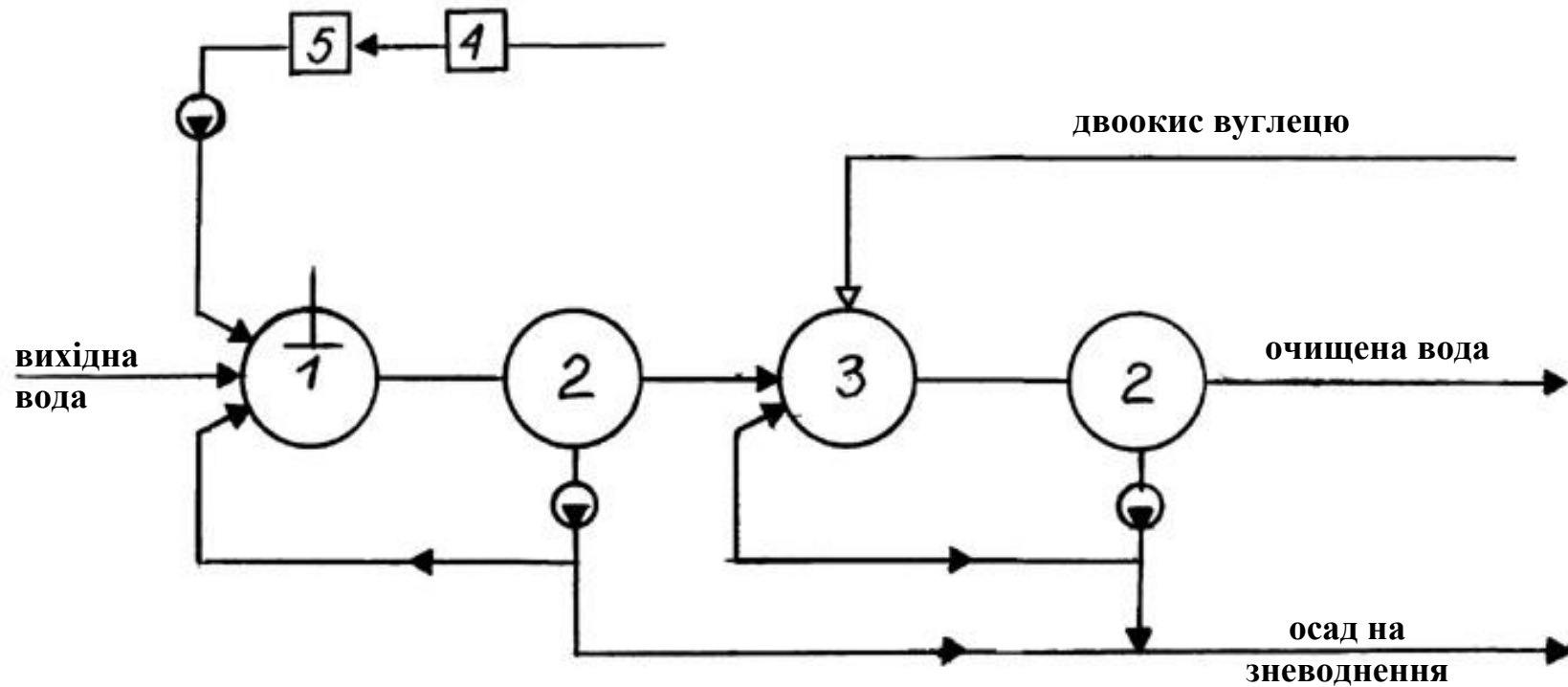


Рисунок 3.2 — Принципова технологічна схема очистки стічних вод,
що не містять органічних забруднюючих речовин та сполук азоту, від фосфатів

(1 – реактор-дефосфотизатор, 2 – відстійник, 3 – колона-абсорбер, 4 – вузол приготування вапна, 5 – вузол дозування вапна)

На теперішній час чинне законодавство України щодо охорони поверхневих вод від забруднення не забезпечує економічні механізми для стимуляції запровадження підприємствами методів очистки стічних вод від фосфатів. Чинні правила охорони поверхневих вод [49] передбачають розроблення гранично допустимих скидів (ГДС) речовин, виходячи з вимог додержання комунально-побутових або рибогосподарчих нормативів. Оскільки дотримання даних нормативів не забезпечує задовільний екологічний стан водойм, можливі 2 підхода до внесення змін в природоохоронне законодавство.

Перший підхід передбачає встановлення більш жорстких рибогосподарчих нормативів для концентрації фосфатів, які б враховували непрямий вплив фосфатів на водні організми. Аналогічний підхід реалізовано в Росії.

Другий підхід передбачає внесення змін до Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами (см. [49]), приведення їх у відповідність Водному кодексу України (ВКУ). У ВКУ передбачається встановлення ГДС речовин, виходячи з вимог дотримання екологічних нормативів якості води [50]. Потрібно внести відповідні зміни до Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Аналогічний підхід реалізовано в країнах ЄС, де Водна директива передбачає додержання Стандатов якості довкілля (СЯД) [51], які є аналогами екологічних нормативів в Україні. На жаль, на теперішній час екологічні нормативи в Україні не встановлені. Тому необхідно попередні дослідження з метою встановлення екологічних нормативів якості води. Екологічні нормативи якості води можуть бути розроблені, базуючись на методиці екологічної класифікації поверхневих вод [14].

ВИСНОВКИ

1. Основним джерелом надходження фосфатів в водні об'єкти є скиди зворотних вод з комунальних очисних споруд населених пунктів (75% від загального надходження) та очисних споруд виробничих підприємств (19%).

2. В останні роки спостерігається значне зростання обсягів надходження фосфатів в водні об'єкти; воно обумовлено, в першу чергу, збільшенням використання пральних засобів, що містять фосфати.

3. Аналіз даних моніторингу якості поверхневих вод в межах Полтавської області службами Держгідромета, Держводгоспа та Держекоінспекції свідчить, що в усіх пунктах моніторингу спостерігається додержання комунально-побутових нормативів. Рибогосподарчі нормативи перевищуються тільки в окремих пунктах спостережень: на р. Татарка, на р. Суха Лохвиця та в одному пункті на р. Ворскла (нижче скиду зворотних вод з КОС м. Полтава).

4. Екологічна оцінка якості води за показником вмісту фосфору фосфатів показує, що якість річних вод за даним показником різко погіршується після скидів зворотних вод від міст: Полтава, Миргород, Хорол, Гадяч; нижче за течією від цих міст річні води відносяться до категорії «дуже брудні». Значне погіршення якості річних вод спостерігається також нижче за течією від міст Лубни та Карлівка.

5. Додержання комунально-побутових та рибогосподарчих нормативів не забезпечує задовільний екологічний стан водойм Полтавської області; на Кременчужькому та Дніпродзержинському водосховищах періодично спостерігається «цвітіння» води, яке призводить до суттєвого погіршення її якості.

6. Для зменшення негативного впливу від надходження фосфатів на екологічний стан водних об'єктів необхідно впровадження додаткових методів очищення комунально-побутових та виробничих зворотних вод. Для комунальних очисних споруд та для виробничих стічних вод, які містять органічні сполуки у великих концентраціях, доцільно застосовувати біологічні методи очищення від

фосфатів, що базуються на використанні біопрепаратів. Для інших виробничих стічних вод доцільно застосовувати фізико-хімічні методи очищення від фосфатів, що базуються на використанні в якості коагулянта вапна.

7. Чинне українське законодавство в галузі охорони поверхневих вод від забруднення не забезпечує економічні механізми стимулювання впровадження підприємствами додаткових методів очищення зворотних вод від фосфатів. Для зацікавленості підприємств в запровадженні додаткового очищення зворотних вод від фосфатів необхідно внесення певних змін в законодавство. Можливі 2 підходи до внесення змін в природоохоронне законодавство: 1) встановлення більш жорстких рибогосподарчих нормативів для концентрації фосфатів, які би враховували непрямий вплив фосфатів на водні організми; 2) внесення змін до Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, а саме: внесення в правила положення щодо встановлення ГДС речовин, виходячи з вимог дотримання екологічних нормативів якості води. Другий підхід потребує проведення попередніх досліджень для розроблення екологічних нормативів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПАСПОРТ Полтавської області: І.А.Піддубний, 2008 – 132с
2. Полтавська область: природа, населення, господарство: Географічний та історико-економічний нарис / За ред. Маца К.О. - Полтава: Полтавський літератор, 1998. - 336 с
3. Клімат Полтавы / Под ред. В.Н.Бабиченко. — Л.: Гидрометеозид, 1983. — 208с.
4. Полтавщина: Енциклопедичний довідник / За ред. А.В. Кудрицького. – К.: УЕ, 1992. – 1024 с
5. Заставний Ф. Д. Географія України: У 2-х книгах. – Львів: Світ, 1994. – 472 с.: іл.
- 6.Ворнов А. К. Навколишнє середовище та розвиток. – Харків: 1998, 243 с.
7. Географія та екологія Полтави: Зб. наук. праць. – Полтава: Верстка, 2008. – 132 с.
8. Екологічна оцінка, встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Полтавської області / Звіт про науково-дослідницьку роботу УНДІВЕП. (Керівник — А.В.Яцик). — К, 2004. — 300 с.
9. Схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов Полтавской обл. — Харьков, 1978.
10. Макаренко О.М. Ґрунти Полтавської області / За ред. Лисенка А.І. — Харків: Прапор. — 1969. — 75с.
11. Екологія Полтавщини (Екологічна бібліотека Полтавщини). – Випуск 3. – За ред. Ю.С.Голіка та О.Е.Ілляш. – Полтава: Полтавський літератор, 2006. – 308с.
12. Андрейцев Ю.І. Екологічна експертиза, право та практика. – К.: 1998, 230с.
13. Музика О.Л. Проблеми використання водних ресурсів України. – К.: 2000, 352 с.

14. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями: Затв. Наказом Мінекобезпеки України від 31.03.98 №44 як міжвідомч. керівн. норм. документ / В.Д. Романенко, В.М. Жулинський, О.П. Оксінюк та ін. – К.: СИМВОЛ. – 1998. – 28 с.
15. Усенко О.М. Влияние фосфорсодержащих гербицидов на функциональную активность водорослей / О.М. Усенко, О.В.Мантурова, А.И. Сакевич // Гидробиол. Журн. — 2010. — Т. 46, № 1. — С. 75— 87.
16. Білявський Г.О та ін. Основи екологічних знань. – К.:Либідь, 200.–336 с.
17. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, проект, НДУ УКРНДІЕП, Х., 2012.
18. Фосфор в окружающей среде / Ред. Э. Гриффит, А. Битон, Дж. Спенсер, Д. Митчел. — М.: Мир, 1977. — 760 с.
19. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб.- К.: Т-во “Знання”, КОО, 2000.-203 с.
20. Кресин В.С. Динамика поступления соединений фосфора в украинские прибрежные воды Черного моря и комплекс водоохраных мероприятий / В.С. Кресин, Е.В. Еременко, М.А. Захарченко, А.И. Юрченко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2008. — № 5. — С. 28—33.
21. Третиник В.Ю. Особенности состава синтетических моющих средств и методы их дезактивации / В.Ю. Третиник, В.А. Яременко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2008. — № 5. — С. 77—78.
22. Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод. / Под. ред. К.Я.Кондратьева. – Л.: Наука, 1988. – 204 с.
23. СНИП. 2.4.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 88 с.
24. Львович А.І. Захист вод від забруднення. Л., 1977 Беличенко Ю.П., Швеців М.М. Людина й вода. М., 1979
25. Великевич П.Я., Усович Н.А. О влиянии мелиорации земель и интенсификации сельского хозяйства на содержание биогенных веществ в реках

Полесья / Разработка и организация комплекса водоохраных мероприятий. – Харьков, 1977. – С. 93-95.

26. Справочник по гидрохимии. Под. Ред. Никонорова А.М. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.

27. Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується: Постанова КМУ № 1100 від 11.09.1996 р.

28. A super-attractive method removes phosphates from wastewater // Chem. Eng. (USA). – 1999. – 106, N 11. – P.21.

29. Разумовский Э.С. Глубокая очистка сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1986. № 10.

30. Дедков Ю.М., Коничев М.А., Кельина С.Ю. Методы доочистки сточных вод от фосфатов // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 11, С. 25-32

31. Панченко Л.И., Соломенцева Н.Г. Применение гидроксосолей алюминия для очистки транспортно-моечных вод сахарных заводов // Химия и технология воды. 1988. Т. 10. № 4.

32. Така Баши, Vasuhiro, Hori Masahiro. Sekko sekkaï semento, chikyû, Kankyû no Kagaku = J. Soc. Inorg. Mater. Jap. 2005. Т. 12. № 316. С. 2000-2006.

33. ОАО “Ангар. Нефтехим. Компания”, Елшин А.И, Мельников В.С., Воронина В.М., Томин В.П., Кузова И.Е., Горявин С.С. Способ очистки сточных вод от фосфатов. Пат. 2237619. Россия, МПК⁷ С 02 F 1/52, 1/58, С 02 F 1/58, 101:10. N 2003105874/15; Заявл. 03.03.2003; Опубл. 10.10.2004.

34. Вильсон Е.В., Горина Ю.А. Влияние алюминийсодержащих реагентов на биологическую активность микроорганизмов ила в процессе дефосфотизации. // Технологии очистки воды “ТЕХНОВОД-2004”: Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию ЮРПТУ (НПИ). (5-8 окт. 2004, г. Новочеркасск) Новочеркасск: Изд-во НПО “ТЕМП”. 2004, С. 86-90.

35. Soll GmbH, Kedres Korinna. Verfahren zum Entfernen von Phosphat aus Wassern: Заявка 10327199. Германия, МПК⁷ С 02 F 1/56, С 02 F 1/58. N 10327199; Заявл. 17.06.2003; Опубл. 26.08.2004.

36. Разумовский Э.С., Залетова Н.А. Удаление биогенных элементов из городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1991. № 6. С 28-30.

37. Гандурина Л.В., Буцева Л.Н, Штондина В.С. и др. Реагентный способ удаления соединений фосфора из сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 6. С. 18-20.

38. Nano Tadashi, Takanashi Hirokazu, Hirata Makoto et. al. // Water Sci. and Technol. 1997. Т. 35, N 7, С. 41-46.

39. Guan Xao Tong. Phenyang gongue daxue xuebao = J. Shenyang Intro. Technol. 2004. Т. 26. № 5. С. 598-600.

40. Биопрепарат МИКРОЗИМ™ Дейри Трит и др. :Биологическая очистка сточных вод // <http://www.microzym.ru/wtreat.htm>.

41. Мишуков Б.Г, Соловьева Е.А. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации. // Приложение к журналу “Вода и экология. Проблемы и решения. 2004. 72 с.

42. Bond P.L., Erchart R., Wagner M., Keller J. Et al. // Ibid. 1999. Т. 65. С. 4077-4084.

43. Ahn Johwan, Daidou Tomotaka, Tsuned Satoshi, Hirata Akira. Characterization of denitrifying phosphate – accumulating organisms cultivated under different electron acceptor conditions using polymerase chain reaction – denaturing gradient gel electrophoresis assay. // Water Res. 2002. Т. 36, № 2, С. 403-412. РЖХ 2005. 05.09-19И.348.

44. Chen Y., Randoll A.A., McCue T. The efficiency of enhanced biological phosphorus removal from real wasterwater affected by different ratios of acetic to propionic acid. // Water Res. 2004. Т. 38. № 1. С. 27-36.

45. Амбросова, Г.Т., Бойко Т.А., Ксенофонтова О.В. Изучение способа удаления фосфора из сточной жидкости // "СтройПРОФИЛЬ". 2006. №8 (54). <http://ccr.ru/print.php?id>

46. Legros Aurelie, Villain Natalie. L'elimination du phosphore present dans les eaux residuations urbaines // Eau., ind., nuisanees. 2004. № 274, С. 52-54.

47. Удаление фосфора из сточной жидкости. НАУКА СИБСТРИН ИТЦ “Сибстрин-инновация” // <http://nauka.sibstrin.ru/innovation/iworks/?>,10

48. Пахомов А.Н., Штоповров В.Н., Мойкис О.В., Оценка эффективности различных технологических схем удаления азота и фосфора // 4 Международный конгресс по управлению отходами, Москва (31 мая – 3 июня 2005 г.), Сб. докладов, М.: СИБИКО Инт. 2005, с. 353.

49. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, постанова Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. N 465.

50. Водний кодекс України: Офіц. видання. К.: Концерн „ВД „Ін Юре”, 2004. 132 с.

51. Technical Guidelines for the identification of mixing zones pursuant to Art. 4(4) of the Directive 2008/105/EC. October 2010.

52. Кобрін В.М., Вамболь С.О, Клієвська В.Л., Яковлев Л.Б. Цивільний захист: Навч. посібник. -Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 96 с.

53. «Оценка экономической эффективности применения мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности на производстве» Гайдачук А. В., Голованова М. А., Кивиренко О. Б., Кулишова И. В. – Харьков , учебное пособие «ХАИ» 2003. – 52с.