

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Медичний факультет

Кафедра хімії та фармації

**ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЯК  
СИГНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ  
ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ КАТАСТРОФИ  
КАХОВСЬКОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

**Кваліфікаційна робота (проект)**

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконав: здобувач 242М групи  
Спеціальності 102 Хімія  
Освітньо-професійної програми  
«Хімія»  
Волоткевич Сергій Сергійович

Керівник: доктор хімічних наук,  
професор кафедри хімії та фармації  
Близнюк Валерій Миколайович

Рецензент: кандидат хімічних наук,  
доцентка кафедри хімічних  
технологій, експертизи та безпеки  
харчових продуктів  
Херсонського національного  
технічного університету  
Безпальченко Віолета Михайлівна

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ ХЕРСОНЩИНИ</b> .....	8
1.1. Загальна хімічна та фізико-географічна характеристика водних об’єктів Херсонщини.....	8
1.2. Особливості впливу антропогенних факторів на водні ресурси Херсонщини.....	13
1.3. Сучасна екологічна ситуація на Херсонщині після підриву Каховської ГЕС та можливі шляхи розв’язання проблемних питань.....	17
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ</b> .....	21
2.1. Вимоги до пробовідбору природних вод, консервації, транспортування та зберігання проб.....	21
2.2. Методики визначення окремих хімічних показників якості води як індикаторів біологічного та хімічного забруднення водних об’єктів.....	27
<b>РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ГРУПОЮ ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ КАТАСТРОФИ КАХОВСЬКОЇ ГЕС</b> .....	34
3.1. Аналіз основних хімічних показників якості поверхневих вод басейну річки Дніпро після підриву Каховської ГЕС.....	34
3.1.1. Особливості визначення біологічного споживання кисню; хімічного споживання кисню; вмісту нітритів, нітратів, сульфідів та розчиненого кисню.....	35
3.1.2. Особливості визначення якості поверхневих вод за індексом забруднення.....	41
3.2. Порівняльний аналіз хімічних та біологічних показників у	

моніторингу якості води.....	43
3.3. Рекомендації щодо моніторингу та покращення якості води на Херсонщині.....	45
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>50</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>52</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>60</b>
<b>ДОДАТОК А. Методика оцінки якості води.....</b>	<b>61</b>
<b>ДОДАТОК Б. Лабораторні методи визначення хімічних показників води.....</b>	<b>64</b>
<b>ДОДАТОК В. Таблиці експрес-методики визначення хімічних показників.....</b>	<b>73</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- БСК – «біохімічне споживання кисню» [9]  
ХСК – «хімічне споживання кисню» [15]  
ГДК – «гранично-допустимі концентрації» [20]  
СПАР – «синтетичні поверхнево-активні речовини» [20]  
ДДТ – «дихлордифенілтрихлорметилметан» [9]  
ГХЦГ – «гексахлоран» [15]  
ІЗВ – «індекс забруднення води» [9];  
ТОВ – «товариство з обмеженою відповідальністю» [27];  
ПАТ – «публічне акціонерне товариство» [35];  
ФГ – «фермерське господарство» [20]  
ПП – «приватне підприємство» [9]  
КП – «комунальне підприємство» [35]  
ККУП – «Каланчацьке комунальне унітарне підприємство» [35]

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Початок нашого століття характеризується великим числом екологічних проблем, які в тому числі стосуються питань якості поверхневих вод України особливо в умовах російсько-української війни, яка спричиняє екогеноцид по всій території нашої країни. Особливо гостро проблема якості води постала саме для Херсонської області, коли екосистема Херсонщини зазнала руйнівного впливу після підриву окупантами Каховської ГЕС, що призвело до максимального знищення біорізноманіття гирлового пониззя Дніпра та Каховського водосховища [1, с 18].

Екологічні служби та проведенні екологічні дослідження [2] дали змогу зафіксувати, що у пониззя річки Дніпро потрапила значна кількість нафтопродуктів, біогенних елементів, фосфатів, нітратів, а також значна кількість важких металів. Максимальні концентрації цих речовин було зафіксовано у Дніпро-Бузькому лимані, р. Віршовчина, р. Кошова та Дністровському лимані. Токсичні речовини у великій концентрації також потрапили до Чорного моря, що призвело до певних негативних змін в екосистемі суміжних областей [3].

Після техногенної катастрофи Каховської ГЕС кількісний вміст ряду хімічних речовин значно перевищили гранично допустимі концентрації. На сьогоднішній час, враховуючи військові умови та прифронтовий стан Херсонської області, загалом не існує можливості вчасно здійснювати комплекс природоохоронних заходів щодо відновлення екологічного стану водних ресурсів області. Частковим вирішенням питання хіміко-екологічного моніторингу стану поверхневих вод південного регіону України є дослідження якісного та кількісного складу водних об'єктів, оскільки ці дані дозволять якісно здійснювати пошук шляхів охорони поверхневих водоймищ від забруднення,

раціонального використання водних об'єктів та розробляти ефективний план дій щодо відновлення екологічного стану водних ресурсів Херсонського регіону [4].

Даний підхід до вирішення еколого-хімічних проблем півдня України і зумовило вибір теми нашого дослідження – «Хімічні показники якості поверхневих вод як сигнальні характеристики забруднення водних об'єктів в умовах техногенної катастрофи Каховської ГЕС».

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Над питанням екологічного стану поверхневих водоймищ України та аналізу хімічних показників їх якості довгий час займалися такі вчені, як: О. О. Винарчук [20]; А. В. Дорошенко [18], Г. Є. Хаєвський [22], Д. Новицький [24], І. Саніна & Н. Г. Люта [25] та інші. Питанням якості води в Херсонському регіоні займалися С. В. Скок [15], О. В. Охріменко [7], Д. С. Бреус [36].

Зв'язок роботи з науковими планами, темами та програмами. Випускна роботи виконана у відповідності до тематики науково-дослідної роботи «Аналітичні дослідження та сучасні ресурсозберігаючі та екологічно чисті процеси та технології».

*Мета дослідження:* здійснити аналіз та провести відбір хімічних показників якості води, які будуть слугувати першочерговими ефективними індикаторами на предмет хіміко-біологічного забруднення водних об'єктів після підриву Каховської ГЕС.

*Завдання дослідження:*

1. Проаналізувати теоретичні відомості щодо хімічних та фізико-географічних характеристик водних об'єктів Херсонської області.
2. Дослідити особливості впливу різних факторів на якість водних ресурсів Херсонщини.
3. Охарактеризувати основні хімічні забрудники поверхневих водоймищ після підриву Каховської ГЕС.
4. Проаналізувати методи та умови проведення аналітичних досліджень водних об'єктів Херсонщини.

5. Здійснити порівняльний аналіз основних хімічних показників моніторингу якості води.

6. Запропонувати рекомендації щодо шляхів поліпшення екологічного стану водоймищ гирла річки Дніпра після підриву Каховської дамби.

*Об'єкт дослідження:* поверхневі води.

*Предмет дослідження:* хімічні показники якості води як сигнальні характеристики забруднення водних об'єктів в умовах техногенної катастрофи Каховської ГЕС.

Під час підготовки кваліфікаційної роботи нами була використана система взаємопов'язаних *методів*, таких як: аналіз науково-методичної літератури із обраної проблематики дослідження; метод систематизації та класифікацій; метод дедукції та аналогії; метод порівняння та метод співставлення; методи математичного та графічного викладання результатів експерименту.

*Наукова новизна одержаних результатів:* набуло подальшого розгляду питання аналітичних досліджень якості поверхневих вод, як одного з основних чинників моніторингу хіміко-екологічного стану природних вод; узагальнено інформацію щодо забруднення хімічними речовинами пониззя річки Дніпро внаслідок підриву Каховської дамби; запропоновано раціональні шляхи щодо відновлення екологічного стану водоймищ в межах Херсонської області.

*Апробація одержаних результаті.* За результатами дослідження опубліковано тезу на тему «Хімічні показники якості поверхневих вод після підриву Каховської гідроелектростанції».

*Структура роботи.* Кваліфікаційна робота складається: вступна частина, три розділи з підрозділами; загальних висновків; списку використаних джерел (50 найменувань) та додатків. Обсяг роботи з додатками складає 74 сторінки, основна частина роботи складає 51 сторінку.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ХЕРСОНЩИНИ

#### 1.1. Загальна хімічна та фізико-географічна характеристика водних об'єктів Херсонщини

Херсонщина розташована у басейні річки Дніпра, що знаходяться у межах Причорноморської низовини. Південь України омивається Чорним та Азовським морем. Гідрологічна сітка області представлена річкою Дніпро та Каховським водосховищем, р. Інгулець та малими річками загальною довжиною 373,7 км (загальна кількість річок складає 24 одиниці). Загалом водні об'єкти Херсонської області займають близько 430,5 тис. га., а саме мова йде (табл. 1.1.) [5]:

- річки, порічки та інші природні водотоки (загальна площа близько 11 тис. га);
- озера, лимани, прибережні замкнуті водойми (загальна площа який складає близько 327,9 тис. га.);
- водосховища (загальна площа складає близько 64,3 тис. га);
- ставки (загальна площа складає близько 12,3 тис. га.)
- канали (загальна площа складає близько 15,3 тис. га.).

Варто відмітити, що їх розташування у межах області є нерівномірним, найбільша концентрація водних об'єктів спостерігається в західній та центральній частині області, тоді коли східна частина є безводною (рис. 1.1.). Водозабезпечення Херсонщини відбувається за рахунок підземних та поверхневих вод Причорноморського басейну. Проте варто відмітити, що підземні води в межах Херсонської області розподіленні нерівномірно. Загальний обсяг підземних вод коливається в межах 12 тис. куб. – 735 тис. куб. м/добу.





Рис. 1.1. Фізико-географічна характеристика Херсонщини

Основним джерелом зрошення в межах Херсонської області було Каховське водосховища, що сполучало південь та північ області загальною протяжністю близько 100 км. Водозабезпечення населення здійснювалося переважно або з підземних джерел, або з Каховського магістрального каналу (вода проходила очищення та знезараження, а далі подавалася до Іванівського магістрального каналу) [6].

Важливий водний масив Херсонщини складають такі ріки, як: Рвач, Конка, Інгулець, Рогалик, Каланчак, Білозірка, Чайка, Козак, Вірьовчина (табл. 1.1.) [4, 6, 7, 8]. Перераховані річки відносять до басейну річки Дніпро, виняток складає річка Каланчак, яка впадає безпосередньо у Чорне море. Річки Херсонщини мають переважаче змішане живлення, де 90 % складає снігове живлення, і лише 10 % складає підземне живлення. У весняний період режим річок характеризується переважанням весняних повенів та досить низьким рівнем дощових паводків [7, с. 211].

Таблиця 1.1

## Загальна характеристика основних водних об'єктів Херсонщини

Річка	Загальна довжина (км)	В межах області (км)	Ширина (м)	Примітки
Річки				
Дніпро	2285	198	Від 500 до 1000	
Інгулець	549	180	Від 30 до 40	
Вірьовчина	115	53	6	В окремі періоди пересихає
Каланчак	48	48	4	Пересихає влітку
Рогачик	24	24	5	Пересихає влітку
Балка Кам'янка	57	57	Від 4 до 10	
Лимани				
Дніпровський лиман	55	51,5	17	
Дніпровсько-Бузький лиман	63	55	17	
Каланчаський лиман	12	12	5	
Водосховища				
Каховське	230	230	23	

Річка Дніпро довжиною майже 216 км вважається головною водною магістраллю Херсонщини, яка разом із Каховською дамбою розділяє Херсонську область на правобережну та лівобережну. Саме права частина Херсонщини має досить розвинену гідрологічну сітку, що складається із великої кількості водних об'єктів, серед яких річки, балки та яри. Лівий берег Херсонщини характеризується переважно рівнинами та степами із різними плоскодонними впадинами, саме так називають «унікальні утворення для стоку талих снігових вод та атмосферних опадів» [7, с. 214]. Найбільшими подами Херсонщини є – Великий Чапельський,

Сиваський та Агайманський.

Річка Конка довжина якої складає 140 км, а площа басейну 2600 кв. м. є найпівденішою протокою р. Дніпро, свій початок вона бере у Приазовській долині. Річка Інгулець утворює Інгулецький лиман, який вважається найбільшою притокою пониззя річки Дніпро. Інгулець вливається в Дніпро біля село Садове та протікає у межах Українського кристалічного масиву. Річка Інгулець має два рукави – правий та лівий. Річка Інгулець є основою для водопостачання, зрошення та обводнення земель Херсонської та Миколаївської області. Річка Кошова ділиться на рукави: Ольховський Дніпро та Старий Дніпро, які розділені між собою Великим Потьомкинським островом. Зливають ці рукави біля станції (Кузьміни), де далі вони знову діляться на безліч рукавів, що впадають у Дніпровський лиман.

Річки Херсонщини складають основу процесу зрошування сільськогосподарських угідь та водопостачання області загалом, саме тому у літній період значно зменшувався ступінь водності, місцями з'являлися місця з обмілінням. Переважаючими проблемами річок Херсонщини (у період до війни) було масове замулювання русла річок, що призвело до погіршення якості води [4].

Стосовно кліматичних особливостей півдня України варто відмітити: переважання значної кількості тепла та сонця; недостатність атмосферних опадів. Наприклад: «за рік сумарне випаровування перевищує кількість атмосферних опадів приблизно у 2-3 рази» [17, с. 75]. Кількість атмосферних опадів за рік на Херсонщині складає близько 340-420 мм. Для Херсонщини характерна тривала посушливість яка може тривати 90-100 днів. Така картина спостерігається не рідше одного разу на три роки.

Серед проблем водних об'єктів області, які сприяють незадовільному їх стану можна виділити: нераціональне використання водних ресурсів, антропогенне навантаження, забруднення стічними

відходами різних сільськогосподарських та господарських об'єктів. Серед найбільших забруднювачів поверхневих вод Херсонщини виділяють: промислові відходи, стічні води, сільське господарство, нафтопродукти та тверді відходи та інші [7, с. 214].

Оцінка якості поверхневих водоймищ передбачає визначення низки гідрохімічних показників. До таких показників віднесено: ХСК, БСК, загальний ступінь мінералізації, вміст фосфатів, вміст нітратів, рН, солоність, твердість води, вміст синтетично поверхневих речовин, завислі речовини, вміст розчиненого кисню [9, с. 22]. Нижче представимо вміст середньостатистичних основних хімічних показників поверхневих водоймищ Херсонщини до руйнування Каховської ГЕС у порівнянні із встановленими нормами ГДК для водоймищ загального господарсько-побутового використання (табл. 1.2.) [7, 9]:

*Таблиця 1.2*

**Середньостатистичні хімічні та фізико-хімічні показники  
поверхневих вод Херсонщини**

<b>Показники</b>	<b>Показники за 2022 рік в межах Херсонської області мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>ГДК мг/дм<sup>3</sup></b>
рН	7,7-8,5	6,5-8,5
ХСК	1,41-3,29	15,0
БСК	0,85-0,97	3,0
Розчинний кисень	5,0-6,14	6,0
Азот аміачний	0,79-0,90	0,5
Нітрати	43-53	9
Хлориди	300-350	350
Сульфати	350-500	500
Завислі речовини	0,5-0,7	0,75
Сухий залишок	550-700	1500

Відмітимо, що саме хімічні показники є ефективним інструментом у здійсненні швидкої комплексної оцінки якості води в умовах сильного антропогенного навантаження. Оцінка якості води поверхневих вод

повинна проводитися у відповідності до чинного законодавства України. Результати даної оцінки необхідні для встановлення загального екологічного стану Херсонщини (особливо в умовах техногенної катастрофи) та встановленні відповідного ступеня придатності води до загального водокористування.

За вмістом важливих хімічних показників, а саме: БСК, ХСК, вміст розчиненого кисню, вміст Нітрогену нітратного та нітритного визначають ступінь забрудненості поверхневих водоймищ в умовах сильного антропогенного впливу. Ступінь забруднення водних об'єктів пониззя річки Дніпра (після підриву Каховської ГЕС – період 06. 06. 2023 – 12. 06. 2023 року) значно підвищився. За результати аналізів взятих співробітниками Департаменту охорони довкілля у річці Інгулець у 10 разів підвищився вміст нітратів та у 2 рази підвищився вміст завислих речовин. У річці Кошова вміст завислих речовин підвищився у 1,5 рази, а вміст нітратів у 2,5 рази. Оцінка хімічних показників водних об'єктів пониззя річки Дніпро ґрунтується на низці гідрохімічних, гідробіологічних та гідрфізичних показників, які дозволяють у повній мірі визначити вміст небезпечних речовин та класифікувати водний об'єкт за рівнем якості поверхневих вод [10, с. 357].

## **1.2. Особливості впливу антропогенних факторів на водні ресурси Херсонщини**

Антропогенне навантаження значно погіршує якість води, саме тому потрібно систематично та цілеспрямовано вивчати наслідки цього впливу на водні об'єкти із врахуванням причинно-наслідкових процесів, що безпосередньо мали вплив на погіршення якості води. Тобто досліджуючи антропогенний вплив на водні об'єкти варто досліджувати самі процеси формування хімічного складу та якості води.

Для Херсонської області проблема якості води після руйнування

Каховської дамби стала вкрай складною та досить актуальною. Все це обумовлено низкою особливостей місцевості, швидкими темпами трансформації та деградації, недостатньою забезпеченістю заходів щодо охорони природних територій, недосконалою законодавчою базою, яка не враховує специфіку місцевих екологічних та політичних умов.

До основних негативних моментів, які безперечно впливають на якість поверхневих водоймищ Херсонщини варто виділити: ерозія водозаборів; процеси замулення русел малих річок та акваторій великих водоймищ; зсуви та селеві процеси; погіршення здатності самоочищатися; відсутність відповідних гідротехнічних споруд; масове зниження масивів лісу (пожежі спричинені активними бойовими діями); розорювання схилів та багато інших факторів [10, с. 360].

Серед найважливіших та гострих проблем сьогодення, щодо особливостей антропогенного впливу на водні об'єкти південних областей [12]:

1. Пряме забруднення водних об'єктів, яке відбувається в результаті техногенних катастроф (руйнування Каховської дамби) або скидання у прибережні смуги неочищених комунально-побутових та промислових стічних вод, побутового та технічного сміття.

2. Максимальне антропогенне навантаження водних об'єктів через надходження в них паливно-мастильних матеріалів, які утворилися внаслідок руйнування окупантом інфраструктури підприємств та очисних споруд.

3. Руйнування природних ландшафтів та біоценозів річкових долин, і як наслідок злив у водні об'єкти природних речовин, а також забруднень.

4. Вторинне забруднення річок та водоймищ за рахунок великої кількості біомаси, які не піддаються повному розкладанню, як наслідок утворюється замулення та занесення русел річок, акваторій водоймищ.

Багато водних об'єктів під тиском господарювання людини

зазнають перетворень та нищень, внаслідок чого відбувається інтенсивне полікомпонентне забруднення водоймищ – механічне, хімічне та біотичне. На сьогодні в умовах проведення недосконалої водної меліорації, недостатньої лісистості водозборів, замулюваннях, забрудненні та зникненні цілих водних об’єктів проблема антропогенного навантаження на території, що постраждали внаслідок руйнування Каховської дамби є досить актуальною [13, с. 68].

Помірне антропогенне навантаження на водні об’єкти Херсонщини спостерігалось у довоєнний період, а саме у період 2018-2022 років, який характеризувався найменшим надходженням забруднюючих речовин (обсяг стічних вод та інших забруднювачів зменшився майже на 30 % у порівнянні з початком ХХІ ст. [15, с. 165]. Найбільшого техногенного навантаження водні суб’єкти півдня України зазнали саме від діяльності житлово-комунальних підприємств (табл. 1.2.) [13, 14, 16, 30].

*Таблиця 1.2*

**Основні житлово-комунальні господарство Херсонщини у  
довоєнний період**

1.	Завод «Палада»
2.	ПАТ «Судноплавна компанія «Укррічфлот»
3.	ККУП «Джерело» Каланчацької селищної ради
4.	ПП «Жукова»
5.	ФГ «Південне»
6.	КП «Очисні споруди» Скадовської міської ради
7.	ТОВ «Рис України»

Одним із найбільш значимих джерел забруднення поверхневих водоймищ Херсонщини стала техногенна катастрофа на Каховській ГЕС. Внаслідок руйнування Каховської ГЕС до поверхневих водоймищ пониззя річки Дніпро потрапила значна кількість забруднюючих речовин (біогенні елементи, Нітроген нітратний та нітритний, нафтопродукти, фосфати, важкі метали), а також до водоймищ потрапили значні

концентрації донних відкладів, які роками на накопичувалися на дні Каховського водосховища та після руйнування піднялися з його дна.

За результатами проведеними екологами, встановлено, що донні відклади у своєму складі містили такі хімічні речовини, як: миш'як, хром, ртуть, ДДТ (хлорорганічний пестицид, який вважається канцерогеном, та здатен викликати онкологічні захворювання); ГХЦГ (гексахлоран – отруйний інсектицид, що впливає на нервову систему живих організмів). Донні відклади Каховського водосховища є потенційно високим джерелом забруднення та становлять небезпеку як для біоти регіону, так і для людини [17, с. 74].

Враховуючи комплекс природних та антропогенних умов які склалися в Херсонській області після підриву Каховської ГЕС (висока температура повітря, незначний відсоток каналізованих сільських населених пунктів) в найближчі роки можна очікувати спалахи різних вірусних та епідемій-кишкових інфекцій. Поряд з цим варто відмітити, що затоплена територія знаходиться в зоні континентального соленокопичення, що є гарним середовищем для накопичення забруднення, мінералізації та твердості поверхневих та підземних вод. А знесення родючого шару ґрунту призведе до виникнення евтрофікації і численних заморів гідробіонтів, що у подальшому негативно впливатиме на водно-екологічну ситуацію Херсонщини [18, с. 222].

Тобто одним із наслідків руйнування Каховської ГЕС є виникнення евтрофікації водоймищ – це процес підвищення біологічної продуктивності у результаті нагромадження біогенних елементів. Фізико-хімічні властивості поверхневих вод погіршуються, вона стає мутною, має неприємний запах та смак, значно підвищується кислотність води. Під час масового відмирання водоростей та іншої біоти у водоймищі накопичуються їх рештки, що розкладаються. Продукти розпаду можуть бути токсичними, що може призвести до спалаху шлунково-кишкових захворювань та масових отруєнь тварин та птахів [19].



Вміст біогенних елементів може збільшуватися за рахунок природної та штучної евтрофікації, внаслідок чого до поверхневих водоймищ потрапляють стічні води тваринницьких комплексів, комунальних та промислових господарств [20, с. 80].

До головних ознак евтрофікації відносять: зменшення концентрації розчиненого кисню, що призводить до масової гибелі жителів водоймищ; масове «цвітіння» води; неконтрольоване збільшення біомаси фітопланктону. Водоймища із евтрофікаційними процесами характеризуються: підвищеною каламутністю; підвищеним вмістом біогенних елементів; завищеними показниками БСК, ХСК; заниженим / завищеним значенням показника рН [21, с. 136].

Накопичення значної кількості забруднюючих речовин у водоймищ супроводжуватиметься утворенням метану, водню, амоніаку, сірководню, які проявляють токсичну дію на рибу та безхребетних, що в кінцевому результаті призводить до масової загибелі риби. З метою попередження евтрофікації водоймищ після руйнування дамби потрібно:

- створити водоохоронні зони по берегу водних об'єктів.
- систематично здійснювати фітомеліорацію. Здійснювати культивування вищої водної рослинності, що перехоплюватиме шкідливі біогенні елементи) [22, с. 202].

### **1.3. Сучасна екологічна ситуація на Херсонщині після підриву Каховської ГЕС та можливі шляхи розв'язання проблемних питань**

Каховське водосховище мали велике значення для соціально-економічного розвитку Херсонського регіону України, було основою Каховського меліоративного комплексу, забезпечувало можливість ведення сільського господарства на великих площах, відповідало за формування екосистеми півдня України. Підриу Каховської дамби призвів до водно-екологічної катастрофи в країні, що призвело до

значних затоплень територій Херсонської області, людських жертв, забрудненням довкілля та завдало величезних збитків. Херсонська область зазнала найбільших еколого-ресурсних та соціально-економічних втрат у результаті затоплення. Завдано непоправної шкоди природо-заповідному фонду Херсонщини. Зафіксовано масову гибель риби та інших гідробіонтів, загинули свійські та дикі тварини. Виникли гідрологічні та геотехнічні проблеми із функціонуванням ставка-охолоджувача Запорізької АЕС. За даними головного санітарного лікаря України, мікробіологічні показники якісного складу поверхневих вод перевищували нормативні значення, що говорить про їх забрудненість [23].

Підрив дамби призвів до масштабної гибелі мікроорганізмів (зафіксовані масові мори прісноводної риби). Також у поверхневій воді пониззя річки Дніпро потрапила велика кількість паливно-мастильних матеріалів та було затоплено чисельну кількість населених пунктів із різними джерелами забруднення (каналізаційні системи, вигрібні ями, склади боєприпасів, склади із хімікатами та добривами).

Руйнування Каховської дамби призвело до розвитку низки короткострокових та довгострокових незворотніх еколого-технологічних загроз, а саме [24]:

- виведення з ладу великої кількості об'єктів (систем водовідведення та водопостачання, лікувальних засобів та житлових будівель), нагальна евакуація декількох тисяч населення, що ускладнена військовими діями;
- втрата та ускладнення джерел водопостачання для жителів Херсонщини (затоплення забрудненою водою криниць та свердловин) та втрата основного централізованого водопостачання, включно з Північно-Кримським та Каховським каналами (негативне впливає на екологію півострову);
- зміна водно-екологічних умов та значне забруднення

поверхневих ґрунтів;

- чисельні забруднення та засмічення поверхневих вод Херсонщини (нафтопродуктами, донними відкладами, біомасою та наслідками військових дій);

- втрата агросектору Херсонщини та знищення зрошувальної системи (без води залишилося близько 94 % зрошувальних систем області). Активно відбуваються процеси деградації ґрунтів, зміна фауни та флори.

- забруднення, засмічення та опріснення акваторія Чорного моря, цвітіння одноклітинних водоростей;

- знищено цілі види популяцій рослин, тварин та рибних запасів.

- відбулася радикальна трансформація водної екосистеми;

- порушено екологічний зв'язок вздовж Дніпровського екологічного коридору.

Серед актуальних напрямків поліпшення екологічної безпеки Херсонщини виділимо [25, с. 55]:

1. Посилення державного контролю за використанням матеріальних ресурсів; допомога постраждалому населенню; забезпечення санітарного благополуччя уражених територій.

2. Здійснення адекватного та реалістичного планування регіональної екологічної політики як у воєнний, так і після воєнний час, що повинна ґрунтуватися на запровадженні заходів, які націлені на досягнення цільових показників з уникненням будь-яких корупційних ризиків.

3. Державно-управлінські рішення щодо екологічної безпеки регіону повинні прийматися за участі міжнародно-правових, екологічних організацій

Проаналізувавши наслідки руйнування Каховської дамби для Херсонщини, відібрані найоптимальніші методи вирішення: [26, с. 22]:

- Впровадження інноваційно-технологічних проєктів. Наприклад: використання плавучих насосних систем; видобуток артезіанських свердловин.

- Впровадження інноваційних геоінженерних рішень, що дозволять відновити ґрунт та очистити поверхневі води від забруднень.

- Впровадження інфраструктурних проєктів, що здатні у повній мірі забезпечити стабільність основних гідроспоруд.

- Впровадження інноваційних стратегій, щодо відновлення сільськогосподарських угідь, які дозволять покращити якість ґрунту, зменшити ерозію ґрунтів та підвищать їх родючість.

Отже, найбільшого техногенного навантаження Херсонщина зазнала внаслідок руйнування Каховської ГЕС, проте і на сьогодні до кінця не вивчені всі наслідки її руйнування, так як значна кількість території знаходиться під окупацією. Тому сучасним дослідникам залишається лише прогнозувати реальні збитки завданні області та розробляти інноваційні стратегії та методики, які дозволять в майбутньому створити екологічно чисту та збалансовану систему щодо ефективного відновлення пошкоджених екосистем із мінімальним впливом на довкілля.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

#### 2.1. Вимоги до пробовідбору природних вод, консервації, транспортування та зберігання проб

Основні етапи аналітичного аналізу природних водних об'єктів (рис. 2.1.) [27, с. 148]. У відповідності до даного (рисунок 2.1.) першим етапом аналізу є підбір оптимальних методик. Даний етап досить важливий, тому що від обраних методик залежить величина проби, складність відбору проби та тривалість хімічного експерименту.

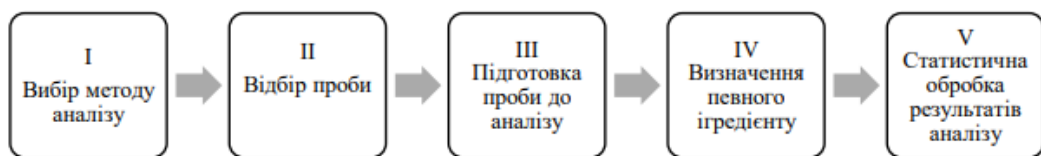


Рис. 2.1. Основні етапи аналітичного дослідження природних водних об'єктів

Визначення основних хімічних показників при дослідженні якості води виконуються безпосередньо за етапи (II-IV) (див. рис. 2.1.) Зокрема мова йде про визначення таких хімічних показників, як: показник вмісту розчиненого кисню, показники вмісту Нітроген нітратного та нітритного; визначення величини рН; визначення вмісту сульфідів та деяких інших показників. Проте в інших випадках експериментальні дослідження потребують більш ґрунтовної та більш складної підготовки.

У відповідності до класифікації проб води, їх поділяють на прості та змішані, також проби води бувають: серійними та одноразовими [27, с. 148].

*Прості проби* – це одноразовий відбір об'єму води, що потрібен для аналізу. Прості проби дозволяють отримати інформацію щодо хімічного складу води у певний час та в певному місці.

*Змішані проби* утворюються за рахунок змішення простих проб, що одночасно відібрані у різних місцях та у різні проміжки часу. Саме такі проби дозволяють говорити про середньостатистичний хімічний склад досліджуваного об'єкту за певний проміжок часу. Методичні рекомендації до відбору змішаних проб: не рекомендовано відбирати проби за період, що є більшим від однієї доби; заборонено відбирати ці проби для визначення швидко плинних показників (каламутність, розчинність газів тощо).

*Одноразовий пробовідбір* зазвичай здійснюються для періодичного контролю якості води, з метою визначення зміни концентрацій забруднюючих речовин. Основна мета здійснення одноразового пробо відбору полягає у вчасному виявленні можливих відхилень від встановлених закономірностей. Поряд з одноразовим пробовідбором існує *серійний*, який дозволяє отримати достовірну інформацію про хімічний склад природних водоймищ. Серед найпоширеніших варіантів серійного відбору проб води [28, с. 324]:

- зональний відбір (відбирають у різних місцях та на різних глибинах);
- відбір проб через певні проміжки часу (такий пробовідбір здійснюється протягом доби, сезону чи декади);
- погодженні проби відбирають тільки за напрямком течії у різних місцях за однакові проміжки часу. Основна мета: зафіксувати основні фізичні, хімічно-фізичні та біологічні процеси, що відбуваються у воді, та безпосередньо впливають на склад та якість води.

Техніка відбору проб з природних водоймищ [28, с. 328]:

1. Попередньо розраховують об'єм води, який потрібен для визначення основних хімічних показників з врахуванням чутливості обраних методів аналізу та особливостей пробовідбору. Наприклад: для визначення таких показників як БСК та ХСК аналіз варто проводити не менше трьох разів, тобто приблизний об'єм має складати близько 2 літрів

з кожної точки відбору. Проте для більш якісного аналізу об'єм води потрібен значно більший.

2. Пробовідбір варто робити у чистий посуд (зазвичай це скляний або поліетиленовий посуд), що має герметичну кришку. Загальний об'єм тари має складати 2-3 літри.

3. Місце відбору проб повинно бути в тих місцях, де спостерігаються значні зміни у фазовому стані поверхневих вод та концентрації хімічних компонентів. Наприклад: визначення вмісту розчиненого кисню, азот нітратного та нітритного, органічних сполук варто проводити на відкритих ділянках водосховища, річки чи озера, або в заростях макрофітів. Проби із гирлових ділянок річок, які впадають у море мають різний хімічний склад, це насамперед пов'язують із процесом перемішування прісних та солонуватих водних мас.

4. Час та місце відбору залежить від морфологічних та фізико-географічних умов, які впливають як на хімічний склад води, так і на її якість.

5. Виконання аналізу на місці пробовідбору, а її консервування та транспортування до лабораторії. Консервування проби дозволяє зберігати сталість складу відібраної води (тобто призупиняє будь-які біологічні та хіміко-фізичні процеси). Наприклад такі хімічні показники, як: БСК, показник рН варто проводити на місці пробовідбору, адже вони є досить лабільними показниками тому їх не можливо стабілізувати шляхом методу консервування.

Основні принципи здійснення пробовідбору у природних поверхневих водоймищах [29, с. 112]:

- Відібрані проби повинні бути важливим елементом у характеристиці обраного водного об'єкта та відповідати місцю та часу відбору.

- Процеси консервації та транспортування проб є найважливішими характеристиками здійснення якісного хімічного

аналізу.

- Об'єм / маса проби повинні бути чітко розрахованими у відповідності до всіх запланованих аналітичних досліджень.

Нижче представимо особливості здійснення пробовідбору за різних умов та у річних типах водних об'єктів (див. табл. 2.1.) [28, 29]

Таблиця 2.1

### Особливості пробовідбору у різних водних об'єктах

Природні водні об'єкти	Особливості здійснення пробовідбору
Річки та струмки	<p>Пробовідбір варто проводити у місцях швидкої течії. Якщо ж відбувається змішування двох річок (струмків) то для аналізу варто відібрати проби саме у місці, де відбувається повне змішування.</p> <p><i>Рекомендації: пробовідбір варто проводити під поверхнею води, а найкраще на загально встановленій глибині (приблизно 30 см).</i></p>
Озера Ставки Водосховища	<p>Пробовідбір варто проводити у різних точках зазначених водних об'єктів за двох основних умов. Перша умова: пробовідбір здійснювати на поверхні води (глибина може бути від 0,2, до 0,5 метрів); друга умова – пробовідбір здійснювати біля дна водного об'єкту. <i>Не рекомендовано відбирати змішану пробу у водосховищах, озерах та ставках, тому що у таких типах водних об'єктів є велика різниця між хімічним складом та місцем пробовідбору. Також окремі компоненти води здатні активно взаємодіяти між собою, що значно погіршує якість аналізу за змішаною пробюю.</i></p>
<p>Примітка: не можна здійснювати пробовідбір пляшками, та іншими ємкостями, які у процесі відбору можуть наповнитися киснем. Відбір на поверхні водоймищ варто здійснювати склянкою ємкістю 1-1,5 л із гумовою пробкою, яку можна легко знімати на потрібній глибині. У літній період пробовідбір з поверхні водоймищ можна здійснювати зануривши руку зі склянкою у воду. <i>Особливості пробовідбору на виявлення сульфідів: рекомендовано обирати спеціальні проби для їх визначення, до кожної відібраної проби 250 см<sup>3</sup> додавати по 10 см<sup>3</sup> розчину Cd або 1-2 см<sup>3</sup> 50 % розчину NaOH. Проба повинна бути повністю заповнена, щоб в ній не залишались</i></p>	



пухирці повітря.
------------------

З метою отримання достовірних результатів – аналітичні дослідження потрібно проводити якомога швидше, тому що у воді можуть відбуватися різні фізико-хімічні, біохімічні процеси. Поряд з цим можуть змінюватися і органолептичні властивості води, а деякі речовини взагалі здатні адсорбуватися на стінках посуду. Саме тому, якщо аналітичне дослідження не можливо провести відразу (за допомоги експрес-методики) тоді обов'язково варто її консервувати та транспортувати до лабораторії, при цьому обов'язково враховувати умови консервування: температура, тиск тощо. Після етапу пробовідбору та консервування проводить аналіз, який включає в себе наступні стадії:

- визначення основних хімічних показників;
- концентрування мікроелементів;
- усунення речовин, що заважають аналізу [29, с. 145-146].

Процес консервації проб води дозволяє зберегти фізичні та хімічні показники у початковому стані (тобто в стані початкового пробовідбору). Консервація обов'язкова при відсутності умов для проведення аналізу на місці пробовідбору. Але варто пам'ятати, що консервація проб не дозволяє на всі 100 % попередити зміну складу води, тому все ж такі можливість протікання різноманітних фізико-хімічних та біологічних процесів присутня. Консервацію варто проводити на наступний день після здійснення пробовідбору. Універсальної методики з консервації проб води на сьогоднішній час не існує, зумовлено це потребою визначення різних показників, кожний з яких має свої особливості пробовідбору (див. табл. 2.2.) [30, 31].

Не варто здійснювати пробовідбір при визначенні ряду показників: визначення вміст сульфідів, озону, хлору (проводять одразу); вміст розчиненого кисню (проводять одразу); визначення біохімічного споживання кисню (на протязі 1 доби після пробовідбору, при  $t=3-4\text{ C}^0$ );

зависей, питомої електропровідності, величини рН, жирних кислот та ароматичних вуглеводнів (до 1 доби) ; фенолів (до 5 діб) [30, с. 85 ].

Таблиця 2.2

### Особливості консервування природних водних об'єктів

Показники	Терміни зберігання з консервацією / без консервації	Особливості консервування (консерванти на 1 см <sup>3</sup> води)
Показник рН	З консервацією : до 2 діб Без консервації: при відборі.	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Окиснюваність	З консервацією : до 1 доби; Без консервації: до 4 годин.	50 см <sup>3</sup> сульфатної кислоти для перманганатності або 10 см <sup>3</sup> сульфідної дихроматності
Сухий залишок	З консервацією : до 2 діб Без консервації: до 6 годин.	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Розчинний кисень	Без консервації: до 3 годин.	-
БСК	Без консервації: до 1 години	-
Амоніак та амоній – іони	З консервацією : до 2 діб Без консервації: до 4 годин.	1 см <sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти. Або 2-4 см <sup>3</sup> хлороформу
Нітрати (V)	З консервацією : до 2 діб Без консервації: до 4 годин.	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Нітрати (III)	З консервацією : до 2 діб Без консервації: до 4 годин.	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Гідроген сульфід та сульфід	Без консервації: до 1 години	-
Фосфати	З консервацією : до 1 доби. Без консервації: до 8 годин.	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Сульфати	Без консервації: до 7 годин	-
Хлориди	Без консервації: до 7 годин	-
СПАР	Без консервації: до 8 години	Об'єм: 2-4 см <sup>3</sup> Речовина: хлороформ
Феноли	З консервацією : до 2 діб Без консервації: до 4 годин.	4 г натрій гідроксиду

	консервації: до 4 годин.	
--	--------------------------	--

Найбільш поширеними консервантами природних вод є [31, с. 90]:

- Концентрована сульфатна кислота, яку використовують при визначенні – ХСК, Нітрогену нітратного та нітритного, амоніак та амоній-іони, карбон-органічних та Нітроген-органічних сполук у співвідношенні 1 см<sup>3</sup> до 1 см<sup>3</sup> води.
- Концентрована нітратна кислота при визначенні іонів Mn<sup>2+</sup>; Ni<sup>2+</sup>; Pb<sup>2+</sup>; Cu<sup>2+</sup> у співвідношенні 5 см<sup>3</sup> кислоти до 1 см<sup>3</sup> води.
- Розчин хлороформу при визначенні фосфатів, сухого залишку, нітратів (III) та нітратів (V); визначення СПАР.

Досить часто використовують спеціальні консерванти. Наприклад: (а) пробу води для визначення заліза консервують із додаванням нітратної кислоти (25 см<sup>3</sup> на 1 см<sup>3</sup> води); (б) пробу води на визначення вмісту Феруму (II) та Феруму (III) консервують із додаванням оцтової кислоти та розчину натрій ацетату; (в) пробу води для визначення сульфідів консервують додаючи 10-% розчину кадмій ацетату (10 см<sup>3</sup> на 1 см<sup>3</sup> води).

Транспортування проб повинно відбуватися або у скляному, або у поліетиленовому посуді з пробками та бути герметично закритими, щоб під пробкою не залишалися пухирці повітря. Всі відібрані та законсервовані проби зберігати при температурі не більше 3-4 С<sup>0</sup>. Проводити аналітичні дослідження варто починати лише тоді, коли температура проб зрівняється з кімнатною [32, с. 148].

## **2.2. Методики визначення окремих хімічних показників якості води як індикаторів біологічного та хімічного забруднення водних об'єктів**

Аналітичні дослідження є основою для визначення якості води та невід'ємною частиною нормативно-правової бази для комплексної

характеристики екологічно стану водних об'єктів Херсонщини. Результати аналітичних досліджень є підґрунтям для оцінки впливу антропогенних факторів на довкілля, встановлення певних водоохоронних нормативів та попереджень, плануванні та здійсненню водоохоронних заходів та оцінки їх ефективності впровадження (додаток А).

Хімічні показники у порівнянні із біологічними показниками дозволяють швидко визначити забруднювачі. Основу хімічних показників складають : БСК, ХСК, вміст Нітрогену нітратного та нітритного, сульфідів та вміст розчинних газів [33, с. 35].

Процес визначення хімічних показників якості води вважається малозатратним по часу та результати більш точними в порівнянні з групою біологічних методів, які є довготривалими у виконанні та потребують попередньої ґрунтової підготовки. До основних хімічних показників, які дозволяють оперативно визначити якість поверхневих вод можна віднести [34, с. 112-113]:

- показник біохімічного споживання кисню – показує кількість кисню, що витрачається на біохімічне окислення органічних речовин за певний проміжок часу.
- показник хімічного споживання кисню – показує кількість кисню, що потрібна для окиснення органічних сполук.
- вміст розчиненого кисню – описує ступінь реалізації біохімічних та екологічних процесів у провів води.
- водневий показник (рН) – показник, що вказує на співвідношення концентрації карбонатної кислоти з її іонами.
- вміст нітритів та нітратів;
- вміст сульфідів;

За результатами аналітичних досліджень у відповідності до розроблених критерії якості води встановлюють клас та категорію якості поверхневих вод за різними блоками показників (табл. 2.3.) [35, 36]:

Таблиця 2.3

**Клас якості водного об'єкту за індексом забруднення води**

Значення Індексу забруднення	< 1,0	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01- 10,00	> 10,00
Рівень забруднення	Чиста	Слабо забрудненна	Помірно забрудненна	Брудна	Дуже Брудна
Клас води	1	2	3	4	5

Інструментально-лабораторний контроль якості поверхневих вод пониззя річки Дніпро після підриву Каховської ГЕС проводився на 5-ти місцях відбору проб за спеціальною групою хімічних показників, що дозволив у повній мірі оцінити вплив повномасштабних військових дій на якість поверхневих вод у межах Херсонщини (табл. 2.4.) [36, 37, 38]:

Таблиця 2.4

**Інструментально-лабораторний практикум аналітичних досліджень**

Назва водного об'єкту	Кількість відібраних проб	Хімічні показники	Кількість випадків з перевищ. ГДК
Р. Дніпро (м. Херсон)	7	БСК, ХСК, рН, вміст розчиненого кисню, вміст азоту нітратного та азоту нітритного, вміст сульфідів	5
Р. Інгулець (с. Дар'ївка)	7	БСК, ХСК, рН, вміст розчиненого кисню, вміст азоту нітратного та азоту нітритного, вміст сульфідів	5
р. Вільшанка	7	БСК, ХСК, рН, вміст розчиненого кисню, вміст азоту нітратного та азоту нітритного, вміст сульфідів	3
р. Кошова	7	БСК, ХСК, рН, вміст розчиненого кисню, вміст азоту нітратного та азоту нітритного, вміст сульфідів	3
Дніпровсько-Бузький лиман	7	БСК, ХСК, рН, вміст розчиненого кисню, вміст азоту нітратного та азоту нітритного, вміст сульфідів	2

На практиці всі аналітичні дослідження проводилися на основі використання експрес-методик та лабораторних довготривалих методик (додаток Б), щодо виявлення основних хімічних показників у поверхневих водах Херсонщини. Нижче представлений комплекс експрес-методик, які використовувався в аналітичних дослідженнях з метою вивчення хімічних показників якості води:

*Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК).*

Особливість експрес-методики полягає у використанні  $H_2SO_4$  підвищеної концентрації. Під час змішування води з кислотою температура підвищується за рахунок теплоти, що виділяється, тому нагрівати пробу не потрібно.

У пробу води вводять розчин калій дихромату об'ємом  $2,5 \text{ см}^3$ , потім  $HgSO_4$  масою  $0,2 \text{ г}$  та додають сульфатну кислоту (розраховані об'єми:  $7,5 \text{ см}^3$  кислоти на  $1 \text{ см}^3$  води). Після реакції охолодіть до кімнатної температури, далі додайте  $100 \text{ см}^3$  дистильованої води. Титруйте *розчином* солі Мора, як зазначено в арбітражному методі. Розрахунки ведуть за формулою:

$$X = \frac{(a-b)C_H}{V} = \frac{2000(a-b)}{V} \cdot K$$

*Методика визначення біохімічного споживання кисню (БСК).*

Посуд попередньо сполосніть досліджуваною водою, посуд повинен герметично закриватися пробкою. В одній склянці із аналізованою водою та у двох інших склянках з водою для розбавлення потрібно визначити концентрацію розчиненого кисню. У склянку із аналізованою водою вносять  $2 \text{ см}^3$  р-ну  $MnSO_4$  далі до рівня проби додати  $2 \text{ см}^3$  лужного р-ну  $KI$ .

Ретельно перемішати до утворення осаду. До утвореного осаду додайте  $1 \text{ см}^3 H_2SO_4$  та перемішайте до повного його розчинення. У колбу для титрування відберіть  $50 \text{ см}^3$  утвореного розчину та титруйте розчином  $Na_2S_2O_3$  ( $C=0,01 \text{ моль/дм}^3$ ). Потрібно відібрати по  $100 \text{ см}^3$  з кожної проби.

Розрахунки БСК [39, с. 50]:

$$X = n \cdot F \cdot 0,08 \cdot \frac{1000}{V-v}; \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$$

*Визначення вмісту розчинного кисню.* Кисневу склянку ополіскують аналізованою водою, далі за допомогою батометра із гумовою трубкою набирають воду. Трубка повинна торкатися дна склянки. Наповнення продовжувати доти доки не вилиється 250-300 см<sup>3</sup> з метою уникнення потрапляння кисню. У кисневу склянку потрібно додати 2 см<sup>3</sup> хлорид марганцю та 2 см<sup>3</sup> лужного розчину калій йодид. Піпетку варто занурювати до половини склянки та по мірі виливання розчину піднімати догори. Склянку закрити пробкою та вміст добре перемішати.

Осаду, що утворився дати відстоятися не менше 10 хвилин та потім піпеткою додати 5 см<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Піпетку варто занурити до осаду та повільно піднімати вгору. Склянку закривають та ретельно перемішати. Далі відібрати у колбу на 250 см<sup>3</sup> – 100 см<sup>3</sup> розчину та титрувати 0,02 н розчином тіосульфату доти, доки не утвориться розчин світло-жовтого кольору. Далі додають 1 см<sup>3</sup> свіжоприготовленого р-ну крохмалю та титрують до появи синього кольору.

Вміст розчиненого кисню розраховують за формулою:

$$X_n = \frac{V \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{100}$$

де, N – нормальність розчину тіосульфату; V – кількість см<sup>3</sup> витраченого тіосульфату на титрування; Вміст 8 – атомна маса атому Оксигену; 1000 – коефіцієнт масового перерахунку; 100 – об'єм досліджуваної проби води.

Ступінь насичення кисню у водоймах розраховують:

$$\text{O}_2\% = \frac{C \cdot 100}{C_0} \text{ де,}$$

C – концентрація кисню (мг/дм<sup>3</sup>); C<sub>0</sub> – нормальна концентрація кисню для температури, при якій було відібрано пробу та тиску 760 мм. рт. ст. [40, с. 12].

*Визначення активної реакції води (рН).* Аналізовану воду відбирають у пробірку та занурюють смужку індикатора (універсальний). За зміною кольору індикатора визначають показник рН. Значення рН коливається у межах від 6,5-8,0, вода повинна мати нейтральну реакцію.

*Визначення Нітроген нітритного за методом Гріса* (точність методу до 0,001 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup>). У пробірку налити 10 см<sup>3</sup> аналізованої води та додати 5 крапель реактиву Гріса. Перемішати та залишити на 20-30 хвилин. Спостерігати за зміною забарвлення у пробірці. Вміст Нітроген нітритного визначити за шкалою вмісту нітритів (додаток В). У якісній воді вміст Нітроген нітритів повинен бути в межах 0,002-0,003 мг/дм<sup>3</sup>.

*Визначення Нітроген нітратного за використання сульфофенолового реактиву.* Налийте у пробірку 1 см<sup>3</sup> аналізованої води та додайте 1 см<sup>3</sup> сульфофенолового реактиву. Паралельно проведіть дослід з дистильованою водою (холостий дослід). Обидві пробірки перемішайте та залиште на 20-30 хв. Визначте вміст Нітроген нітратного за таблицею (шкала, додаток В).

*Нормативи.* Вміст Нітроген нітратного не повинен перевищувати показник 10 мг/дм<sup>3</sup> [41].

*Визначення гідроген сульфід.* У пробірку наливають 10 см<sup>3</sup> досліджуваної води, а в іншу пробірку наливають 10 см<sup>3</sup> дистильованої води (контрольна проба). Слідкуйте за зміною інтенсивності забарвлення та його товщиною. Вміст гідроген сульфід у воді визначають за таблицею представленою у додатку В.

*Нормативи* – у чистій та якісній воді вміст гідроген сульфід не повинен перевищувати 0,03 мг/дм<sup>3</sup>

Поряд із методиками визначення основних хімічних показників щодо рівня забруднення водних об'єктів було обрано методику оцінки якості води за індексом забрудненості води. Дана методика на сьогодні є комплексною, яка дозволяє за короткі проміжки часу проаналізувати якість поверхневих водоймищ. За індексом забруднюваності визначають



клас якості води (див. табл. 2.3.). Розрахунок індексу забруднюваності ведуть за формулою [42, с. 91]:

$$ІЗВ = 1/6 \sum_{i=1}^n C_1 / ГДК_i \text{ де,}$$

ГДК<sub>i</sub> позначає гранично допустимі концентрації досліджуваного хімічного компонента; С<sub>1</sub> – показник фактичної концентрації досліджуваного хімічного компонента; n – кількість хімічних компонентів; ІЗВ – показник індексу забруднення води.

Оцінка якості води поверхневих водоймищ Херсонщини за обраними показниками, а саме показники вмісту: нітратів, нітритів, гідроген сульфїду дозволить сформуванати повну картину екологічної ситуації водних об'єктів після руйнування Каховської дамби. За отриманими результатами аналітичних досліджень розробляють шляхи покращення ситуації із забезпечення населення області якісною водою; впроваджують інноваційні заходи щодо оздоровлення поверхневих та підземних водоймищ Херсонщини; розробляють заходи із оновлення водопровідних мереж міст та містечок Херсонського регіону [43, с. 66].

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ГРУПОЮ ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ КАТАСТРОФИ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

#### 3.1. Аналіз основних хімічних показників якості поверхневих вод басейну річки Дніпро після підриву Каховської ГЕС

Метою аналітичних досліджень є виявлення стану якості поверхневих водних об'єктів Херсонщини за групою хімічних показників, щодо встановлення класу якості води після руйнування Каховської ГЕС. Пробовідбір проводився на п'яти різних водних об'єктах пониззя річки Дніпро, а саме:

1. р. Дніпро (м. Херсон пробовідбір біля залізничного Антонівського мосту);
2. р. Інгулець (с. Дар'ївка);
3. р. Кошова (Корабельний район м. Херсон);
4. р. Вірьовчина (с. Комишани);
5. Дніпровсько-бузький лиман (с. Станіслав);

У відібраних пробах досліджували: показник біохімічного споживання кисню; показник хімічного споживання кисню; вміст розчиненого кисню; вміст Нітроген нітратного та нітритного; вміст сульфідів та показник рН. На першому етапі здійснено збір доступної гідрохімічної інформації, щодо якості води у водних об'єктах Херсонщини після руйнування Каховської ГЕС, яка взята з відкритих баз даних щодо моніторингу поверхневих вод Державним агентством водних ресурсів України [44, с. 50].

На наступному етапі було систематизовано та усереднено значення групи хімічних показників, які отримані за період (червень-листопад 2023 року) у відповідності до затверджених пунктів державного моніторингу якості водних об'єктів річки Дніпро після техногенної катастрофи.

За вихідні дані для нашого аналітичного дослідження брали результати системних гідроекологічних спостережень департаменту Державного управління охорони навколишнього природного середовища. Загальну оцінку рівня забрудненості води здійснено за допомоги розрахунку індексу забрудненості води (показник ІЗВ), яка ґрунтується на вивченні основних хімічних показників води. Величина індексу забруднюваності характеризує кратність перевищення нормативів у відповідності до встановлених показників ГДК (табл. 3.1.) [44, 45].

*Таблиця 3.1*

**Встановлені норми ГДК для поверхневих вод**

<b>Хімічні показники</b>	<b>ГДК</b>
БСК	3,0
ХСК	15,0
Розчинений кисень	6,0
pH	6,5-8,5
Азот нітратний	9
Азот нітритний	0,003
Сульфіди	0,03

Величина ІЗВ є узагальненим показником рівня забруднюваності води, що встановлюється за низкою гідрологічних показників. Отриманні результати дозволяють оцінити стан водних об'єктів Херсонщини після руйнування Каховської дамби за рівнем забрудненості (див. табл. 2.3.).

**3.1.1. Особливості визначення біологічного споживання кисню; хімічного споживання кисню; нітритів та нітратів, вмісту розчиненого кисню, сульфідів.** Екологічні служби України у зазначений період (із червня по листопад) відбирали щотижня по 15-20 проб води за різними біологічними, хімічними та фізико-хімічними показниками на різних водних об'єктах пониззя річки Дніпра.

З поміж усіх досліджуваних показників, нами відібрані лише

хімічні показники так як вони у порівнянні з іншими показниками дозволять швидко та якісно встановити наявність у воді забруднювачів. В роботі була проведена систематизація та усереднення даних аналітичних досліджень проведених представниками департаменту Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [45].

Якість води після руйнування Каховської дамби значно погіршилася, тому відбулося перевищення нормативів за наступними показниками: підвищився ступінь мінералізації внаслідок чого порушено механізм розчинності кисню у поверхневих водоймах Херсонщини, підвищився вміст нітратів та нітритів, що пов'язують із зливом всіх видів забруднень із досліджуваних територій; підвищено показники БСК та ХСК, що говорить про забруднюваність поверхневих вод в межах Херсонської області. Нижче у таблиці зібрані дані по основним хімічним показникам забруднюваності поверхневих водоймищ пониззя річки Дніпро після техногенної катастрофи (табл. 3.2.) [38,46] .

*Таблиця 3.2*

**Усереднені хімічні показники водних об'єктів пониззя річки Дніпро за період від червня по листопад 2023 року**

Хімічні показники / водні об'єкти	р. Дніпро	р. Кошова	р. Вільчовина	р. Інгулець	Дніпровсько-бузький лиман
БСК	6,1	3,98	7,9	7,5	7,1
ХСК	20,7	19,7	19,4	18,5	15,3
pH	8,7	7,9	7,7	8,9	8,5
Розчинений кисень	6,0	7,09	8,4	3,7	18,8
Нітроген нітратний	18,2	9	9,9	13,5	7,2
Нітроген нітритний	0,075	0,022	0,05	0,028	0,03
Сульфід	0,03	0,40	0,45	0,06	0,027

У відповідності до отриманих результатів з усіх пунктів збору проб води за період з червня по листопад 2023 року виявлено значні відхилення

обраних хімічних показників від ГДК, що говорить про погіршення стану якості води поверхневих вод в межах Херсонської області. Максимальні перевищення по показникам зафіксовано: Нітроген нітратний та Нітроген нітритний, а також значно перевищені показники БСК та ХСК, що робить їх обмежено придатними до використання у господарсько-побутових цілях. Для візуалізації зафіксовані відхилення по основним хімічним показникам зобразимо у графічній формі.

Діаграма показників БСК у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38] [складено автором]:

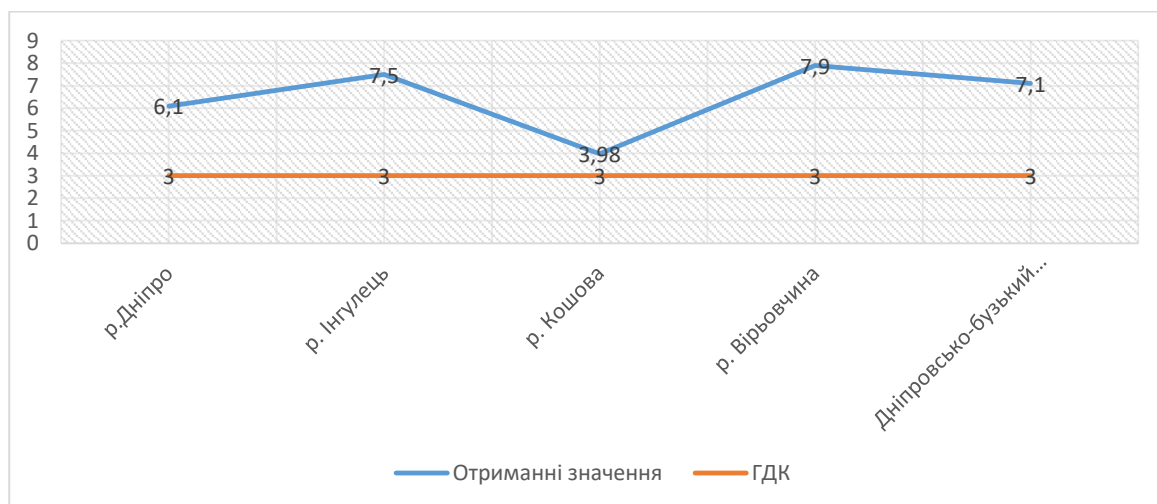


Рис. 3.1. Показник БСК

Діаграма показників ХСК у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38] [складено автором]:



Рис. 3.2. Показник ХСК

Діаграма показників розчинення кисню у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38] [складено автором]:

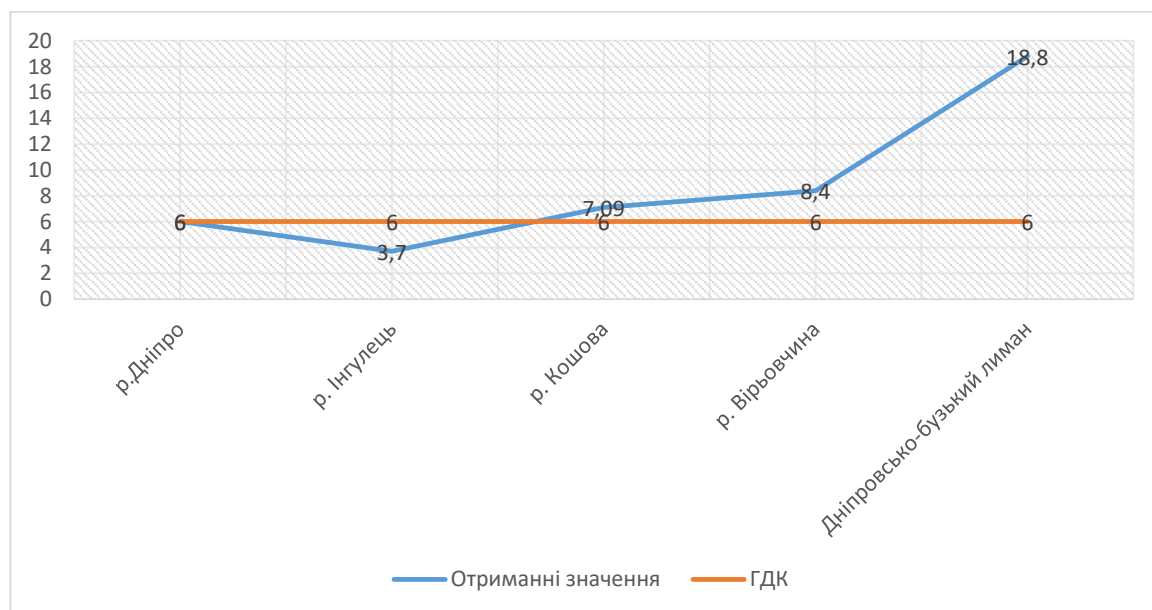


Рис. 3.3. Показник вмісту розчиненого кисню

Діаграма показників азоту нітратного у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38] [складено автором]:

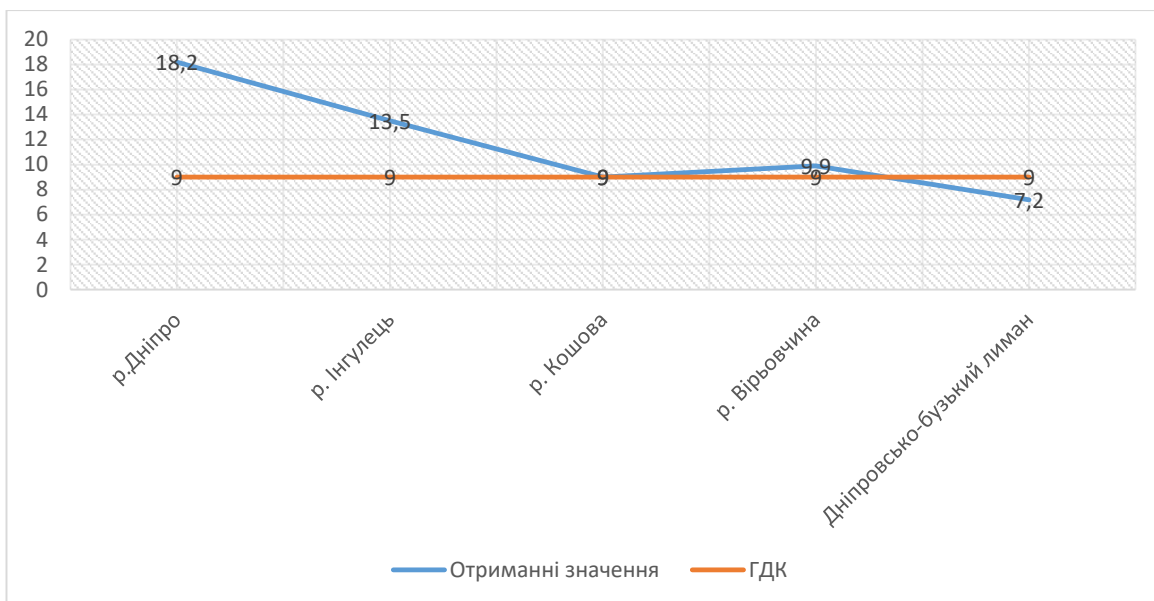


Рис. 3.4. Показник вмісту нітрогену нітратного

Діаграма показників нітрогену нітритного у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38][складено автором]:

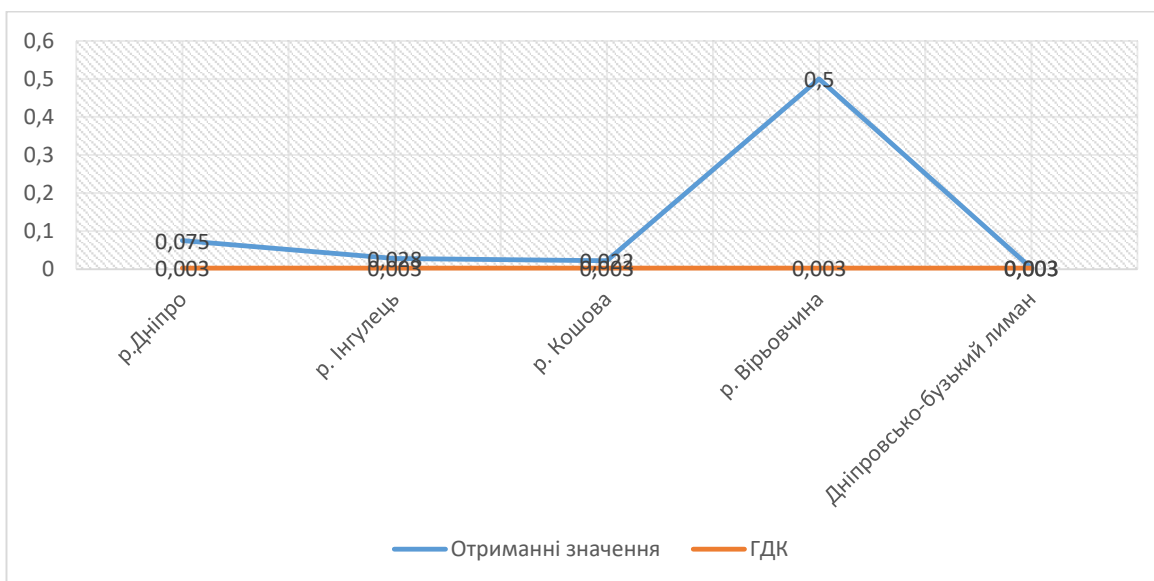


Рис. 3.5. Показник вмісту нітрогену нітритного

Діаграма показників сульфідів у водоймищах пониззя річки Дніпро за досліджуваний період часу (з червня по листопад 2023 року) [38][складено автором]:

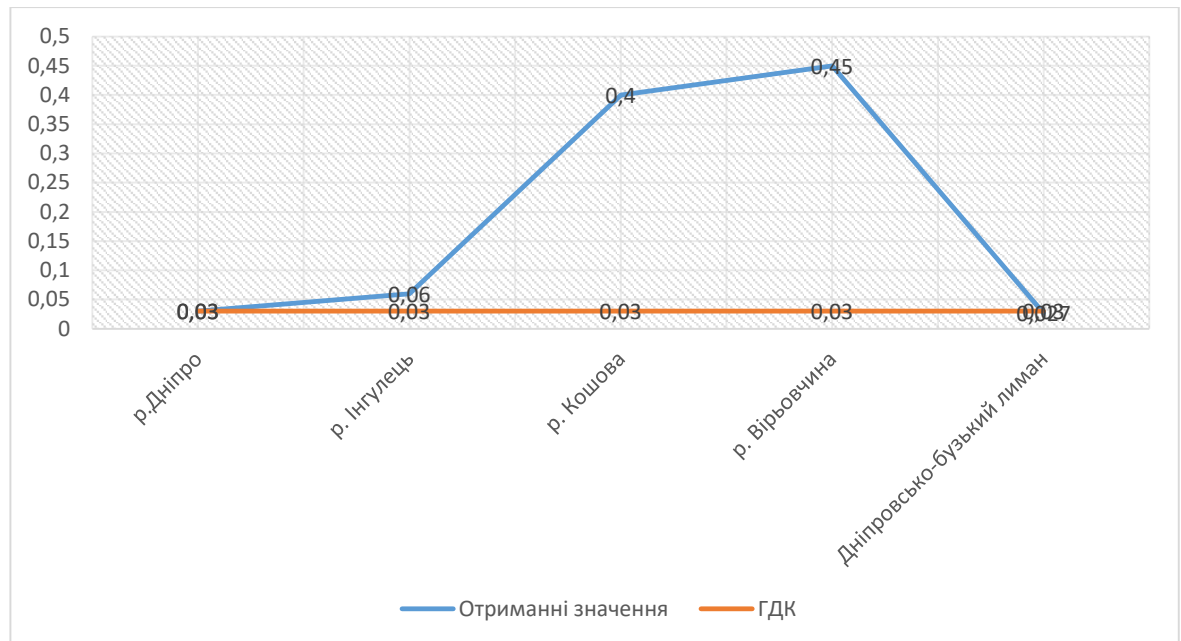


Рис. 3.6. Показник вмісту сульфідів

Отриманні результати аналітичних досліджень дозволяють говорити про наявність забруднювачів у поверхневих водах Херсонщини. Все це стало результатом масштабної техногенної руйнації на Каховській ГЕС, утворена течія води несла у собі мул та донні відклади із дна дамби, а також різне побутове сміття, іржу та різноманітній брухт.

Варто відмітити, що на всіх пунктах пробовідбору фіксуються перевищення таких показників як: Нітроген нітратний та Нітроген нітритний, що призвів до негативних показників розчинності кисню та його біологічної спроможності, що в кінцевому результаті негативно позначилося на життєдіяльності водневих біотопів. Токсичні речовини у великій концентрації також потрапили і до Чорного моря, що призвело до певних негативних змін в екосистемі суміжних областей.

Проведена оцінка якості води дозволить у повній мірі вивчити екологічну ситуацію у Херсонському регіоні, а також встановити окремо екологічні нормативи для кожного окремого водного об'єкту пониззя річки Дніпро.



**3.1.2. Особливості визначення якості поверхневих вод за індексом забруднення.** З метою чіткості визначення якості поверхневих вод за індексом забруднення потрібно взяти не менше ніж 5 хімічних показників. Обов'язковими показниками повинні бути БСК та розчинність кисню у воді. Інші показники для аналізу обирають не залежно від їх концентрації у воді та умов прояву. За величиною отримання показнику ІЗВ описують рівень забруднюваності поверхневих водних об'єктів. Нами розраховано та занесено до таблиці 3.3. показники ІЗВ по п'яти різним пунктам пробовідбору в межах Херсонської області [47, с. 244].

Таблиця 3.3

**Оцінка індекса забруднення води після руйнування Каховської дамби**

Річка Дніпро		
Показники	$C_i/ГДК_i$	ІЗВ
БСК	2,03	32,43/6 = 5,4
ХСК	1,38	
Розчинний кисень	1	
Азот нітратний	2,02	
Азот нітритний	25	
Сульфіди	1	
Річка Інгулець		
БСК	2,5	17,14/6=2,8
ХСК	1,23	
Розчинний кисень	0,61	
Азот нітратний	1,5	
Азот нітритний	9,3	
Сульфіди	2	
Річка Кошова		
БСК	1,3	25,3/6=4,2
ХСК	1,3	
Розчинний кисень	1,1	
Азот нітратний	1	

Продовження таблиці 3.3.

Азот нітритний	7,3	
Сульфіди	13,3	
Річка Вірьовчина		
БСК	2,6	43,1/6=7,18
ХСК	6,4	
Розчинний кисень	1,4	
Нітроген нітратний	1,1	
Нітроген нітритний	16,6	
Сульфіди	15	
Дніпровсько-бузький лиман		
БСК	2,4	9,25/6=1,5
ХСК	1,02	
Розчинений кисень	3,13	
Нітроген нітратний	0,8	
Нітроген нітритний	1	
Сульфіди	0,9	

\*складено автором на основі розрахунків

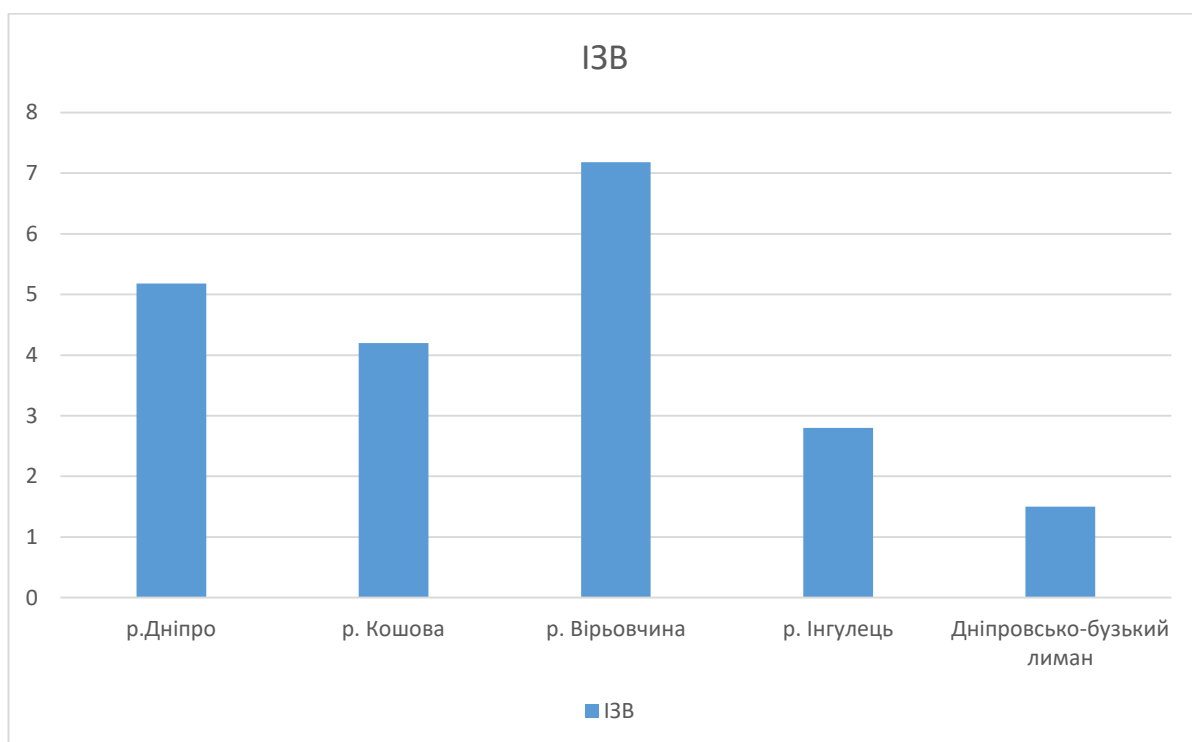


Рис. 3.7. Показники ІЗВ водних об'єктів Херсонщини

\*складено на основі розрахунків

Проби взяті із р. Віршовчина (ІЗВ= 7,18) та р. Дніпро (ІЗВ= 5,18) є найвищими, тому за класом якості води ці об'єкти відносять до IV класу (брудні). Проби взяті із р. Інгулець (ІЗВ= 2,8) та р. Кошова(ІЗВ= 4,2) є середніми, тому за класом якості води дані об'єкти відносять до III класу (помірно-забрудненні). Проби взяті із Дніпровсько-бузького лиману (ІЗВ = 1,5) є найменшими, тому за класом якості води даний водний об'єкт відноситься до II класу (слабо забрудненні).

Результати аналітичних досліджень дозволять вдало підібрати та розробити ефективні шляхи щодо відновлення та оздоровлення екологічної обстановки Херсонського регіону та її водних об'єктів, які сильно постраждали внаслідок підриву Каховської ГЕС. Оцінка якості води в умовах техногенної катастрофи підтвердила гіпотезу переважання високого рівня забруднення р. Дніпро. Більшість показників значно перевищують гранично допустимі концентрації, що говорить про забрудненість поверхневих водоймищ Херсонщини.

Тобто, якість води не відповідає встановленим гранично-допустимим концентраціям. Зафіксовані значні відхилення за такими показниками як: БСК, ХСК, розчинення кисню, азоту нітратів та азоту нітритів, що викликано здебільшого масштабами техногенної катастрофи та відсутністю режимів у прибережних смугах та водоохоронних зонах.

### **3.2. Порівняний аналіз хімічних та біологічних показників у моніторингу якості води**

Моніторинг за складом та якістю води є важливим засобом у здійсненні охорони навколишнього середовища та забезпеченні безпеки водних ресурсів. Моніторинг якості води передбачає використання різноманітних показників, які умовно поділяють на хімічні, біологічні та фізичні. Хімічні та біологічні показники є основними, які використовуються для оцінки екологічного стану водних об'єктів. Самі ці

показники дозволяють виявити забруднення та встановити можливі ризики для здоров'я людини та екосистем в цілому.

Хімічні показники дозволяють встановити рівень концентрації різних хімічних речовин у воді. Основними хімічними показниками є: рН показник; вміст розчинного кисню; показник біохімічного споживання кисню; нітрати та нітрити; фосфати; йони важких металів. Тоді коли біологічні показники дозволяють визначити присутність та стан живих організмів у пробах води. Основні біологічні показники: мікробіологічний показник (за ним визначають вміст патогенних бактерій – *E. Coli*); індикаторні показники (на вміст певних видів водоростей); біологічні індекси (індекси різноманіття (Shannon-Wiener), для оцінки рівня забрудненості екосистем) [47, с. 250].

Нижче представимо порівняльний аналіз групи хімічних та біологічних показників (табл. 3.4.) [47, 48]:

*Таблиця 3.4*

### **Порівняльний аналіз хімічних та біологічних показників**

<b>Ознаки</b>	<b>Хімічні показники</b>	<b>Біологічні показники</b>
Природа показників	Вимірюють чітку концентрацію речовин	Оцінюють стан живих організмів
Часова та просторово-географічна динаміка	Швидкий вид аналізу	Зазвичай вимагає багато часу для оцінки
Чутливість до забруднення	Не відображають екологічні зміни	Більш чутливі до змін у якості воді, так як живі організми швидко реагують навіть на незначні коливання умов середовища.
Інформаційна цінність	Хімічні показники дозволяють виявити конкретні забруднювачі.	Біологічні показники дозволяють оцінити загальний стан екосистеми та її вплив на живі організми.
Джерела даних	Польові дослідження	Лабораторні дослідження

Хімічні та біологічні показники є взаємодоповнюючими засобами у моніторингу якості води. Хімічні показники дозволяють у короткі терміни виявляти конкретні види забруднювачів, тоді як біологічні показники забезпечують визначають загальний стан досліджуваної екосистеми. Лише комплексний аналіз даних показників дозволяє більш точно оцінити якість водних об'єктів та на їх основі прийняти обґрунтовані рішення щодо управління водними ресурсами. Серед основних рекомендацій для ефективної оцінки якості водних екосистем варто: активно працювати над розвитком інтегрованих моніторингових систем, що включатимуть хімічні та біологічні аналізи; використовувати новітні методики, що покращуватимуть збір та аналіз даних; проводити регулярну оцінку якості води, щоб вчасно реагувати на негативні зміни у складі води. Нижче у таблиці 3.5. зазначимо основні переваги та недоліки кожної групи показників [48, 49]:

Таблиця 3.5

### Переваги та недоліки хімічних та біологічних методів

Показники	Переваги	Недоліки
Хімічні методи	Точність дослідження (точне вимірювання концентрації забруднюваності води).	Необхідність спеціального обладнання та умов проведення
	Швидкість отримання результатів.	Відсутність можливості оцінки біологічної активності
	Визначення небезпечних забруднювачів	Не стабільність показників (хімічні показники швидко змінюються у часі).
	Можливість прогнозування змін у якості води	
Біологічні методи	Чутливість до змін в екосистемі.	Часова затримка
	Інтегрований підхід до оцінки екологічної стабільності	Складність аналізу та інтерпретації результатів
	Оцінка здоров'я досліджуваної екосистеми	Залежність від умов середовища.

Здійснивши порівняльний аналіз основних показників, дійшли висновку, що для ефективного моніторингу якості води важливо використовувати інтегрований підхід, що поєднує у собі два типи аналіз. Проте не варто забувати про те, що група біологічних показників також відіграють важливе значення у моніторингу якості води, саме хімічні показники дозволяють отримати більш конкретні, точні та швидкі дані про стан водної екосистеми, вони є сигнальними характеристиками забруднення водних об'єктів в умовах техногенних катастроф. Саме тому їх роль у моніторингу якості води є особливо перспективною [48, с. 108].

### **3.3. Рекомендації щодо моніторингу та покращення якості води на Херсонщині**

Техногенна катастрофа, що виникла внаслідок руйнування має досить серйозні наслідки, як для довкілля, так і для життя людей. В наслідок аварії відбулося забруднення водоймищ пониззя річки Дніпра хімічними речовинами, що негативно вплинули на біорізноманіття Херсонського регіону. Утворена внаслідок катастрофи повінь призвела до:

- Безпосереднє руйнування споруди Каховської ГЕС;
- Відсутності доступу населення до об'єктів водокористування;
- Змивання небезпечних та токсичних речовин та біологічного

зараження води: скотомогильники; неконтрольоване поховання загиблих; руйнування сільськогосподарських складів та змив у поверхневі водоймища складів пестицидів, складів паливно-мастильних матеріалів та іншої військової техніки.

Відновлення екосистеми водних об'єктів Херсонщини повинно відбуватися у двох основних напрямках: (а) загальні шляхи відновлення якості поверхневих водоймищ річки Дніпро після техногенної катастрофи; (б) заходи щодо відновлення у населених пунктах

водопостачання.

До головних шляхів, щодо відновлення екологічного стану поверхневих водоймищ Херсонщини віднесемо [48, с. 106]:

1. Систематичний моніторинг якості поверхневих вод Херсонського регіону, який дозволить вивчити динаміку забруднених речовин та основні механізми накопичення забруднювачів у донних відкладах.

2. Підвищення обізнаності населення, щодо важливості охорони водних ресурсів та методів збереження якості води.

До другорядних шляхів відновлення екологічного стану поверхневих водоймищ Херсонщини віднесемо:

3. Щорічне проведення комплексного моніторингу у співпраці із міжнародними організаціями та розробка чітких планів відновлення, що спрямовані на мінімізацію наслідків руйнування Каховської ГЕС.

4. Розробка та впровадження сучасних систем з водовідведення та водопостачання, які проявляли б стійкість за різних природних катастроф.

5. Систематичне здійснення відповідних відновлювальних робіт щодо очищення водного акваторії річки Дніпро від забруднень; відновлення прибережних зон.

6. Систематично проводити дослідження на виявлення нових забруднювачів, таких як мікропластик, пестициди та фармацевтичні препарати.

Для відновлення у населених пунктах Херсонщини якісного водопостачання розроблені три можливі сценарії [49, с. 392]:

- Довготривалий сценарій передбачатиме: відновлення Каховської ГЕС (термін реалізації до 6 років). Вартість: понад 1 млрд. євро.

- Середньотривалий: перекидання вод із Карачунівського водосховища за допомоги труб та реверсного каналу. Термін реалізації 7-

9 місяців. Вартість: 1,5 млрд. грн. Даний сценарій передбачатиме будівництва магістрального водоводу потужністю 320 000 м<sup>3</sup>/ добу.

- Короткостроковий: забезпечення населення водою за спрощеною схемою. Забезпечення водою здійснювати через використання мобільних станцій очищення води. Основні заходи, щодо відновлення якісного водопостачання у Херсонській області та суміжних областях (табл. 3.6.) [49, 50]:

*Таблиця 3.6*

**Заходи, щодо відновлення якісного водопостачання півдня України**

<b>Довготривалі</b>	<b>Короткострокові</b>	<b>Середньострокові</b>
Будівництво альтернативного водозабору	1. Адаптація до нових технологій очищення води; 2. Розробка планів із управління токсичними та небезпечними речовинами; 3. Розробка плану забезпечення населення водою через децентралізовану систему водопостачання.	1. Відновлення Жовтневого водосховища; 2. Поступова заміна усіх нестійких до корозії трубопроводів. 3. Реконструкції установок із передочищення води.

Отже, руйнування Каховської дамби призвели до надзвичайних екологічних та економічних наслідків. Повінь, яка спричинена руйнуванням греблі, призвела до чисельних ризиків, що пов'язанні з якістю води та можливістю централізованого водопостачання розташованих населених пунктів по пониззю річки Дніпро. Варто відмітити, що вітчизняними та міжнародними організаціями робиться усе можливе, щоб зменшити наслідки руйнування Каховської дамби, проте їх недостатньо це все пов'язано із військовими діями та неспроможністю здійснювати відновлювальні заходи на тимчасово окупованих територіях [50, с. 177].



Загалом, покращення якості води на Херсонщині після техногенної катастрофи вимагає комплексного підходу, що включатиме в себе системний моніторинг, залучання відповідних інвестиційних проектів; екологічні ініціативи та наукові дослідження що потребують контролю з боку державних структур, місцевого самоврядування та іноземних інвесторів. Повноцінне відновлення водного стану регіону можливе після завершення війни.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано теоретичні відомості щодо фізико-географічних характеристик водних об'єктів Херсонської області, які представлені річкою Дніпро та Каховським водосховищем, р. Інгулець та 24 малими річками, а також з'ясовані основні хімічні характеристики, що визначають якість поверхневих вод: ХСК, БСК, загальний ступінь мінералізації, вміст фосфатів, вміст нітратів, рН, солоність, твердість води, вміст СПАР, завислі речовин, вміст розчиненого кисню.

2. Встановлено вплив антропогенних факторів на водні ресурси Херсонщини, в тому числі негативні наслідки на екосистему регіону в результаті техногенної катастрофи Каховської ГЕС, яку спричинили російські окупанти. А саме – потрапляння до водоймищ значної кількості хімічних забруднюючих речовин (біогенні елементи, сполуки Нітрогену, нафтопродукти, фосфати, важкі метали, донні відклади); замулення русел малих річок, інтенсифікація евтрофікаційних процесів, поява зсувів та руйнування природних ландшафтів, що в комплексі призвело до значного значно погіршення здатності водних об'єктів до самоочищення.

3. Показано, що при дослідженні якості поверхневих вод на вміст забруднюючих речовин, в тому числі великої кількості органіки, яка з'являється після техногенних катастроф, проведення аналізів за хімічними показниками має ряд переваг в експресності і доступності в порівнянні з біологічними дослідженнями. Досліджені методи та умови проведення аналітичних досліджень водних об'єктів Херсонщини, з'ясовано особливості здійснення пробовідбору та особливості консервування проб води.

4. В основу моніторингу якості поверхневих вод в умовах техногенної катастрофи лягли такі показники: БСК; ХСК; визначення Нітроген нітритного та нітратного, визначення показника рН; визначення вмісту розчиненого кисню та сульфідів у аналізованій воді. Розраховано

величини індексу забруднення води та відповідно встановлені класи забруднюваності поверхневих водоймищ пониззя річки Дніпро: р. Вірьовчина (ІЗВ= 7,18) та р. Дніпро (ІЗВ= 5,18) – IV клас (брудні води); р. Інгулець (ІЗВ= 2,8) та р. Кошова (ІЗВ= 4,2) – III клас (помірно-забрудненні води); Дніпровсько-бузького лиману (ІЗВ = 1,5) – II клас (слабо забрудненні води).

5. Здійснено порівняльний аналіз основних показників моніторингу якості води. Доведено, що біологічні показники відіграють важливе значення у моніторингу якості води, проте саме хімічні показники дозволяють отримати більш конкретні, точні та швидкі дані про стан досліджуваної водної екосистеми. Хімічні показники є сигнальними характеристиками забруднення водних об'єктів в умовах техногенних катастроф, саме тому моніторинг таких показників, як рН показник, показник БСК та ХСК дозволяють вчасно виявити серйозні зміни у якості води. Відхилення рН показника є свідченням про наявність кислотних або лужних сполук, відхилення БСК та ХСК показників сигналізують про наявність органічних забруднювачів.

6. Запропоновані ефективні шляхи щодо моніторингу та покращення якості води на Херсонщині. З метою покращення якості води після техногенної катастрофи потрібно застосовувати комплексний підхід, що включатиме системний моніторинг якості поверхневих вод, інноваційні проекти очищення стічних вод та наукові аналітичні дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кофанов В. І. Огняник М. С. Нормативно-методичне забезпечення якості води при оцінці впливу навколишнє середовище. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2009. № 5. С. 16-26. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/5595> (дата зведення 24. 07. 2024).
2. Стахів Є. & Демиденко А. Екоцид: катастрофічні наслідки руйнування дамби Каховського водосховища. *Газета Вокс Україна*. 2023. URL: <https://voxukraine.org/ekotsyd-katastrofichni-naslidky-rujnuvannya-damby-кахovskogo-vodoshovyshha> (дата зведення 24. 07. 2024).
3. Зоріна О. В. Гігієнічна оцінка якості нецентралізованого питного водопостачання та удосконалення нормативно-правового регулювання у цій сфері. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 2. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2018\\_2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_2_5) (дата зведення 24. 07. 2024).
4. Василюк Л. А. Непша О. В. Геоєкологічний моніторинг підземних вод Херсонської області. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії*: матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Переяслав-Хмельницький, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/339781334\\_GEOEKOLOGICNIJ\\_MONITORING\\_PIDZEMNIH\\_VOD\\_HERSONSKOI\\_OBLASTI](https://www.researchgate.net/publication/339781334_GEOEKOLOGICNIJ_MONITORING_PIDZEMNIH_VOD_HERSONSKOI_OBLASTI) (дата зведення 24. 07. 2024).
5. Малєєв В. О., Безпальченко В. М. Водопостачання та водовідведення Херсонської області: стан, проблеми, першочергові заходи. URL: [http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part\\_2/12.pdf](http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part_2/12.pdf) (дата зведення 24. 07. 2024).
6. Охріменко О. В. & Біла Т. А. Дослідження параметрів якості водопровідної води у місті Херсон хімічними методами. 2019. № 1. URL:

<http://wra-journal.ksauniv.ks.ua/archives/2019/2/12.pdf> (дата зведення 24.07.2024).

7. Охріменко О. В. & Гафіатулліна О. Г. Оцінка якості води за хімічними показниками. *Таврійський науковий вісник. Серія: Іхтіологія та аквакультура*. 2011. № 41. С. 211-214. URL: [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/77\\_2011/41.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/77_2011/41.pdf) (дата зведення 24. 07. 2024).

8. Ohliad stanu ta ryzykiv dlia liudei i biznesu. WWF-World Wide Fund For Nature. 2020. URL: [https://wwf.ua/materials/special/ukraine\\_2020/](https://wwf.ua/materials/special/ukraine_2020/) (дата зведення 24. 07. 2024).

9. Фізичні, хімічні та біологічні показники якості води: методичні вказівки до проведення практичних занять зі студентами біологічно-технологічного факультету та факультету ветеринарної медицини / за заг. ред. В. В. Малина. Біла Церква, 2014. 45 с. [https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1606/1/Fizychni\\_khimichni\\_biolo.pdf](https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1606/1/Fizychni_khimichni_biolo.pdf) (дата зведення 24. 07. 2024).

10. Гафурова О. В., Голуб С. М. Новак Т. С. Проблеми забезпечення права населення на доступ до інформації про якість питної води. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2023. № 79. С. 356-361. URL: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.79.1.59> (дата зведення 24. 07. 2024).

11. Vasylenko S. L. Ekolohichna bezpeka system vodopostachannia mist: metodolohiia vyvchennia ta upravlinnia. *Doctoral Dissertation for Technical Sciences. Ecological safety*. 2007. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/349242.html> (дата зведення 24. 07. 2024).

12. Зеленський С. Е. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. Кропивницький, 2022. 44 с. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-kontekstirosijskoyi-agresiyi.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

13. Малєєв В. О. & Безпальченко В. М. Водопостачання та водовідведення Херсонської області: стан, проблеми, першочергові

заходи. *Екологічні науки*. 2020. № 2. С. 66-71. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.10> (дата зведення 24. 07. 2024).

14. Strokal V. Future microplastics in the Black Sea: River exports and reduction options for zero pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 2022. № 1. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X22003150> (дата зведення 24. 07. 2024).

15. Скок С. В. Оцінка сучасного стану водопостачання міста Херсон в контексті досягнення цілей стратегічного розвитку. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 2. С. 164-175. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.14> (дата зведення 24. 07. 2024).

16. Скринінговий моніторинг річкового басейну Дніпра. 34 с. URL: <https://davr.gov.ua/fls18/skrin.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

17. Левковська Л. В., Сундук А. М. Безпека водних ресурсів України: аналіз, оцінка, пріоритети забезпечення. *Економіка природокористування і охорони довкілля*. 2014. № 20. С. 71-75. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod\\_2014\\_2014\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2014_2014_21) (дата зведення 24. 07. 2024).

18. Дорошенко А. В. Антропогенний вплив на річкові басейни Лівобережного Лісостепу України: теоретико-методологічні аспекти. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. № 97. С. 217-228. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn\\_2017\\_97\\_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2017_97_37) (дата зведення 24. 07. 2024).

19. UNESCO. The United Nations World Water Development Report: leaving no one behind. 2019. URL: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019> (дата зведення 24. 07. 2024).

20. Винарчук О. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейнів річок Лівобережного лісостепу України за критеріями мінералізації води та забруднення компонентом сольового складу. *Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова*. 2014. № 20. С. 78-84. URL:

[http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu\\_4\\_2014\\_20\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_4_2014_20_12) (дата зведення 27. 07. 2024).

21. Аристархова Е. О. Концептуальні аспекти удосконалення системи екологічного моніторингу поверхневих вод. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 134-140. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2017\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_1_24) (дата зведення 27. 07. 2024).

22. Хаєвський Г. С. Екологічні проблеми використання водних ресурсів річки Південний Буг і конструктивні підходи до їх вирішення. *Географія і екологія.: наука і освіта*. 2016. № 1. С. 202-204. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzvdpu\\_geogr\\_2009\\_19\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr_2009_19_20) (дата зведення 24. 07. 2024).

23. Кисельова М. Незворотні зміни. Як знищення греблі Каховської ГЕС нашкодить українській екології. *BBC News Україна*. 2023. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-65858913> (дата зведення 24. 07. 2024).

24. Новицький Д. Підлив Каховської ГЕС: чотири категорії наслідків та план подальших дій. *Українська правда*. 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/> (дата зведення 24. 07. 2024).

25. Саніна І. В. & Люта Н. Г. Екологічні наслідки підливу Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України. Серія. Екогеологія*. 2023. № 2. С. 50-55. URL: <https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55> (дата зведення 24. 07. 2024).

26. Кислий О. О. & Соколенко О. О. Покращення екологічної ситуації в Херсонській області. *Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства: збірник наукових праць*. Херсон: ПП Вишшемирський В. С. 2009. № 5. С. 22-27. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/8129> (дата зведення 24. 07. 2024).

27. Крисінська Д. О. & Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки

питного водопостачання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 31. С. 147-151. URL: <https://doi.org/10.36930/40310124> (дата зведення 24. 07. 2024).

28. Зубко С. О., Єзіков В. І., Попович Т. А. Очистка стічних вод та їх обробка. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: зб. наук. праць XVIII Всеукр. науково-практична інтернет-конф. (Переяслав-Хмельницький державний педагогічний ун-т ім. Григорія Сковороди. 17-18 жовтня 2015 р.) 2015. № 17. С. 324-344. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/123456789/13493> (дата зведення 06. 08. 2024).

29. Мудрак О. В. Кравчук Г. І. *Методологія сучасних екологічних досліджень: теорія і практика*. Навчально-методичний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2027. 352 с. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/13406.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

30. Захарова С. І., Попович Т. А., Вишневська Л. В. Дослідження деяких показників якості поверхневих вод річки Віршовчина в межах міста Херсону. *Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Херсон, 3-4 жовтня, 2019). С. 85-86. URL: [http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/10732/Стаття\\_Захарова\\_Попович\\_ХНТУ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/10732/Стаття_Захарова_Попович_ХНТУ.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата зведення 06. 08. 2024).

31. Вороняк В. В., Козенко О. В., Двилюк І. В. *Методи дослідження якості води та охорона джерел водопостачання*. Навчально-методичний посібник. Львів: ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького. 2020 .176 с. URL: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/110> (дата зведення 24. 07. 2024)

32. Крисінська Д. О. & Клименко Л. П. *Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки*



ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. № 31. С. 147-151. URL: <https://doi.org/10.36930/40310124> (дата зведення 24. 07. 2024).

33. Shweta Tyagi, Bhavtosh Sharma. Water quality assessment in terms of water quality assessment in terms of quality index. *American Journal of Water Resources*. 2013. № 3. Р. 34-38. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2565390> (дата зведення 24. 07. 2024).

34. Шевряков М. В., Яковенко Б. В., Повстяний М. В., Попович Т. А. Аналітична хімія: Теоретично основи якісного та кількісного аналізу: навч.-метод. посіб. для студ. ун-тів напрямку підгот. «Хімія». Херсон: Олді-плюс. 2013. 404 с. ISBN 978-966-2393-97-2.

35. Морозова Л. П. Динаміка показників хімічного та біохімічного споживання кисню в р. Південний Буг за 2016-2020 рр. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 1. С. 90-99. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2022.255216> (дата зведення 24. 07. 2024).

36. Бреус Д. С, Дослідження екологічного стану Акваторія Каховського водосховища. *Водні ресурси та аквакультура*. 2020. № 3. С. 9-19. URL: <http://wra-journal.ksauniv.ks.ua/archives/2020/2/3.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

37. Попович Т. А., Вишневська Л. В., Щоткін В. В. Порівняльна характеристика титрометричного та фотометричного методів визначення йонів Феруму у водних об'єктах. *Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії: матеріали VII Міжнародної заочної науково-практичної конференції молодих учених (Ніжин, 21 квітня, 2020 року) / за ред. В. В. Суховеєва*. Ніжин: НДУ ім. Миколи Гоголя. 2020. С. 90-93. URL: [http://www.ndu.edu.ua/storage/2020 /Maket\\_2020\\_B5\\_site.pdf](http://www.ndu.edu.ua/storage/2020 /Maket_2020_B5_site.pdf) (дата зведення 06. 08. 2024).

38. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2023. URL: <https://mepr.gov.ua/pidryv-damby-kahovskoyi-ges->

[najbilsha-tehnogenna-katastrofa-svitu-za-ostanni-desyatlittya/](#) (дата зведення 24. 07. 2024).

39. Юрасов С. М. Методи оцінки якості природних вод: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с. URL: [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/487/1/UrasovS%D0%9C\\_Ocinka\\_yacosty\\_vod\\_KL\\_2011.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/487/1/UrasovS%D0%9C_Ocinka_yacosty_vod_KL_2011.pdf) (дата зведення 24. 07. 2024).

40. Критська Я. О. & Білобородова Т. О. Дослідження методів обробки та аналізу геопросторових зображень для віддаленого моніторингу поверхневих вод. *Вісник Східно-українського національного університету ім. В. Даля*. 2022. № 1 с. 11-17. URL: <http://dx.doi.org/10.33216/1998-7927-2022-271-1-11-17> (дата зведення 24. 07. 2024).

41. Конспект лекцій. Сучасні методи і засоби контролю забруднення поверхневих та підземних вод. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-5-%D0%9D2%D0%9E-n.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

42. Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз методик оцінки якості поверхневих. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія. Сільськогосподарські науки*. 2011. № 5. С. 91-99. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/9468/1/Vs5512%20зах.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

43. Хільчевський В. К. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 76 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi77/0057527.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

44. Моніторинг поверхневих вод: навч. посібник для студентів 101 «Екологія» та 183 «Технологія захисту навколишнього середовища», освітній ступінь «бакалавр» усіх форм навчання. Полтава: ПолтНТУ, 2017. 82 с. URL:

<https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/2427/1/Посібник-Моніторинг%20поверхневих%20вод.PDF> (дата зведення 24. 07. 2024).

45. ДСТУ ISO 5667-2001 Ч. 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків. Ч. 3. Настанови щодо збереження та поводження з пробами. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511) (дата зведення 24. 07. 2024).

46. Державна екологічна інспекція Південного округу. URL: <https://www.pivden.dei.gov.ua/> (дата зведення 24. 07. 2024).

47. Popovych T. Environmental Relations in Armed Conflict (War). Conditions Assessment of Damage to the Environment and People. *Cuestiones Politicas*. 2023. № 77. P. 243-255. URL: <https://doi.org/10.46398/cuestpol.4177.16> (дата зведення 06. 08. 2024).

48. Попович Т. А. Дослідження можливості очистки стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин адсорбційним методом. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. Херсон, ХНТУ, 2014. № 4. С. 105-110. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/123456789/13866> (дата зведення 06. 08. 2024).

49. Порожнетов О. Ю., Попович Т. А., Вишневська Л. В. Можливості сорбційного очищення водних об'єктів від йонів Феруму рослинним відходами агропромислового комплексу. *Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: матеріали XV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Київ, 29 квітня 2021 р.). 2021. С. 391-400. URL: <http://orcid.org/0000-0001-6422-495X> (дата зведення 06. 08. 2024).

50. Первачук М. В. & Мущинська В. І. Сучасні системи захисту поверхневих вод. *Сучасні агротехнології: тенденції та інновації*. Матеріали Всеукраїнської науково-парктичної конференції. Вінниця, ВНАУ, 2015. 289 с. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/01/82.pdf> (дата зведення 24. 07. 2024).

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

### Методика оцінки якості води

Відповідно до водного кодексу України оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування і екологічних нормативів якості води водних об'єктів. Нормативи, що діють, дозволяють оцінити якість води, використовуваної для комунально-побутового, господарсько-питного і рибогосподарського водокористування.

До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, заняття спортом і відпочинку. До господарсько-питного водокористування відноситься використання водних об'єктів як джерела господарський-питного водопостачання для водопостачання підприємств харчової промисловості. До рибогосподарського водокористування відноситься використання водних об'єктів як місце існування риб і інших водних організмів. Водні об'єкти рибогосподарського призначення поділяються на вищу, першу і другу категорії. Різні ділянки одного водного об'єкту можуть відноситися до різних категорій водокористування.

Нормативну базу оцінки якості води складають загальні вимоги до складу і властивостей води і значення гранично допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів.

**Загальні вимоги** визначають допустимі склад і властивості води, що оцінюються найбільш важливими фізичними, бактеріологічними і узагальненими хімічними показниками. Вони можуть задаватися у вигляді конкретної величини, зміни величини показника в результаті дії зовнішніх чинників або у вигляді якісної характеристики показника.

**Гранично допустимі концентрації (ГДК)** - це встановлений рівень концентрації речовин у воді, вище за який вода вважається непридатною для конкретного виду водокористування, ГДК, як правило, задаються у вигляді конкретного значення концентрації.

Всі речовини за характером своєї негативної дії поділяються на групи. Кожна група об'єднує речовини однакової ознаки дії, яку називають ознакою шкідливості. Одна й та ж речовина при різних концентраціях може проявляти різні ознаки шкідливості. Ознаку шкідливості, яка виявляється при найменшій концентрації речовини, називають лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ). У водних об'єктах комунально-побутового і господарсько-питного водокористування розрізняють три ЛОШ - органолептичну, загально-санітарну і санітарно-токсикологічну. У водних об'єктах рибогосподарського водокористування, окрім названих, виділяють ще два ЛПВ - токсикологічний і рибогосподарський.

При оцінці якості води у водоймищах комунально-побутового і господарський-питного водокористування враховують також клас безпеки речовини. Його визначають залежно від токсичності, кумулятивності, мутагенності і ЛОШ речовини. Розрізняють чотири класи безпеки речовин:

Перший - надзвичайно небезпечні; другий - високо - небезпечні; третій - небезпечні; четвертий - помірно небезпечні[15].

З урахуванням сказаного оцінка якості води з погляду екологічної безпеки водокористування проводиться за наступною методикою.

**Водні об'єкти вважаються придатними для комунально-побутового і господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються наступні умови:**

- не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної категорії водокористування;

- для речовин, що належать до третього і четвертого класів безпеки, виконується умова:

$$C < ГДК$$

де: C - концентрація речовини у водному об'єкті, г/м<sup>3</sup>;

- для речовин, що належать до першого і другого класів безпеки, виконується умова:

$$C_i / ГДК_i < 1$$

де C<sub>i</sub> і ГДК<sub>i</sub> відповідно концентрація і ГДК i-тої речовини першого або другого класу безпеки.

Водні об'єкти вважаються придатними для рибогосподарського водокористування, якщо одночасно виконуються наступні умови:

- не порушені загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної рибогосподарської категорії;

- для речовин, що належать до однакового ЛПВ, виконується умова:

$$C_i / ГДК_i < 1$$

де C<sub>i</sub> і ГДК<sub>i</sub>

відповідно концентрація і ГДК i-тої речовини, що належить до даної ЛОШ.

**Норми якості води мають виконуватися:**

- для водотоків комунально-побутового і господарсько-питного водокористування - на ділянках від пункту водокористування до контрольного створу, розташованого на відстані не менше одного кілометр а вище за течією від цього пункту водокористування;

- для водоймищ комунально-побутового і господарсько-питного водокористування - на акваторії в радіусі не менше одного кілометра від пункту водокористування;

- для водойми рибогосподарського водокористування - в межах всієї рибогосподарської ділянки водойми, починаючи з контрольного створу, розміщеного не далі 500 метрів нижче за течією від джерела надходження домішок;

- для водоймищ рибогосподарського призначення - на всій рибогосподарській ділянці, починаючи з контрольного пункту, розташованого в радіусі не більше 500 м від місця надходження домішок.

**Оцінка якості води на основі екологічних нормативів.** Система екологічної класифікації якості поверхневих вод включає три класифікаційні групи: сольового складу, еколого-санітарних показників і показників складу і біологічної дії специфічних речовин.

Кожен вид водокористування (питне, культурно-побутове, рибогосподарське, сільськогосподарське, технічне) висуває свої вимоги до якості води. Загальні вимоги до якості води для господарсько-питного і культурно - побутового водокористування наведено в таблиці 1.

*Таблиця 1.* Загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Показники	Критерії водокористування	Види використання
Властивості та склад води	Централізоване і нецентралізоване господарсько – питне водопостачання, у тому числі харчових закладів	Для купання, спорту і відпочинку населення а також для водойм у межах населених пунктів
Завислі речовини	Вміст не повинен збільшуватися більше ніж на 0,25 мг/л	Вміст не повинен збільшуватися більше ніж на 0,75 мг/л
Для водойм, що у межах містять понад 30 мг/л природних мінеральних речовин, допускається збільшення вмісту речовин у воді в межах 5 %		
Плаваючі речовини	На поверхні водойми не повинно бути плаваючих плівок, плям мінеральних речовин, масел і скопичень інших забруднюючих речовин	
Запахи, присмаки	Вода не повинна мати запахів і присмаків інтенсивного понад 2 бали безпосередньо при наступному хлорюванні	
Колір	Не повинен проявлятися у стовпчику 20 см	Не повинен проявлятися у стовпчику 10 см
Температура	Внаслідок спуску стічних вод температура не повинна підвищуватися більше ніж на 3° С порівняно з середньомісячною температурою води найтеплішого місяця року за останні 10 років	
Мінеральний склад	Водневий показник (рН) не повинен виходити за межі 6,5-8,5 за сумою іонів 1 тис. мг/л, у тому числі хлоридів 350 мг/л і сульфатів 500 мг/л	Нормується за вже названим показником «присмаки»
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/л у будь – який період року в пробі, відібраний до 12 год.	
Біохімічне споживання кисню (БСК)	Значення БСК повне при 20° С не повинно перевищувати 3,0 мг/л	БСК повне повинно перевищувати 6,0 мг/л
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань. Стічні води, що мають збудників захворювань, піддаються знезараженню після відповідного очищення. Відсутність у воді Збудників захворювань досягається знезараженням біологічного очищення стічних вод до колі-індексу не більше 1 тис. в 1 л води при залишковому хлорі не менше 1,5 мг/л	
Отруйні речовини	Не повинні бути концентрації, що можуть прямо чи посередньо шкідливо вплинути на організм і здоров'я людей	

## ДОДАТОК Б

### Лабораторні методи визначення хімічних показників води

#### Визначення рН води.

1. Іономер І-160 М.
2. Скляний електрод ЕСЛ-43-07.
3. Хлоридсрібний електрод ЕВЛ-1М3.1 Підготовку електродів до роботи здійснюють згідно з правилами, наведеними в паспортах до електродів.
4. Буферні розчини– стандарт титри: – 0,05 м розчин гідрофталату калію ( $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ) , рН= 4,01; – 0,025 м розчин дигідрофосфату калію та 0,025 м розчин гідрофосфату натрію ( )  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ , рН=6,86; – 0,01 м розчин тетраборату натрію ( 10 )  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  , рН=9,18. Готувати буферні розчини необхідно на звільненій від вуглекислоти дистильованій воді. Буферні розчини зберігають у герметичному скляному або поліетиленовому посуді. Термін зберігання фосфатного буферу – 2 міс., решти – 3 міс.
5. Стаканчик місткістю 100 мл.
6. Хлорид калію, хч, насичений розчин.
7. Кислота хлоридна, 0,1М розчин.

При визначенні рН досліджуваної води прямою потенціометрією, за допомогою іономеру І-160 М можна діяти двома способами:

1. Для декількох буферних розчинів з відомими значеннями рН виміряють Е і будують градувальний графік у координатах Е– рН. Далі виміряють Е проби води, що аналізують, і за градувальним графіком знаходять рН.

2. При масових визначеннях достатньо надійно відкалібрувати прилад за двома буферними розчинами з відомими значеннями рН і потім одразу визначити рН досліджуваної води. Визначення рН води проводять одразу після відбору проби для запобігання хімічних і біохімічних процесів, що можуть привести до суттєвої зміни рН води. Для визначення рН використовують гальванічний елемент, який складають з індикаторного скляного електрода (ЕСЛ –43–07), потенціал якого є функцією концентрації іонів  $\text{H}^+$  у розчині, та електрода порівняння (хлоридсрібний ЕВЛ-1М3.1), потенціал якого є сталим і не залежить від концентрації іонів  $\text{H}^+$  .

**Визначення амонійного азоту.** Кількісне визначення фотометричним методом Кількісне визначення сумарного вмісту аміаку й іонів  $\text{NH}_4$  проводять фотометричним методом (сутність фотометричного методу аналізу наведена в 3.3.3.), згідно з ГОСТ 4192-82.

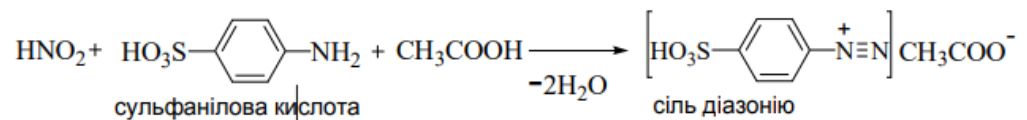
*Методика визначення 1.* Побудова градувального графіка Виходячи з попередньої якісної оцінки вмісту азоту аміаку(іонів амонію)



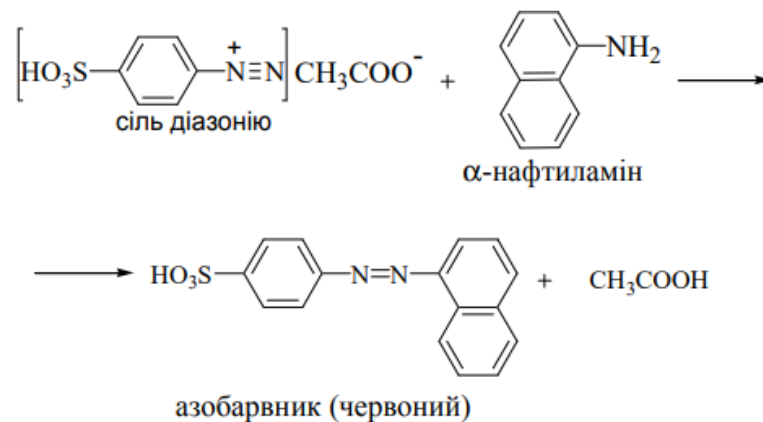
у воді, готують серію стандартних розчинів для побудови градувального графіка. Для цього в ряд мірних колб місткістю 50 мл послідовно вносять 0–0,5–1–1,5–2–3 мл робочого стандартного розчину (1 мл розчину містить 0,05 мг іонів  $\text{NH}_4^+$ ) і доводять безаміачною водою до позначки. Отримані в такий спосіб розчини мають концентрацію іонів  $\text{NH}_4^+$  відповідно 0–0,5–1–1, 5–2–3 мг/л. До кожного розчину додають піпеткою по 1 мл розчину сегнетової солі й реактиву Несслера, збовтують і витримують точно 10 хв. Фотометрують у кюветах 2–5 см (залежно від концентрації), з синім світлофільтром ( $\lambda = 420\text{--}450$  нм). За нульову пробу беруть безаміачну воду, до якої додані ті ж реактиви, що й до стандартних розчинів. Забарвлення стійке 1 год. Градувальний графік будують у координатах оптична густина – концентрація іонів  $\text{NH}_4^+$  (мг/л).

2. Визначення вмісту аміаку і  $\text{NH}_4^+$ - іонів у пробі води У колбу на 50 мл наливають досліджувану воду, додають по 1 мл сегнетової солі й реактиву Несслера, витримують 10 хв. і фотоколориметрують відносно 65 нульової проби. Сумарний вміст аміаку й іонів  $\text{NH}_4^+$  (мг/л) знаходять за градувальним графіком.

**Визначення азоту нітритів.** Принцип методу. Метод ґрунтується на здатності іонів  $\text{NO}_2^-$  утворювати забарвлені в червоний колір азосполуки з реактивом Гресса. Реактив Гресса являє собою суміш  $\alpha$ -нафтиламіну та сульфанілової кислоти в 12% -вому розчині оцтової кислоти. Реакція протікає в дві стадії. Спочатку азотиста кислота  $\text{HNO}_2$ , що утворюється в кислому середовищі в присутності іонів  $\text{NO}_2^-$ , взаємодіє з сульфаніловою кислотою з утворенням солі діазонію:



а потім сіль діазонію вступає в реакцію з  $\alpha$ -нафтиламином (реакція азосполучення) з утворенням азобарвника червоного кольору:



Реактиви, посуд, прилади

1. Пробірки діаметром 13–14 мм.
2. Колби місткістю 50 мл.
3. Піпетки місткістю 1, 2, 5, 50 мл.

4. Реактив Грисса, сухий реактив або 10% розчин у 12 % розчині оцтової кислоти. Якщо немає готового препарату, то його готують у такий спосіб: а) 0,5г сульфанілової кислоти розчиняють у 150 мл 12% розчині оцтової кислоти; б) 0,1г  $\alpha$ -нафтиламіну розчиняють при нагріванні в 20 мл дистильованої води, фільтрують і змішують з 150 мл 12% розчину оцтової кислоти. Розчини зберігають окремо на холоді протягом 2-х місяців. Перед застосуванням одну частину розчину «а» змішують з рівною за об'ємом частиною розчину «б». Суміш зберігають у склянці з темного скла. Реактив повинен бути безбарвним. Допускається слабко-рожеве забарвлення, яке зникає при розведенні 1:40. Якщо забарвлення не зникає, то реактив знебарвлюють цинковим пилом і для аналізу використовують відстояний безбарвний розчин.

5. Оцтова кислота, 12 %- вий розчин. Дистильованою водою розбавляють 25 мл крижаної оцтової кислоти до 200 мл.

6. Стандартні розчини  $\text{NaNO}_2$ : а) головний стандартний розчин – у мірній колбі на 1 л у бідистильованій воді розчиняють 1,497 г висушеного при 1050 С нітриту натрію  $\text{NaNO}_2$  і доводять об'єм до позначки. В 1 мл міститься 1 мг  $\text{NO}_2^-$ . Розчин консервують, додаючи 1 – 2 мл хлороформу; б) робочий розчин – 1 мл головного стандартного розчину  $\text{NaNO}_2$  вміщують у мірну колбу на 1 л і доводять дистильованою водою до позначки. В 1 мл цього розчину міститься 0,001 мг  $\text{NO}_2^-$  іонів. Застосовують свіжеприготовленим.

7. Фотоелектроколориметр ЛМФ–72 М; кювети товщиною 2–5 см; зелений світлофільтр ( $\lambda = 490\text{-}530$  нм).

Кількісне фотометричне визначення вмісту  $\text{NO}_2^-$ -іонів Виходячи з наближеної кількісної оцінки вмісту нітрит-іонів готують розчини для побудови градуювального графіка.

#### **Методика визначення**

1. Приготування робочого розчину 1 мл головного стандартного розчину  $\text{NaNO}_2$  вміщують у мірну колбу на 1 л і доводять дистильованою водою до позначки. В 1 мл цього розчину міститься 0,001 мг  $\text{NO}_2^-$  іонів.

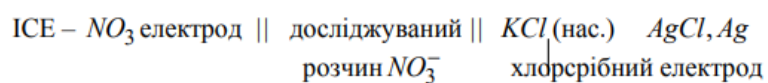
2. Побудова градуювального графіку У ряд мірних колб на 50 мл послідовно вносять робочий стандартний розчин  $\text{NaNO}_2$  у кількості 0; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10; 15 мл і доводять до позначки дистильованою водою. Концентрація –  $\text{NO}_2^-$  іонів у цих розчинах відповідно дорівнює: 0 – 0,004 – 0,01–0,02– 0,04– 0,1–0,2– 0,3 мг/л. У колби додають 0,1 г сухого реактиву Грисса або 5 мл 10 %-вого розчину реактиву Грисса і перемішують. Забарвлення з'являється через 40 хв. без нагрівання або через 10 хв. при нагріванні на водяній бані при 50– 600 С і зберігається незмінним протягом 3 годин. Через 40 хв. розчини фотометрують у кюветах з товщиною оптичного шару 2 –5 см з зеленим світлофільтром ( $\lambda = 490\text{-}530$  нм) відносно нульової проби, до якої доданий реактив Грисса. Градуювальний графік будують у координатах оптична густина - вміст нітритів (мг/л).

3. Визначення вмісту нітрит-іонів в аналізованій пробі води У колбу на 50 мл наливають пробу води, додають 0,1 г сухого реактиву Грисса або 5 мл 10%-вого розчину реактиву Грисса й перемішують. Через 40 хв. (без нагрівання) або 10 хв. (при нагріванні на водяній бані при 50 – 600С) вимірюють оптичну густину розчину. Вміст нітритів (мг/л) знаходять за градууювальним графіком.

**Визначення азоту нітратного.** Визначення  $\text{NO}_3^-$  досліджуваної води здійснюють потенціометричним методом за допомогою іономера лабораторного І –160 М. При вимірюванні  $\text{NO}_3^-$  розчинів достатньо відкалібрувати прилад за двома контрольними розчинами з відомими значеннями  $\text{NO}_3^-$ , а потім одразу визначити  $\text{NO}_3^-$  досліджуваної води. Для визначення вмісту –  $\text{NO}_3^-$  - іонів у воді в якості індикаторного електроду використовують плівковий іон –селективний електрод ЭЛИС–121  $\text{NO}_3$  (ICE –  $\text{NO}_3$  ), потенціал якого є функцією концентрації іонів –  $\text{NO}_3^-$  в розчині. Електрод порівняння – хлор-срібний електрод ЭВЛ–1М3.1, потенціал якого є сталим і не залежить від концентрації іонів –  $\text{NO}_3^-$  . Діапазон вимірювання  $\text{NO}_3^-$  від 0,3 до 4,3; величина рН розчину, що аналізують повинна бути в межах 2–10. Контрольним параметром перевірки придатності електроду ЕЛІС – 121  $\text{NO}_3$  є стає значення потенціалу електроду в 0,01 М розчині  $\text{KNO}_3$  відносно хлор-срібного електроду порівняння. Значення цього потенціалу при  $\text{C}^0$  20 повинно бути в межах  $420 \pm 30$  мВ.

Перед початком роботи ICE–  $\text{NO}_3$  електрод вимочують 24 години в 0,01 М розчині  $\text{KNO}_3$  при кімнатній температурі. Електрод зберігають у розчині  $\text{KNO}_3$ , не допускаючи висихання його індикаторної частини. Перед виміром електрод калібрують не менше, ніж за двома контрольними розчинами  $\text{KNO}_3$  різних концентрацій, що охоплюють початок і кінець вимірюваного діапазону  $\text{NO}_3^-$ .

Вимірювальний ланцюг при калібруванні електродів і вимірах активностей ( $\text{pNO}_3$ ) складають у такий спосіб:



Пробу відбирають і аналізують у день проведення аналізу її консервують, додаючи на 1 л води 2 -4 мл хлороформу або 1 мл концентрованої сульфатної кислоти. Об'єм проби води для визначення вмісту нітратів не повинен бути меншим за 200 мл.

1. Приготування контрольних робочих розчинів З головного стандартного 1 М розчину  $\text{KNO}_3$  шляхом послідовного десятикратного розведення в колбах на 100 мл готують 4 контрольні робочі розчини (інтервал концентрацій від  $10^{-1}$  до  $10^{-4}$  моль/л) з відомими значеннями  $\text{pNO}_3$  і коефіцієнтів активності  $\pm \gamma$  (табл.13.3):

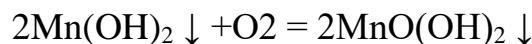
Концентрація контрольного робочого розчину C, моль/л	$\gamma_{\pm}$	$pNO_3 = -\lg a_{NO_3^-}$
0,0001	0,98	4,0
0,001	0,96	3,02
0,01	0,90	2,05
0,1	0,76	1,13
Досліджувана вода		

Визначене значення  $pNO_3$  для проби води, що досліджують, занотуюють до табл. 13.3. Для цього за даними табл. 13.3 будують графік залежності  $\gamma_{\pm} = f(pNO_3)$ , за яким знаходять коефіцієнт активності нітратних іонів у досліджуваному розчині. Вміст нітрат-іонів (мг/л) розраховують за формулою:

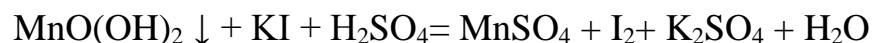
$$X = \frac{a_{NO_3} \cdot 62 \cdot 1000}{\gamma_{\pm}} \quad [\text{мг/л}],$$

### Визначення розчинного кисню методом Вінклера.

Класичним методом визначення вмісту розчиненого кисню є йодометричний метод Вінклера. Визначення цього параметру проводять одразу після відбору проби води. Йодометричне визначення розчиненого кисню ґрунтується на його взаємодії з гідроксидом мангану в лужному середовищі:



При підкисленні розчину сульфатною або хлоридною кислотами ( $pH < 1$ ), в присутності надлишку йодистого калію,  $MnO(OH)_2$  відновлюється до двовалентного мангану ( $Mn^{2+}$ ), окислюючи при цьому йодистий калій до вільного йоду, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого кисню:



Йод, який виділився, титрують розчином тіосульфату калію в присутності індикатора – крохмалю (рівняння 16.3). Вміст кисню у воді можна визначити за кількістю витраченого на титрування тіосульфату натрію. Згідно із законом еквівалентів, кількість еквівалентів  $Na_2S_2O_3$ , що пішла на титрування вільного йоду, дорівнює кількості еквівалентів  $Mn(OH)_2$  і відповідно кількості еквівалентів кисню. Визначенню заважають зависі (адсорбують йод), органічні речовини, нітрити, двох – і – трьохвалентне залізо та інші окисники та відновники. Зазначені вище перешкоди при аналізі поверхневих вод зазвичай невеликі й додаткові операції потрібні в порівняно рідких випадках. Для визначення кисню використовують реактиви:

- розчини хлориду або сульфату мангану (II). Розчиняють 400 г  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  або 480 г  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ , або 425 г  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  у дистильованій воді і доводять об'єм розчину до позначки. Фільтрують крізь паперовий фільтр або зливають через сифон після повного відстоювання осаду;

- лужний розчин йодиду калію. Готують два розчини: а) 150 г KI розчиняють у 100 мл дистильованої води. При підкисленні розчину він не повинен виділяти вільний йод; б) 500 г NaOH або 700 г KOH розчиняють у 800 мл прокип'яченої дистильованої води. Обидва розчини змішують і доводять об'єм до 1 л дистильованою водою;

- розчин сульфатної кислоти (1:4);
  - 0,02 н. розчин тіосульфату натрію; • 0,5% – вий розчин крохмалю.
- Для визначення кисню використовують спеціальні кисневі склянки.

1. Перед безпосереднім визначенням необхідно відкалібрувати кисневу склянку. Для цього зважити на технічних терезах з точністю до 0,01 г порожню кисневу склянку з пробкою. Потім заповнити склянку по вінця дистильованою водою, закрити пробкою таким чином, щоб не залишилося пухирців повітря, і знову зважити. Різниця між масою склянки з водою і без води дає масу дистильованої води та її об'єм.

2. У відкалібровану склянку певної місткості за допомогою лійки з гумовою трубкою, яка занурена до дна, обережно налити по вінця досліджувану воду, запобігаючи утворенню на внутрішній поверхні склянки пухирців повітря. Окремими піпетками (з подовженими носиками) додати послідовно 1 мл розчину хлориду або сульфату мангану (II) та 1 мл розчину лужного розчину йодиду калію. Це процедура фіксації розчиненого кисню. Потім швидко закрити склянку пробкою таким чином, щоб не утворилися пухирці повітря. При цьому частина води (2 мл) буде витиснена зі склянки пробкою. На дні склянки утворюється білий осад  $Mn(OH)_2$ . Вміст склянки старанно перемішати і поставити склянку для відстоювання утвореного осаду не менше ніж на 10 хв. За цей час під дією кисню води білий осад буріє, в результаті утворення осаду  $MnO(OH)_2$ .

Далі пробу води підкислюють, додаючи піпеткою 5 мл розчину сульфатної кислоти (1:4). Піпетку спочатку занурюють майже до поверхні осаду і (в міру витікання розчину) повільно її піднімають таким чином, щоб осад не скаламутився. Частина прозорого розчину, яка виливається зі склянки, на результат визначення не впливає. Склянку закривають пробкою і перемішують розчин. Дають постояти розчину в темному місці ще 5–7 хвилин. Бурий осад  $MnO(OH)_2$  розчиняється, а розчин унаслідок утвореного вільного йоду набуває бурштино – жовтого кольору.

4. Розчин з кисневої склянки переливають у чисту конічну колбу місткістю 200–250 мл і негайно титрують 0,02 н. розчином тіосульфату натрію до світло-жовтого забарвлення. Далі додають 1 мл 0,5% – вого розчину крохмалю (розчин набуває синього забарвлення) і продовжують титрувати до світло – зеленкуватого забарвлення. Вміст розчиненого кисню ( $X(O_2)$ , мг/л) обчислюють за формулою:

$$X(O_2) = \frac{C(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3) \cdot 8 \cdot 1000}{V(H_2O) - 2} \quad \text{мг/л,}$$

За отриманими результатами можна розрахувати ступінь насичення води киснем. ( $Y$ ) - це відносний вміст кисню у воді (виражений у відсотках) від його рівноважного вмісту при певній температурі, атмосферному тиску 760 мм. рт. ст. і загальній мінералізації води до 1000 мг/л. Обчислюють  $Y$  за формулою:

$$Y = \frac{X_1(O_2) \cdot 100 \cdot P_1}{X_0(O_2) \cdot P_2},$$

де  $X_1(O_2)$  – поточна концентрація кисню у воді за певної температури, мг/л;

$X_0(O_2)$  – рівноважна концентрація кисню у воді (мг/л) за тієї ж температури й атмосферному тиску ( $P_1$ ) 760 мм рт. ст. або 1013 гПа – знаходять за табличними даними [12, 15];

$P_2$  – поточний атмосферний тиск (мм рт. ст. або гПа).

Величину  $X_0(O_2)$  для різних температур ( $t$ ) можна обчислити за формулою

$$X_0(O_2) \text{ (мг/л)} = 4,505 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 3,716 \cdot 10^{-1} \cdot t + 14,650.$$

## Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) у поверхневих водах

### I. Встановлення концентрації солі Мора

10 мл 0,25 н розчину  $K_2Cr_2O_7$   $\xrightarrow{+H_2O}$  до 100 мл

+ 10 мл  $H_2SO_4$ (конц); охолоджують до кімнатної температури

Титрують розчином солі Мора при додаванні 2-3 крапель фероїну до зміни забарвлення (зелене  $\rightarrow$  червонувато-синє).

Обчислюють нормальність розчину амоній-залізо(II) сірчаноокислого (солі Мора):

$$N_{с.Мора} = \frac{N_{K_2Cr_2O_7} \cdot V_{K_2Cr_2O_7}}{V_{с.Мора}}$$

### II. Пробу води відстоюють і відбирають верхній прозорий шар

### III. Аналіз проби води:

10 см<sup>3</sup> проби

+ 5 см<sup>3</sup> 0,25 н розчину калію дихромовокислого

+ 0,2 г сульфату ртуті (II)

+ 30 см<sup>3</sup> (циліндром) концентрованої сірчаної кислоти накриваєм лійкою з закритим ватою носиком нагріваєм вище 100° С охолоджують суміш до кім. температури (2-3 хв.) додають 100 см<sup>3</sup> дист. Води 2-3 краплини розчину фероїну

Титрують розчином залізо(II) сірчаноокислого до зміни забарвлення індикатора для фероїну – (від зеленого до червонувато-синього )

### IV. Паралельно проводимо контрольний дослід (холоста проба- 10 мл $H_2O$ ).

### V. Обчислення результатів вимірювання

Величини ХСК поверхневих вод ( $x_n$ ) в мг/дм<sup>3</sup> обчислюють за формулою

$$X_n = \frac{(a-b) \cdot K \cdot N_{с.Мора} \cdot 8 \cdot 1000}{V}$$

a- об'єм титрованого розчину амоній-заліза(II) сульфату, що витрачений на холостий дослід, см<sup>3</sup>

b- об'єм титрованого розчину амоній-заліза(II) сульфату, що витрачений на титрування проби, см<sup>3</sup>

V- об'єм проби, що взяли для визначення, см<sup>3</sup>

K- поправка до 0,25M розчину амоній-заліза(II) сульфату, яка дорівнює відношенню дійсної її концентрації до номінальної.

8 – кількість кисню, що еквівалентна 1 молю амонію-заліза(II) сірчаноокислого, мг

N – молярна концентрація еквіваленту амонію-заліза(II) сірчаноокислого, н

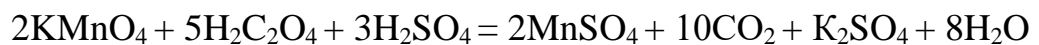
1000 – коефіцієнт об'ємного і масового перерахунку

### Перманганатометричний метод

Метод заснований на обробці води розчином KMnO<sub>4</sub> у кислому середовищі:



Утворений атомарний O окиснює органічні та неорганічні відновники, які знаходяться у пробі води. Кількість кисню, яку затрачено на окиснення, визначають за взаємодією надлишку KMnO<sub>4</sub> з щавлевою кислотою:



### Хід аналізу:

Готують 2 проби – дослідну та контрольну для визначення кількості KMnO<sub>4</sub>, необхідного для окиснення відновників у дистильованій воді.

До 100 мл досліджуваної проби води додають 2-3 капіляри, додають 5 мл розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:3) і нагрівають. На початку кипіння в пробу додають піпеткою 10 мл 0,01 н розчину KMnO<sub>4</sub>, закривають колбу пробкою-холодильником і після цього кип'ятять 10 хв.

Якщо під час кипіння рожеве забарвлення в колбі, властиве перманганату зникає, визначення треба повторити спочатку, розбавивши досліджувану пробу бідистилятом.

По закінченні кип'ятіння пробу охолоджують, додають 0,5 г сухого KI і йод, що виділився, титрують 0,01 н розчином Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, поки розчин не набуде солом'яно-жовтого кольору. Потім додають 1 мл крохмалю і продовжують титрувати до знебарвлення розчину. Аналогічно проводять контрольне визначення з 100 мл бідистиляту.

Величина перманганатної окиснюваності X<sub>n</sub> у мгO<sub>2</sub>/л розраховується за формулою:

$$X_n = \frac{(a-b) \cdot K \cdot N_{с.Мора} \cdot 8 \cdot 1000}{V}$$

Де, a- об'єм титрованого розчину тіосульфату, що витрачений на холостий дослід, см<sup>3</sup>; b- об'єм титрованого розчину тіосульфату, що

витрачений на титрування проби,  $\text{см}^3$ ; V- об'єм проби, що взяли для визначення,  $\text{см}^3$ ; 8 – кількість кисню, що еквівалентна 1 молу натрію тіосульфату, мг; N – молярна концентрація еквіваленту тіосульфату, н; 1000 – коефіцієнт об'ємного і масового перерахунку

**Біохімічне споживання кисню.** БСК називається кількість кисню у міліграмах, необхідну для окислення органічних речовин в одному літрі стічної води, які утворюються в аеробних умовах як результат біологічних процесів.

Для визначення БСК аналізовану воду після двогодинного відстоювання розводять дистильованою водою у такій кількості, щоб вміст кисню був достатнім для повного окислення всіх речовин у пробі стічної води.

Після визначення розчиненого кисню в одержаній суміші залишають у закритому посуді на 2, 3, 5, 10 і більше діб, визначаючи вміст кисню після кожного з вищевказаних термінів. Зменшення кисню у воді вказує, скільки його за цей час витрачено на окислення органічних речовин у стічній воді. Ця кількість на один літр стічної води і є біохімічним споживанням кисню за даний термін (БСК, БСК<sub>3</sub>, БСК<sub>10</sub> і т.д.). За стандарт прийнято термін інкубації - 5 діб при 20°C без доступу повітря і світла. Споживання кисню, визначено в таких умовах, називається п'ятидобовим споживанням кисню БСК<sub>5</sub>.

- 1) Стічні води нейтралізують до рН = 7, додаванням до одного літра води NaOH або H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по бромтимоловому синьому;
- 2) Усунути надлишок «активного» хлору;
- 3) Попереднє розведення води

Розведену стічну воду за допомогою гумової трубки наливають у 3 колби V=200мл до верху, закривають притертими корками так, щоб під ними не залишалось бульбашок повітря. У першій колбі вміст кисню визначають відразу, тобто на початку інкубації. Дві інші витримують у темряві в термостаті вверх дном 5 діб. Після 5 діб в другій та третій колбі визначають розчинений кисень і розраховують середнє значення.

Паралельно готують повторні проби (тобто воду якою розводять пробу) у двох колбах. Проводять аналіз по БСК<sub>1</sub> та БСК<sub>2</sub>.

$$\text{БСК} = (\text{БСК}_1^{\text{ан}} - \text{БСК}_1^{\text{к}}) - (\text{БСК}_5^{\text{ан}} - \text{БСК}_5^{\text{к}})$$

Якщо аналіз вели без розведення, то БСК розраховують як різницю БСК = БСК<sub>1</sub>-БСК<sub>5</sub>. Величина БСК (X<sub>n</sub>) у мгO<sub>2</sub>/л розраховується за формулою:

$$X_n = \frac{(O_1 - O_2) - O_3 \cdot \left(\frac{1000 - P}{1000}\right) \cdot 1000}{P}$$

де O<sub>1</sub> – вміст кисню в день визначення БСК, мг/л

O<sub>2</sub> – вміст кисню через 5 діб мг/л,

O<sub>3</sub> – БСК<sub>5</sub> води, що використовується для розведення,

P – об'єм досліджуваної проби води.



## ДОДАТОК В

## Таблиці експрес-методик визначення хімічних показників

## 1. Визначення амонійного азоту. Шкала візуального визначення:

Забарвлення при розгляданні збоку	Забарвлення при розгляданні зверху	Вміст азоту аміаку ( $NH_4^+$ ), мг/л
Немає	Немає	<0,05
Немає	Надзвичайно слабке жовтувате	0,1
Надзвичайно слабке Жовтувате	Слабко –жовтувате	0,3
Дуже слабке жовтувате	Жовтувате	0,5
Слабко –жовтувате	Світло –жовте	1,0
Світло –жовте	Жовте	2,5
Жовте	Бурувато –жовте	5,0
Каламутне, різко-жовте	Буре, розчин мутний	> 10
Інтенсивно –буре, розчин мутний	Буре, розчин мутний	> 10

## 2. Якісне визначення вмісту азоту нітритів порівнюють зі шкалою візуального визначення вмісту нітрит –іонів ( табл.13. 2).

Забарвлення при розгляданні збоку	Забарвлення при розгляданні зверху	Вміст нітритів, мг/л
Немає	Немає	<0,003
Немає	Надзвичайно слабко-рожеве	0,003
Ледь помітне рожеве	Дуже слабко-рожеве	0,007
Дуже слабко-рожеве	Слабко-рожеве	0,013
Слабко рожеве	Світло-рожеве	0,05
Світло-рожеве	Рожеве	0,10
Рожеве	Сильно-рожеве	0,20
Сильно-рожеве	Червоне	0,50
Червоне	Яскраво-червоне	1,00

## 3. Визначення азоту нітратів. Шкала візуального визначення:

Забарвлення при спостереганні збоку	Вміст нітратів, мг/л
Вловимо тільки в порівнянні з контролем	0,5
Ледь помітне жовтувате забарвлення	1
Надзвичайно слабо-жовтувате	2
Дуже слабо-жовтувате	3
Слабо-жовтувате	5
Слабо-жовте	10
Ясно-жовте	25
Жовте	50
Сильно-жовте	100

## 4. Визначення сірководню. Співвідношення форм сірководню при різних значеннях рН води, %

Форма	рН						
	4	5	6	7	8	9	10
H <sub>2</sub> S	99,8	98,9	78,3	43,9	7,3	0,8	0,09
HS <sup>-</sup>	0,2	1,2	21,7	56,1	92,7	99,2	99,01