

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Аналіз факторів формування якості води Каховського  
водосховища»

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ- 61  
спеціальності 101 – Екологія  
Горбенко Олександр Вікторович

Керівник к.геогр.н., доц.  
Колісник Алла Вікторівна

Рецензент к.геогр.н., доц.  
Монюшко Марина Михайлівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра екології та охорони довкілля  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 101 – Екологія  
Освітньо-професійна програма Охорона навколишнього середовища  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри екології та охорони  
довкілля

Сафранов Т.А.

“ 29 ” жовтня 20 18 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Горбенко Олександр Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи** Аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища

керівник роботи Колісник Алла Вікторівна, к.геогр.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” жовтня 2018 р. № 271-”С”

**2. Строк подання студентом роботи** 10 грудня 2018 року

**3. Вихідні дані до роботи** – Гідрохімічна інформація про стан вод Каховського водосховища у Запорізькій області у чотирьох контрольних створах за 2013-2017 роки; Основні показники використання і відведення води у 2013-2017 роках.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)**

1) Охарактеризувати фізико-географічні та соціально-економічні особливості Запорізької області;

2) Охарактеризувати водні ресурси у межах Запорізької області та Каховське водосховище;

3) Охарактеризувати сучасний стан довкілля та пов'язані з ним екологічні проблеми регіону;

4) Описати теоретико-методологічні принципи вивчення факторів формування якості поверхневих вод;

5) Підібрати оптимальні методики оцінки антропогенного впливу та якості природних вод для реалізації основної мети дослідження;

6) Охарактеризувати водоспоживання та водовідведення як антропогенні фактори формування якості поверхневих вод у межах Запорізької області;

7) Оцінити якість вод Каховського водосховища за індексами забруднення води;

8) Оцінити стан Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів.

## **5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

- Карта Запорізької області (1 рис.);

- Каховське водосховище у межах Запорізької області (1 рис.);

- Основні показники використання і відведення води (1 табл.);

- Показники використання води за видами економічної діяльності у 2015, 2016, 2017 рр. (3 рис.);

- Динаміка скиду забруднюючих речовин, що надходять із зворотними водами до водних об'єктів області у 2015, 2016, 2017 рр. (3 рис.);

- Результати оцінки якості вод Каховського водосховища та р.Дніпро за класичним та модифікованим індексами забруднення води (2 табл.);

- Групи показників якості та забруднювальних компонентів поверхневих вод за ЛОШ (1 табл.);

- Результати розрахунку інтегральних показників Lj по групам сумачії для чотирьох контрольних пунктів спостереження за 2013-2017 рр. (1 табл., 4 рис.);

- Результати розрахунку показників використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 - 2017 рр. (1 табл.);

- Результати комплексної оцінки стану використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 - 2017 рр. (1 табл.).

## **6. Консультанти розділів роботи**

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Характеристика фізико-географічних та соціально-економічних особливостей Запорізької області. Характеристика водних ресурсів у межах Запорізької області та Каховського водосховища. Характеристика сучасного стану довкілля та пов'язаних з ним екологічних проблем регіону.</i>	29.10.18- 02.11.18	74	4 (добре)
2	<i>Опис теоретико-методологічних принципів вивчення факторів формування якості поверхневих вод. Вибір оптимальних методик оцінки антропогенного впливу та якості природних вод для реалізації основної мети дослідження.</i>	03.11.18- 11.11.18	74	4 (добре)
3	<i>Характеристика водоспоживання та водовідведення як антропогенних факторів формування якості поверхневих вод у межах Запорізької області.</i>	12.11.18- 18.11.18	74	4 (добре)
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>19.11.18- 24.11.18</b>	<b>74</b>	<b>4 (добре)</b>
4	<i>Оцінка якості вод Каховського водосховища за індексами забруднення води.</i>	25.11.18- 28.11.18	74	4 (добре)
5	<i>Оцінка стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів.</i>	29.11.18- 01.12.18	74	4 (добре)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.</i>	02.12.18- 05.12.18	74	4 (добре)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.</i>	06.12.18-- 10.12.18	74	4 (добре)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		74,0	

(до десятих)

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Горбенко О.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Колісник А.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Горбенко О.В. Аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища.**

*Актуальність теми.* Актуальним є аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища та річки Дніпро з метою дотримання вимог якості води цих водних об'єктів, як основних джерел питного водопостачання та реалізації заходів щодо оздоровлення водних об'єктів у межах Запорізької області.

*Метою* роботи є аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища у межах Запорізької області.

*Об'єкт* дослідження – води Каховського водосховища та річки Дніпро в межах області.

*Предмет* дослідження – фактори формування якості води Каховського водосховища.

*Методи дослідження.* У процесі дослідження для розв'язання конкретних завдань використано загальнонаукові методи – узагальнення, порівняння. При обробці та аналізі вихідної інформації використані загальновідомі статистичні методи.

*Результати дослідження.* За результатами оцінки якості вод на основі інтегрального показника відмічено, що найпріоритетнішою у формуванні якості вод Каховського водосховища та річки Дніпро є органолептична група показників, а з їх переліку – залізо. Крім того значення інтегральних показників по групам сумачії є недопустимими та не відповідають вимогам якості. В цілому рівень забруднення природних вод у досліджуваних створах поступово знижується. Результатом комплексної оцінки стану використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період 2013 - 2017 рр. є присвоєння йому 1-го класу використання водних ресурсів та «доброго» стану.

*Наукова новизна одержаних результатів.* Наукова новизна роботи полягає у застосуванні комплексу методичних підходів для дослідження факторів формування якості природних вод.

*Теоретичне і практичне значення.* Результати дослідження можна використовувати для прийняття рішень стосовно оздоровлення басейну річки Дніпро та Каховського водосховища.

*Структура та обсяг роботи.* Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (97 найменувань) і 2 додатків на 5 сторінках. Робота містить 12 рисунків, 11 таблиць. Загальний обсяг магістерської роботи – 103 сторінки.

**Ключові слова:** фактори формування якості води, забруднення води, водоспоживання, водовідведення, водосховище.

## SUMMARY

### **Gorbenko O.V. Analysis of the Factors of Water Quality Formation in the Kakhovka Reservoir.**

*Actuality of theme.* The current issue is the analysis of the quality of water quality in the Kakhovka Reservoir and the Dnieper River in order to comply with the water quality requirements of these water bodies as the main sources of drinking water supply and the implementation of measures for the improvement of water facilities within the Zaporizhzhya region.

*The purpose* of the work is to analyze the factors of water quality formation in the Kakhovka reservoir within the Zaporozhye region.

*The object* of research is the water of the Kakhovka reservoir and the Dnipro river within the region.

*Subject* of research - factors of water quality formation in Kakhovka reservoir.

*Research methods.* In the process of research for solving specific problems, general scientific methods - generalization, comparison. When processing and analyzing the source information, well-known statistical methods are used.

*Research results.* According to the results of the water quality assessment on the basis of the integral indicator, it is noted that the organoleptic group of indicators is the most important in forming the quality of the waters of the Kakhovka reservoir and the Dnipro river, and from their list - iron. In addition, the value of integral indicators by aggregation groups is inadmissible and does not meet the quality requirements. In general, the level of pollution of natural waters in the studied sections is gradually decreasing. The result of the integrated assessment of the state of water resources use in the Kakhovka Reservoir in Zaporizhzhya Oblast for the period from 2013 to 2017 is the assignment of the first class of water resources and "good" status to him.

*Scientific novelty of the obtained results.* The scientific novelty of the work consists in the application of a set of methodological approaches to study the factors of the formation of the quality of natural waters.

*Theoretical and practical significance.* The results of the study can be used to make decisions regarding the improvement of the Dnipro River basin and the Kakhovka Reservoir.

*Structure and scope of work.* The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of used literary sources (97 titles) and 2 applications on 5 pages. The work contains 12 drawings, 11 tables. The total volume of the master's thesis is 103 pages.

**Keywords:** factors of formation of water quality, water pollution, water consumption, drainage, reservoir.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	12
1.1 Фізико-географічна та соціально-економічна характеристики Запорізької області.....	12
1.2 Характеристика водних ресурсів та Каховського водосховища у межах Запорізької області.....	16
1.3 Сучасний стан довкілля та пов'язані з ним екологічні проблеми регіону.....	21
2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ВИВЧЕННЯ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.....	30
3 МЕТОДИКИ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ТА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД .....	53
3.1 Методики оцінки якості поверхневих вод за індексами забрудненості води.....	53
3.2 Методика оцінки стану водних об'єктів за ступенем використання їх водних ресурсів.....	55
4. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА.....	59
4.1 Проблеми водних об'єктів Запорізької області та можливі напрямки їх подолання.....	59
4.2 Характеристика водоспоживання та водовідведення як антропогенних факторів формування якості поверхневих вод Запорізької області.....	63

4.3 Результати оцінки якості вод Каховського водосховища за індексами забруднення води.....	74
4.4 Результати оцінки стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів.....	82
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	89
ДОДАТКИ.....	98



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВМ – важкі метали

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднювальна речовина

ІЗВ – індекс забруднення води

ЕГП – екзогенні геологічні процеси

КІЗ – комбінаторний індекс забрудненості

КПАН – комплексний показник антропогенного навантаження

КПЕС – комплексний показник екологічного стану

ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості

НП – нафтопродукти

НПС – навколишнє природне середовище

СВ – стічні води

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

## ВСТУП

Каховське водосховище утворене в нижній течії Дніпра, замикає Дніпровський каскад, розташоване нижче м.Каховка. Воно є основою водного фонду області, так як накопичує у собі об'єм води – 18,2 км<sup>3</sup>.

Каховське водосховище сприяє створенню досить високого рівня розвитку сільського господарства. Вода забезпечує населені пункти електроенергією, використовується для їх водопостачання, зрошення посушливих територій, розвитку рибальства і судноплавного транспорту. Крім того, водосховище постачає канали Дніпро-Кривий Ріг і Північно-Кримський водою, передаючи її в посушливі райони Криму і Криворіжжя.

Водні ресурси р. Дніпро є основним джерелом питного водопостачання міст Запоріжжя, Бердянськ, Приморськ, Вільнянськ, ряду сільських населених пунктів північних і південних районів Запорізької області, водопостачання промислових підприємств.

Тому актуальним є аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища та р. Дніпро з метою дотримання вимог якості води цих водних об'єктів, як основних джерел питного водопостачання та реалізації заходів щодо оздоровлення водних об'єктів у межах Запорізької області.

Метою магістерської роботи є аналіз факторів формування якості води Каховського водосховища у межах Запорізької області.

Об'єкт дослідження – води Каховського водосховища та р. Дніпро в межах області.

Предмет дослідження – фактори формування якості води Каховського водосховища.

Для досягнення основної мети слід виконати такі завдання:

- 1) Охарактеризувати територію дослідження та поверхневі води у межах Запорізької області;

2) Вивчити основні принципи виявлення факторів формування якості поверхневих вод;

3) Проаналізувати та оцінити фактори формування якості вод Каховського водосховища;

4) Оцінити якість вод Каховського водосховища за індексами забруднення води;

5) Охарактеризувати показники водоспоживання та водовідведення, як фактори формування якості поверхневих вод Запорізької області;

6) Виконати комплексну оцінку стану використання водних ресурсів за показниками: використання стоку, безповоротного водоспоживання, надходження зворотних вод у гідрологічну мережу, скиду забруднених вод.

Результати магістерської кваліфікаційної роботи апробовані на XVII науковій конференції молодих вчених ОДЕКУ (Одеса, 2018 р.).

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Фізико-географічна та соціально-економічна характеристики Запорізької області

Запорізька область розташована на півдні Східноєвропейської рівнини на чорноземах у степовій зоні з характерним рівнинним ландшафтом, з домінуванням чорноземних ґрунтів. Загальна площа області – 27,2 тис.км<sup>2</sup>, що становить 4,5% території України. Площа, яку покривають ліси, складає 1,193 тис.км<sup>2</sup>, або 4,4% всієї території області [1].

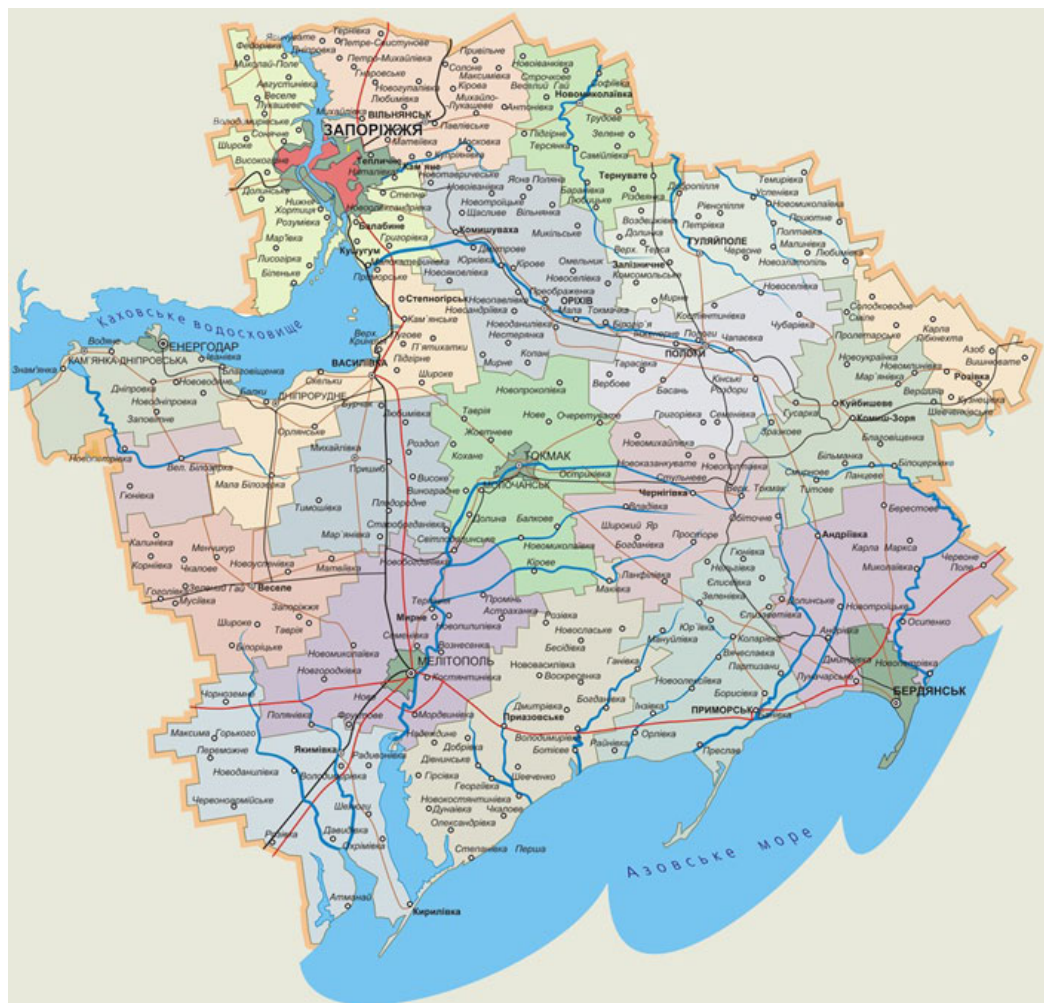


Рисунок 1.1 – Карта Запорізької області [2].

Умовно область поділяється на три природно-сільськогосподарські зони: - зону степу (50,8%), - степну посушливу (34,8%), - сухостепну (14,4%) зони [3]. Запорізький регіон межує з Херсонською, Дніпропетровською та Донецькою областями, на півдні омивається більш ніж на 300 км водами Азовського моря [1].

Область була утворена 10 січня 1939 року. Запоріжжя стало одним з найбільших промислових центрів України і Східної Європи. Область складається з 20 адміністративних районів, 5 міст обласного підпорядкування (Запоріжжя, Мелітополь, Бердянськ, Токмак і енергодар), 9 міст районного підпорядкування, 23 селища міського типу, 921 сільського населеного пункту [2].

Адміністративний центр - місто Запоріжжя, заснований в 1770 році, а статус міста одержав в 1806 році. Проживає в місті 750,7 тис. осіб або 43% загальної чисельності наявного населення Запорізької області, яка станом на 1 січня 2017 року складала 1739,5 тис. осіб. Чисельність міського населення Запорізької області складала 1235,7 тис. осіб, або 71% загальної чисельності по області, сільського – 503,9 тис. осіб, або 29% [2].

Адміністративно Запорізька область складається з 20 сільських районів і 5 міст обласного значення (Запоріжжя, Мелітополь, Бердянськ, Енергодар і Токмак) та 9 міст районного значення (Василівка, Вільнянськ, Гуляйполе, Дніпрорудне, Кам'янка-Дніпровська, Молочанськ, Оріхів, Пологи, Приморськ). Обласний центр, м. Запоріжжя, має районний поділ і включає 7 районів. Всього в області 14 міст, 22 селища міського типу, 914 сільських населених пунктів, з них 44 селища і 870 сіл. Особливістю національного складу населення Запорізької області є його багатонаціональність. На території області проживають представники понад 130 національностей і народностей [2].

Клімат регіону – помірно-континентальний, характеризується чітко означеною посушливістю, яка обумовлена пануванням на більшості території області сухих східних вітрів (на рік у середньому припадає 225 сонячних

днів). Середньорічні температури: літня + 23,9 °С, зимова – 2,6 °С. Середня температура повітря за 2014 рік була на 1,0 °С вище норми і становила 10,6 °С. Найхолоднішим місяцем року був січень, найтеплішим – липень та серпень. Такі природні фактори Запорізької області сприяють розвитку сільського господарства, рекреації, курортів та туризму [1].

Станом на 01.01.2018 на території Запорізької області розташовано 347 територій та об'єктів природно - заповідного фонду (далі – ПЗФ) загальною площею 125 056,3433 га, з них 23 – території загальнодержавного значення та 324 – місцевого значення. Відсоток заповідності області становить – 4,61% [3].

Область відноситься до регіонів, де зосереджена значна кількість підприємств важкої промисловості: 45% від загальної кількості виробленої продукції в області займає продукція металургії та оброблення металу, 20% – виробництво та розподілення електроенергії, газу, тепла, води. В області також зосереджені хімічні, машинобудівні підприємства та підприємства гірничодобувного комплексу [3].

З метою зменшення обсягів відходів, які розміщуються протягом року та утворюються практично на всіх підприємствах – основних забруднювачах, вдосконалюються діючі та впроваджуються сучасні технології і обладнання, виконуються заходи щодо поводження з відходами, передбачені природоохоронними програмами [3].

Виробнича діяльність підприємств пов'язана з утворенням відходів I–IV класів небезпеки. Протягом 2017 року у Запорізькій області утворилося 5129,8 тис.т відходів, що на 1,8% більше 2016 року, у т.ч. утворення відходів I–III класів небезпеки – 17,5 тис.т (на 9,4% більше 2016 року) [3].

За різноманітністю та багатством мінерально-сировинних ресурсів область займає одне з провідних місць України. У регіоні знаходяться значні запаси пегматитів (88% загальних запасів держави), апатитів (63%), марганцевих (69%) і залізної (10%) руд, каолінів (23%), вогнетривких глин (9%), тощо [1].

В області існують сприятливі умови існування багатьох видів тварин, серед яких є мисливські, такі як: дикий кабан, козуля, заєць - русак, лисиця, вовк, єнотовидний собака, ондатра [1].

Багата сировинна база стала основою розвитку потужного гірничо-металургійного та енергетичного комплексу області. Високий ступінь техногенного навантаження негативно впливає на стан навколишнього природного середовища [1].

Запорізька область відноситься до найбільш екологічно напружених регіонів України і в ній зосереджені практично всі основні галузі, більше 160 промислових підприємств, серед яких провідне місце займають електроенергетика, металургія, машинобудування, металообробка та хімія. Також на території регіону розміщені Запорізька ТЕС і Запорізька атомна електростанція – найбільша АЕС у Європі [1].

Запорізька область є одним з найбільш технологічно розвинених регіонів України із значним науково-технічним і виробничим потенціалом.

Регіон є провідним центром вітчизняного авіадвигунобудування, виробництва трансформаторів та іншої високотехнологічної продукції, яка є фірмовим Запорізьким знаком, маркою світового класу якості та надійності.

Основу промисловості регіону складають металургійний та енергетичний комплекси [1].

Територія Запорізької області розділена на два водозабірні басейни: басейн р. Дніпро та басейн Азовського моря. Головна річка – Дніпро – третя за величиною річка в Європі, яка є важливою транспортною артерією України, з великим Каховським водосховищем [3].

Басейн р. Дніпро займає північно-західну частину області і складається з Каховського та Дніпровського водосховищ. Басейн Азовського моря знаходиться у південно-західній частині Приазовської височини та східній частині Причорноморської низини [3].

Річка Дніпро є основним джерелом водопостачання промислових об'єктів області, включаючи такі енергетичні гіганти, як ВП ЗАЕС ДП

«НАЕК «Енергоатом» та ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», задоволення питних потреб населення області, зрошення земель та інших потреб. Крім того, р. Дніпро є джерелом енергії (Дніпровська ГЕС), використовується як транспортна артерія і є цінним рекреаційним ресурсом. Басейн Азовського моря, зокрема його північна частина, має цінність як рибогосподарська та туристично - курортна зони [3].

## 1.2 Характеристика водних ресурсів та Каховського водосховища у межах Запорізької області

Водозабезпеченість області досить висока і в перерахунку на 1 особу становить 30,5 тис.м<sup>3</sup> на рік в основному за рахунок стоку р.Дніпро, водозабезпеченість підземними водами складає усього 0,063 тис.м<sup>3</sup> на рік, водозабезпеченість місцевим поверхневим стоком – 0,24 тис.м<sup>3</sup> на рік.

В межах двох надзаплавних терас Дніпра забезпеченість водою всіх галузей народного господарства достатня. Але вже у кілометрі від аплави Дніпра починається безводний степ і вся решта частина області – біля 90% її території – дуже бідна водними ресурсами. Середня густина річної мережі тут біля 0,12 км/км<sup>2</sup> [2].

Водні ресурси р. Дніпро є основним джерелом питного водопостачання міст Запоріжжя, Бердянськ, Приморськ, Вільнянськ, ряду сільських населених пунктів північних і південних районів області, водопостачання промислових підприємств області, зокрема гірничометалургійного комплексу (ВАТ Запорізькій металургійний комбінат «Запоріжсталь» (далі – ВАТ «Запоріжсталь»), ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запоріжжкокс» та інші) та енергетичної галузі (ВП «Запорізька АЕС» ДП НАЕК «Енергоатом» і ВП «Запорізька ТЕС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»). Крім того, гідроенергетичний потенціал р.Дніпро, який складає третину всього



потенціалу Дніпровського каскаду водосховищ, використовується Дніпровською ГЕС, що дозволяє знімати пікові навантаження в енергосистемі. Використовується р. Дніпро для судноплавства, а також, як рекреаційний ресурс для відпочинку та оздоровлення населення [1].

Басейн Азовського моря займає південь області і знаходиться у південно-західній частині Приазовської височини та східній частині Причорноморської низини. Практично всі водотоки басейну, крім р. Молочна (середня ріка), відносяться до малих. Найбільшими серед них є річки Берда, Обіточна, Великий та Малий Утлюки. Басейн Азовського моря, зокрема його північна частина, має цінність як рибогосподарська та туристично-курортна зони [1].

Середній багаторічний об'єм поверхневого стоку р. Дніпро, що транзитом проходить по території області, складає 53,0 км<sup>3</sup>/рік, а в межах області у середньому формується 0,364 км<sup>3</sup>/рік поверхневих вод. Станом на 01.01.2018 р. експлуатаційні запаси підземних вод по 14 розвіданих родовищах складають 110,3 млн.м<sup>3</sup>/рік ( 302,309 тис. м<sup>3</sup>/добу) [3].

Враховуючи обмеженість ресурсів підземних вод та нерівномірність їх розподілу по території області, роль р. Дніпро для господарсько-питного водопостачання населення в перспективі буде зростати, тому на перший план виходить проблема забезпечення відповідних якісних показників води головної водної артерії області, тобто попередження забруднення неочищеними і недостатньо очищеними стічними водами [3].

Водний фонд Запорізької області складають річка Дніпро, розташовані на ній Каховське та Дніпровське водосховища з об'ємами води в них відповідно 18,2 і 3,3 км<sup>3</sup>, 3 середніх, 62 малих річок (довжиною більше 10 км), на яких створено 28 водосховищ та 1205 ставків. Загальна довжина річок складає 2 877,6 км, в т.ч. в межах області 2 648,7 км, із них середніх річок – 459 км, малих 2 189,7 км, крім того нараховується 3 151,5 км притоків та яруг. На території Запорізької області розташовані 4 лимани:

Білозерський, Утлюкський, Тубальський та Молочний, загальна площа водного дзеркала яких становить 655,5 км<sup>2</sup> [3].

Каховське водосховище розташоване на руслі річки Дніпро в її нижній течії і займає територію трьох областей України – Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської (рис. 1.2). Назву водоймі дало сусіднє місто Нова Каховка [4].

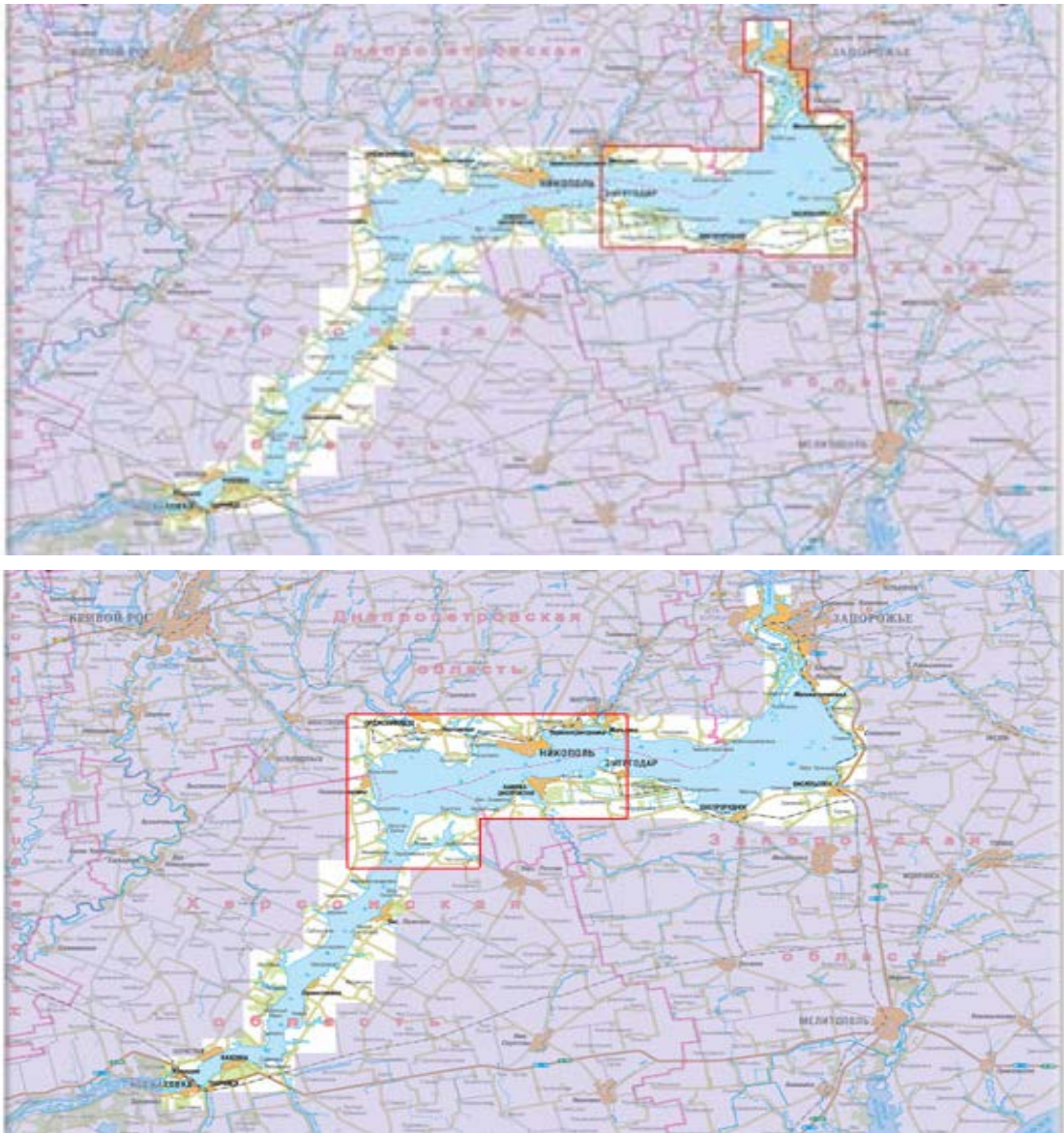


Рисунок 1.2 – Каховське водосховище у межах Запорізької області [5].

Каховське водосховище – одне з шести великих водосховищ у каскаді на річці Дніпро, в Запорізькій, Дніпропетровській і Херсонській областях

України. Заповнено у 1955 - 1958 роках. Довжина водосховища 230 км, пересічна ширина 9,4 (максимальна – 24 км). Площа 2155 км<sup>2</sup>, об'єм води 18,2 км<sup>3</sup>. Довжина берегової лінії 896 км [5].

Каховське водосховище було утворено в степовій зоні України греблею, яка була зведена на Дніпрі, в зв'язку з будівництвом Каховської ГЕС. Водосховище є досить глибоководним малопроточною водоймою, найбільшим на річці і самим південним з усього каскаду водосховищ. Береги його високі, складені суглинками і являють собою степові простори, часто порізані сусідніми ярами і руслами річок, безлісні. Все водосховище розділяється на кілька ділянок – верхній, середній, нижній [4].

Глибини верхній частині досягають 3-5 метрів, іноді 8. Це сама мілководна частина акваторії і найбільш широка. Ширина середнього ділянки водосховища досягає 8-15 кілометрів при глибині 10-12 метрів. Нижня ділянка – найвужчий, його глибина коливається в межах 13-25 метрів, ширина – 5-6 кілометрів. Поблизу греблі глибина водойми може досягати 36 метрів [4].

Має сезонне регулювання стоку. Коливання рівня води до 3,3 м, водообмін відбувається 2-3 рази на рік. Береги переважно круті, розчленовані глибокими балками, лише на окремих ділянках пологі, піщані. Є багато островів (наприклад орнітологічний заказник «Великі і Малі Кучугури»). Температура води влітку до +24°C. Замерзає наприкінці листопада – на початку грудня, скресає у середині лютого – на початку березня. Товщина криги 17-37 см. У липні - серпні відбувається «цвітіння води», яке охоплює до 80-95 % акваторії [5].

Переважає плином Каховського водосховища є стічний, особливо виражене під час танення снігів і повені. Від вершини водойми і до його греблі течія сповільнюється, становлячи від 0,6-2 м/с до 0,01-0,08 м/с. Вплив вітру на протязом незначне, проте навесні спостерігається сильне збільшення хвиль, їх висота в цей період становить 1-3 метра в залежності від товщі води [4].

У водосховищі підтримується постійний рівень води, його добові коливання можуть становити 30 сантиметрів. Прогрівання товщі води у весняний період відбувається поступово, в мілководній частині раніше, ніж в глибоководній. Стік води водосховища регулюється в залежності від сезону, іноді здійснюється багаторічне його регулювання. Коливання рівня води становить 3,3 метра [4].

Дно водойми складено чорноземним ґрунтом, в деяких місцях воно переважно піщане і часто з шаром мулу. Площа замулення дна становить 79,8%, а його товщина – 17,6 сантиметра. Максимальна його товщина сягає 1 метра. Водна рослинність розвинена в основному у верхній частині водосховища, в середній і нижній частинах її мало [4].

Щороку, з настанням тепла, води водосховища починають «цвісти», це під дією активних сонячних променів при низькій швидкості течії розмножуються синьо-зелені водорості [4].

Каховське водосховище крім Дніпра живиться водами чотирьох приток – Базавлука, Конки, Томаківка, Великої Білозерки. Найбільшим з них є Базавлук – річка з правого берега водосховища протяжністю 150 кілометрів. На гирлі Базавлука споруджена дамба [4].

По колу Каховського водосховища на його берегах розташовуються Запоріжжя, Нікополь, Енергодар, Днепропрудний, Нова Каховка, Берислав, Каховка, Таврійськ, Василівка, Кам'янка-Дністровська [4].

Спорудження Каховського водосховища – цієї унікальної водойми, зупинило наступ пустельного клімату з півдня і сприяло створенню досить високого рівня розвитку сільського господарства. Вода забезпечує населені пункти електроенергією, використовується для їх водопостачання, зрошення посушливих територій, розвитку рибальства і судноплавного транспорту. Місто Нікополь є портом. Крім того, водосховище постачає канали Дніпро-Кривий Ріг і Північно-Кримський водою, передаючи її в посушливі райони Криму і Криворіжжя [4].

З водоймища починаються Каховський канал, Північно-Кримський канал і канал Дніпро - Кривий Ріг. На Каховському водосховищі розташовані річкові порти в Нікополі, Енергодарі, Кам'янці-Дніпровській. Уздовж лівого берега водоймища проходять залізничні магістралі із Запоріжжя в Сімферополь і Херсон та Кривбас - Запоріжжя - Донбас [5].

Акваторія Каховського водосховища є місцем проживання багатьох видів риби, які є промисловими – судака, ляща, сазана, тюльки, плотви, сома, білого амура, густери, двох видів товстолобика (білого і строкатого). Крім них тут в достатній кількості є язь, головень, краснопірка, жерех, чехоня, синець, берш, щука, укля, окунь. Рідше можна зустріти оселедець, карася, рибця, лина, ялець, подуста, белоглазка, вугра, йоржа, стерлядь [4].

Береги водосховища є ідеальним місцем для відпочинку, спортивної та аматорської риболовлі, куди з'їжджаються порибалити рибалки з усього пострадянського простору [4].

На території водойми створені заказники з метою відновлення популяції видів риби, тут заборонений її вилов, як і в гирлі його припливу Конки. По зрошувальних каналах молодь риби поширюється з Каховського водосховища і населяє інші водойми, особливо водосховища Криму [4].

### 1.3 Сучасний стан довкілля та пов'язані з ним екологічні проблеми регіону

Основні екологічні проблеми Запорізької області пов'язані із [3]:

1) забрудненням атмосферного повітря викидами забруднюючих речовин від промислових підприємств та автотранспорту.

Запорізький регіон є потужним виробником високоякісних сталей, кольорових металів, феросплавів, абразивної продукції, силових трансформаторів, різноманітного обладнання, легкових автомобілів та

іншого. Наявність в Запоріжжі та області потужного промислового потенціалу неминуче призводить до значних обсягів викидів у атмосферне повітря. Крім того, більшість промислових підприємств використовують ресурсо- та енергомісткі технології, які впроваджувались у промисловості найбільш дешевшим способом – за відсутності механізмів охорони навколишнього природного середовища. Ситуація загострюється кліматичними особливостями регіону та існуючою забудовою міста [3].

2) порушенням гідрологічного та гідрохімічного режиму малих річок регіону.

В області нараховується 136 малих та середніх річок і балок довжиною більше 10 км. І хоча їх доля в загальних водних ресурсах області складає близько одного відсотка, вони відіграють важливу роль в формуванні загального екологічного стану території [3].

Сучасний екологічний стан малих та середніх річок області, виходячи з результатів проведеної паспортизації, оцінюється по більшості показників як незадовільний, хоча в останні роки залишається на попередньому рівні. Головною причиною такого становища є наднормове антропогенне навантаження на екологічні системи малих річок, які дуже відчутно реагують на будь-яке втручання. За виключенням міст Запоріжжя, Бердянськ, Василівка, Енергодар, Кам'янка-Дніпровська, скидання госпобутових стічних вод населених пунктів області здійснюється в малі та середні річки [3].

У 2017 році у малі та середні річки області суб'єктами господарювання відведено 9,706 млн.м<sup>3</sup> зворотних вод, у тому числі, без очистки і недостатньо очищених зворотних вод – 5,77 млн.м<sup>3</sup>. Покращення стану малих річок потребує системного цілеспрямованого підходу, зокрема встановлення всіх потенційних джерел забруднення, їх ліквідація, розчищення малих річок по всій довжині [3].

3) підтопленням земель та населених пунктів регіону.

Не дивлячись на те, що Запорізька область знаходиться в зоні недостатнього зволоження, процеси підтоплення набули широкого розповсюдження і суттєво впливають на екологічний стан території та умови життєдіяльності людей. Вплив процесів підтоплення на загальний екологічний стан території області залишається відчутним. Суттєву роль в їх розвитку відіграє і господарська діяльність. Більшість зрошувальних і дренажних систем в результаті реформування аграрного сектору економіки передані на баланс сільськогосподарських підприємств та сільських громад, які через брак коштів у місцевих бюджетах та відсутність кваліфікованих кадрів не в змозі забезпечити виконання всіх технічних вимог до їх експлуатації [3].

4) поводженням з відходами I-III класів небезпеки.

Область відноситься до регіонів, де зосереджена значна кількість підприємств важкої промисловості. У зв'язку з цим складною в області залишається проблема накопичення відходів, яка представляє реальну небезпеку для життя населення та навколишнього середовища і потребує особливої уваги [3].

Масштабність ресурсовикористання і енергетично-сировинної спеціалізації економіки регіону в цілому сприяють значному утворенню і накопиченню відходів виробництва і споживання. З метою зменшення обсягів розміщених відходів, які утворюються практично на всіх підприємствах – основних забруднювачах, вдосконалюються діючі та впроваджуються сучасні технології і обладнання, виконуються заходи щодо поводження з відходами, передбачені природоохоронними програмами [3].

5) утилізацією відходів гірничодобувної, металургійної, енергетичної та інших галузей промисловості.

Область відноситься до регіонів, де зосереджена значна кількість підприємств хімічної, машинобудівної, важкої промисловості та підприємств з виробництва та розподілення електроенергії, газу, тепла, води та гірничодобувного комплексу [3].

З метою зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище в результаті розміщення відходів, які утворюються в процесі виробництва гірничодобувної, металургійної енергетичної та інших галузей промисловості, підприємствами виконуються заходи щодо подальшої їх утилізації, оброблення (перероблення) [3].

Впроваджена удосконалена система обліку відходів та статистичної звітності щодо утворення, накопичення та утилізації відходів. Виконується моніторинг впливу полігонів твердих побутових відходів та промполігонів на навколишнє природне середовище [3].

б) організацією контролю радіаційної безпеки щодо впливу на навколишнє природне середовище АЕС, об'єктів з радіоактивними відходами, при ліквідації накопичувачів (хвостосховищ) відходів виробництв з підвищеними рівнями радіоактивності та рекультивації земель, що мають радіоактивне забруднення.

На території регіону знаходиться ВП ЗАЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» (ЗАЕС), розташована на березі Каховського водосховища в м. Енергодар, яка є найбільшою в Європі і в Україні атомною електростанцією. На проммайданчику ЗАЕС розташовані 3 (три) сховища для тимчасового зберігання твердих радіоактивних відходів, загальним об'ємом 18990 м<sup>3</sup>, та 2 сховища для тимчасового зберігання рідких радіоактивних відходів, загальним об'ємом 4800 м<sup>3</sup>. Кількість: - твердих радіоактивних відходів, накопичених у сховищах становить 14076,66 м<sup>3</sup>, загальною активністю 8,58x10<sup>13</sup>Бк (станом на 01.04.2017); - рідких радіоактивних відходів накопичених у сховищах становить 3276 м<sup>3</sup>, загальною активністю 1,3\*10<sup>13</sup>Бк (станом на 01.04.2017). Захоронення радіоактивних відходів на ЗАЕС не здійснюється [3].

Фахівцями ЗАЕС ведеться постійний моніторинг радіаційного стану як проммайданчика ЗАЕС, так і 30-кілометрової зони навколо ЗАЕС, за допомогою автоматизованої системи контролю радіаційного стану (АСКРО). АСКРО ЗАЕС призначена для автоматичного моніторингу радіаційної



обстановки в 30-км зоні навколо АЕС (у так званій зоні спостереження) і в районі проммайданчика АЕС. Розташування датчиків системи "КІЛЬЦЕ" представлено на он-лайн картах 30-кілометрової зони і проммайданчика АЕС на офіційному сайті ЗАЕС ([www.npp.zp.ua](http://www.npp.zp.ua)) Показники на картах представляють значення потужності експозиційної дози (ПЕД)  $\gamma$ -випромінювання в даній точці (в мкР/год) [3].

7) поширенням екзогенних геологічних процесів (далі – ЕГП).

Залучення територій розвитку природних геологічних процесів у сферу господарювання, що супроводжується незбалансованою господарською діяльністю, створює передумови для активного розвитку ЕГП та призводить до неминучих змін геологічного середовища. У Запорізькій області із розвиненою промисловістю майже 80 % господарських об'єктів побудовано на лесових ґрунтах. Просідання лесових торфовищ від власної ваги під час наповнення його вологою у місті Запоріжжя може бути досить значним. Великі збитки від руйнування споруд у таких умовах складають специфіку будівництва на ділянках, де основою споруд є лесові ґрунти [3].

8) охороною, використанням та відтворенням дикої фауни і флори.

Природний водообмін між Молочним лиманом та Азовським морем відіграє значну роль у процесах міграції водних біоресурсів. Молочний лиман є унікальним середовищем для нересту та нагулу цінних промислових видів риби які заходять із Азовського моря [3].

В результаті східних вітрів відбувається замулення черепашково-піщаною сумішшю промоїни яка з'єднує Молочний лиман - Азовське море, що перешкоджає природній міграції водних біологічних ресурсів. Для забезпечення постійного водообміну необхідно будівництво нового з'єднувального каналу, який забезпечить водообмін без проведення заходів з днопоглиблення [3].

Процес ефективного використання та відтворення дикої флори в межах природно-заповідного фонду залежить від кількості встановлених в натурі на місцевості заповідних територій. Тому, фінансування даного заходу дасть

можливість вдосконалювати роботу в даному секторі охорони дикої флори [3].

9) проблемами природно-заповідного фонду.

Природні території, сприятливі для відтворення дикої фауни і флори, є території природно-заповідного фонду, загальна площа яких в Запорізькій області складає – 125,056 тис. га, що становить 4,61 % від загальної території області. У регіоні великий відсоток територій, які використовуються в сільському господарстві. Внаслідок цього, процес пошуку та створення нових та розширення існуючих територій природно-заповідного фонду ускладнено [3].

10) забрудненням водних об'єктів скидами забруднюючих речовин із зворотними водами промислових підприємств, підприємств житлово-комунального господарства.

Сучасний стан поверхневих водних об'єктів області формується під антропогенним впливом суб'єктів господарювання. Найбільшими забруднювачами водних об'єктів області є підприємства чорної і кольорової металургії та житлово-комунальний господарства. Скидання зворотних вод у водні об'єкти області у 2017 році здійснювало 86 водокористувачів, з них скидання забруднених і недостатньо очищених зворотних вод здійснювало 27 водокористувачі [3].

Обсяги скиду забруднених зворотних вод залежить від обсягів виробництва основними підприємствами-забруднювачами водних об'єктів, і в першу чергу, від ВП «Запорізька ТЕС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго» та ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь». Доля комбінату в загальному обсязі скидання забруднених зворотних вод в цілому по області складає 80,7% [3].

ПАТ «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь» у 2017 році відведено у р. Дніпро 51,81 млн. м<sup>3</sup> забруднених зворотних вод, що на 2,49 млн.м<sup>3</sup> менше, ніж у 2016 році. Зменшення скидання забруднених зворотних вод досягнуто за рахунок впровадження водозберігаючих та

енергозберігаючих технологій, реалізованих підприємством у 2015, 2016 роках, заходів по прокатному виробництву [3].

Обсяги скидання забруднених зворотних вод водокористувачами залишились на попередньому рівні, або мають тенденцію до скорочення не тільки за рахунок впровадження заходів з раціонального використання водних ресурсів, більш ефективного використання водооборотних циклів та підвищення дієвості економічних важелів регулювання водокористування, але і за рахунок зменшення обсягів виробництва [3].

У 2017 році суттєвого скорочення скиду забруднених речовин не відбулося. Підприємствами житлово-комунального сектору у 2017 році скинуто у поверхневі водні об'єкти області 11,21 млн.м<sup>3</sup> забруднених зворотних вод, що складає 12,3% від загального обсягу скидання забруднених зворотних вод по області [3].

Причиною неякісного очищення стічних вод на очисних спорудах підприємств житлово-комунального господарства є застарілі технології, фізична і моральна зношеність обладнання і споруд, несвоєчасне проведення поточних і капітальних ремонтів, відсутність коштів для оновлення, розширення та підтримання в належному стані очисних споруд [3].

Отже, на сьогодні залишаються актуальними питання впровадження заходів більш ефективного використання водооборотних циклів. Проблеми з очисткою стічних вод існують майже у всіх населених пунктах області, окрім міст Запоріжжя, Вільнянськ, Токмак, Гуляйполе та смт Ново миколаївка. В 2017 році аварійного забруднення поверхневих водних об'єктів не спостерігалось [3].

Небезпечне екологічне становище склалося в рекреаційній зоні на побережжі Азовського моря в с. Кирилівка, де за відсутності централізованих систем водопостачання, каналізування і очистки стічних вод функціонують близько 500 закладів відпочинку і оздоровлення. Стічні води накопичуються в вигрібах з наступним вивозом автотранспортом на полігон рідких побутових відходів. Це створює постійну загрозу забруднення Азовського

моря, Утлюцького та Молочного лиманів і ґрунтових вод неочищеними господарсько-побутовими стічними водами. Полігон рідких побутових відходів, в порушення п. 2 ст. 90 Водного кодексу України, облаштований у прибережній захисній смужі Молочного лиману, що має статус гідрологічного заказника загальнодержавного значення та входить до складу Приазовського національного природного парку. Даний фактор негативно впливає на інвестиційну привабливість регіону, стримує його соціально-культурний розвиток [3].

Зволікання з введенням в дію систем централізованого водопостачання, каналізації та очистки стоків в умовах високого скупчення людей разом з негативними екологічними наслідками може надзвичайно ускладнити і санітарно-епідеміологічну ситуацію на даному та сусідніх ділянках узбережжя Азовського моря, у тому числі Приазовського національного природного парку [3].

11) проблемами щодо умов скидання шахтних і кар'єрних вод у водні об'єкти. У 2017 році з підземних джерел забрано 46,51 млн.м<sup>3</sup>, у тому числі 16,12 млн.м<sup>3</sup> шахтно-кар'єрних вод. На території Запорізької області мінералізовані шахтні води використовуються ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат». Підприємством після механічного очищення мінералізовані шахтні води відводяться в ізольований ставок-випаровувач, розташований у верхів'ї Утлюцького лиману Азовського моря. У 2017 році відведено 15,69 млн.м<sup>3</sup> [3].

12) забрудненням підземних водоносних горизонтів.

Майже всі підземні водоносні горизонти, що використовуються для централізованого водопостачання, природно захищені, залягають на глибині більше 100 м, тому забруднення з поверхні не зазнали. Виняток складає четвертинний водоносний горизонт, який використовується для питного водопостачання м. Енергодар та прилеглих сіл. В цій зоні спостерігається підвищення концентрацій нітритів, нітратів, нафтопродуктів в результаті життєдіяльності розташованих в області живлення водоносного горизонту

населених пунктів, впливу господарської діяльності ВП ЗАЕС ДП «НАЕК «Енергоатом», ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», зрошувальних систем та інших суб'єктів господарювання. Крім того, потенційними джерелами надходження забруднень до підземних водоносних горизонтів є безгосподарні свердловини, які втратили свого власника при реформуванні агропромислової галузі [3].

Головною екологічною проблемою водних ресурсів залишається забруднення природних водних об'єктів неочищеними і недостатньо очищеними стічними водами промислових підприємств, підприємств житлово-комунального комплексу, а також виправних колоній Управління Державної пенітенціарної служби України Запорізькій області [2].

З метою покращення екологічного стану водних об'єктів передбачено реалізацію водоохоронних заходів наступними програмами :

-Обласною комплексною програмою охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки, затвердженою рішенням Запорізької обласної ради від 28.03.2013 №29;

-Регіональною програмою розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро в Запорізькій області на період до 2021 року, затвердженою рішенням Запорізької обласної ради від 28.03.2013 №26;

-Програмою природоохоронних заходів, спрямованих на охорону довкілля, раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки міста Запоріжжя, затвердженою рішенням міської ради від 24.12.2012 №24;

-Регіональною програмою будівництва, реконструкції, модернізації об'єктів інфраструктури, соціально-культурного та екологічного призначення по Запорізькій області на період до 2016 року, затвердженою рішенням Запорізької обласної ради від 27.09.2011 №4;

-Програмою «Питна вода Запорізької області» на 2012-2020 роки затвердженою рішенням Запорізької обласної ради від 31.05.2012 №10 [2].

## 2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ВИВЧЕННЯ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Відомо [6], що вплив людського суспільства на довкілля в сучасний період характеризується безперервним посиленням антропогенного навантаження на всі природні компоненти, зокрема на водні ресурси. Наростання дефіциту водних ресурсів та прогресуюче погіршення їх якості об'єднуються під загальним поняттям «деградація природних вод». У межах великих річкових водозборів і великих територій, розташованих в найбільш освоєних в господарському відношенні районах Землі, на водні об'єкти впливають одночасно багато антропогенних факторів.

Фактор (від. лат. factor – робить, виробляє) – причина, рушійна сила будь-якого процесу (явища), яка визначає його характер або окремі риси [7], або рушійна сила процесів, що впливає на них, суттєва обставина в якомусь процесі, явищі [8]. Цей термін використовується дуже широко (наприклад, в факторіальному аналізі – це вираз кореляції між параметрами, в факторіальній екології – це будь-яка умова середовища, що прямо чи опосередковано впливає на організм протягом хоча б однієї з фаз його життя.

Формування хімічного складу природних вод [11] – це процес обміну хімічними речовинами природних вод з іншими природними середовищами (атмосфера, породи, ґрунти, рослинний та тваринний світ) в різних фізико-географічних умовах та при різному антропогенному навантаженні, в результаті чого до природних вод переходять та витягуються з них розчинені, газоподібні, колоїдні та зважені речовини. Формування хімічного складу річкових вод визначають в основному дві групи факторів [9, 10]: 1) прямі фактори, що безпосередньо впливають на склад річкових вод - атмосферні опади, ґрунти, гірські породи, біота, підземні води, стічні та інші зворотні води тощо; під впливом цих факторів надходять хімічні речовини в різних формах (завислі, колоїдні, розчинені); 2) непрямі фактори, що визначають

умови, в яких протікає взаємодія речовин з водою – клімат, рельєф, біота водний режим тощо. Під впливом цих факторів відбувається просторова (географічна і кліматична зональність) та часова (гідрохімічна) диференціація надходження хімічних речовин в річкові води.

За характером впливу фактори, що визначають формування хімічного складу річкових вод, доцільно поділяти на такі групи: 1) фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив); 2) геологічні (склад гірських порід, тектонічна будова, інженерно-геологічні та гідрологічні умови); 3) фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотно-лужні і окислювально-відновні умови, змішування вод і катіонний обмін); 4) біологічні (діяльність рослин та інших живих організмів); 5) антропогенні (всі чинники, пов'язані з діяльністю людини).

Комплекс факторів, що формують якість води, включає в себе 5 основних блоків [11, 12]: гідрометеорологічний; гідрохімічний; гідробіологічний; фізико-хімічний; антропогенний. Їх можна назвати блоками регулювання якості води. Кожний з них характеризується великим переліком різноманітних показників, що відбивають внутрішню структуру і специфічні властивості даного фактора.

Гідрометеорологічний фактор включає характеристики водного стоку (поверхневий, поверхнево-схилувий, підземний, твердий), метеорологічні показники (кількість опадів, температурний режим і т.д.).

Під гідрохімічним фактором необхідно розуміти сукупність фізико-хімічних процесів, що протікають між основними групами хімічних речовин, розчинених у воді (головні іони, біогенні й органічні речовини, мікроелементи, специфічні ЗР антропогенного походження). Фактор виділяється умовно, тому що усі характеристики його пов'язані з аналогічними характеристиками інших факторів.

Серед основних ознак гідробіологічного блоку виділені: зообентос, фітопланктон, зоопланктон, перифітон, мікробіологічні показники.

Фізико-географічний фактор відображає особливості ландшафту, у якому проходить формування хімічного складу води конкретної ріки. Він може включати характеристики лісистості, заболоченості, озерності, еродованості.

Роль і ступінь участі антропогенного блоку в загальних процесах формування якості води визначаються відповідними ознаками (розораність, густина населення, питома вага поголів'я великої рогатої худоби, інших тварин, зарегулювання стоку) та характеристиками (скид стічних та інших зворотних вод, внесення добрив, меліорація). Кількість ознак, що характеризують кожний із блоків, може змінюватися в залежності від складності поставленого завдання, можливості інструментального визначення ряду ознак, наявності тих чи інших видів господарської діяльності, фізико-географічних особливостей території.

Антропогенні фактори опосередковано пов'язані з діяльністю людини, що планується або є випадковою, сучасною або минулою. На відміну від них антропогенні фактори виникають в ході безпосереднього впливу людини на щось [8]. Відповідно антропогенний вплив – прямий чи опосередкований вплив людства на навколишнє середовище і його компоненти внаслідок господарської діяльності. Під впливом антропогенних факторів відбуваються зміни як окремих природних компонентів, так і в цілому ландшафтно-природних комплексів.

Крім поняття антропогенного впливу на довкілля застосовують також поняття техногенного навантаження, під яким розуміють соціально-економічну освоєність території та забруднення природного середовища [13]. Під соціально-економічною освоєністю території розуміється її використання з господарською метою [14]. В наш час, внаслідок незбалансованої господарської діяльності неухильно зростає техногенне навантаження на всі компоненти природного середовища [15].

Просторово-часові фактори впливу на довкілля внаслідок екодеструктивної діяльності суб'єктів народного господарства в економіці



природокористування [16] називаються екологічними екстерналіями. Під екстерналіями розуміють [13] зовнішні ефекти (або наслідки) господарської діяльності людини, які впливають на довкілля. В більшості випадків ці наслідки негативні: забруднення компонентів довкілля, деградація біосфери в цілому. В дисертаційній роботі увага буде приділена локальним екологічним екстерналіям – гідроекологічним проблемам, які виникли в межах адміністративно-територіальної одиниці (області) внаслідок негативного впливу на довкілля функціонуючих підприємств-забруднювачів. Для забезпечення сталого екологічного розвитку країни найважливішим є мінімізація негативних екологічних наслідків саме локальних екстерналій.

Антропогенні процеси, що виникають у природних екосистемах, зумовлені або істотно активізовані різними видами господарської діяльності людини, поділяють на прямі (наприклад, знищення природних і утворення штучних форм рельєфу) й опосередковані (розорювання схилів, активізацій ерозійних процесів тощо), а також на позитивні (науково обґрунтоване осушення, зрошення, розсолювання ґрунтів, рекультивація земель, терасування крутих схилів, створення дамб, обвалування та ін.) та негативні (карстоутворення, суфозія, зсуви, антропогенна ерозія, підтоплення, засолення ґрунтів, виснаження природних ресурсів тощо).

Антропогенні фактори багато в чому впливають на формування кількісних і якісних характеристик поверхневих вод.

Внаслідок господарського перетворення і забруднення водозборів, регулювання русел, водозабору та скидання зворотних вод («вод, що повертаються за допомогою технічних споруд і засобів із господарської ланки кругообігу води до його природних ланок у вигляді скидної, дренажної і стічної води» [17]) в річкову мережу відбувається порушення стоку. З річковим стоком, зокрема з антропогенним порушенням стоку, пов'язана значна частина проблем функціонування водогосподарського комплексу, забезпечення прийнятної якості водних ресурсів, збереження природного різноманіття водних біоценозів тощо. Різні види антропогенної діяльності

супроводжуються порушенням гідрологічного режиму річок, природних умов надходження до них води, наносів, хімічних речовин, тепла, біогенних речовин тощо. Найбільш позначається на річковому стоці будівництво гідротехнічних споруд. Всі ці антропогенні порушення проявляються у змінах об'єму і якості водних ресурсів [18].

Різні фактори господарської діяльності, які впливають на антропогенні зміни кількісних характеристик річкового стоку, вивчалися П.П. Воронковим (1966), М.П. Максимовою (1979), І.О. Шикломановим (1989), В.Е. Водогрецьким (1990), Н.С. Лободою (2003), В.К. Хільчевським (2003, 2006) та ін. [19 - 25, 18]. Ці дослідники займалися вивченням наступних питань: охорони річок від забруднення поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь; регламентації випуску та очистки поверхневого стоку з територій міст у водні об'єкти; оцінки потенційного впливу на стан річок поверхневого стоку з територій тваринницьких комплексів; статистичного моделювання процесів формування якості водотоків, які приймають поверхневий стік; виявлення закономірностей просторово-часового розподілу річного стоку у зв'язку з кліматичними факторами його формування; фрактальних властивостей часового та просторового розподілу річного стоку; виявлення антропогенної складової біогенного стоку річок; вивчення впливу водосховищ і ставків, агротехнічних заходів, вирубки лісових насаджень (лісогосподарських заходів), зрошення, боліт та їх осушення на річний стік та гідрологічний режим; математичного моделювання антропогенної трансформації стоку.

Зокрема І.О. Шикломанов зазначав [21], що зміни річкового стоку під впливом господарської діяльності призводять до двох аспектів проблеми: зміни якості природних вод в результаті їх забруднення; зміни загальної кількості водних ресурсів та розподілу в часі і просторі стоку річок за рахунок безпосереднього споживання води і зміни умов їх формування. Він головним чином розглядав другий аспект проблеми, тобто антропогенні зміни кількісних характеристик річкового стоку, які приводять до

виснаження водних ресурсів в межах річкових басейнів. Даний аспект проблеми – вивчення впливу господарської діяльності на водні ресурси і водний баланс – є однією з найважливіших проблем гідрології.

За характером впливу на водні ресурси і гідрологічний режим фактори господарської діяльності були об'єднані в п'ять груп.

1. Фактори, що безпосередньо пов'язані з водозабором з руслової мережі, використанням цієї води водоспоживачами і поверненням зворотних вод знову в водні об'єкти. Масштаби впливу даної групи факторів на гідрологічні характеристики і якість води визначається такими характеристиками водокористування: об'єм водозабору, безповоротне водоспоживання; об'єми скидів зворотних вод по відношенню до природного стоку річки. І.О. Шикломанов [21] зазначає, що скид стічних вод або водовідведення є дуже важливою характеристикою для оцінки забруднення чи змін якості природних вод.

2. Фактори, що пов'язані зі змінами в русловій мережі басейну: створення і експлуатація водосховищ та ставків, обвалування русел, видалення ґрунту з русел річок. Дані фактори здатні корінним чином змінити гідрологічний режим річки і сумарні водні ресурси басейну.

3. Фактори, що пов'язані зі змінами поверхні водозбору, які ведуть до змін в формуванні стоку та випаровування. До них відносяться: розорювання земель, проведення агротехнічних заходів, осушення боліт і заболочених земель, вирубка лісів і лісовідновлення, урбанізація. Процес розорювання земель, який змінює співвідношення між поверхневим і ґрунтовим живленням річок, значно посилює процеси хімічної і механічної ерозії. До цих наслідків призводить також і вирубка лісових насаджень, порушення ґрунтового покриву при будівництві, видобутку корисних копалин [9].

4. Фактори господарської діяльності, що впливають на стік як в результаті водозабору з річкової мережі, так і шляхом перетворення поверхні водозбору (зрошувальне землеробство, експлуатація підземних вод тощо).

5. Фактори, що впливають на водний баланс, водні ресурси і гідрологічний режим шляхом змін метеорологічних і кліматичних характеристик (регіональні та глобальні зміни клімату та метеорологічних умов).

В межах великих річкових басейнів одночасно можуть діяти багато з перелічених вище видів господарської діяльності, які відносяться до різних груп та характеризуються різним впливом на водний режим. У зв'язку з цим при водогосподарському плануванні і регулювання якості води необхідно враховувати вплив кожного із зазначених факторів окремо і всіх разом.

Про порушення гідрологічного режиму річок, як один з наслідків антропогенного впливу господарської діяльності, згадує А.В. Яцик [26]. Він дає визначення антропогенного стоку та зазначає, що суть антропогенного пресу на водні екосистеми виражається багатократним збільшенням (в порівнянні з доіндустріальним періодом) маси алохтонних речовин і зовнішньої енергії, які надходять в водне середовище. Таким чином, в гідролого-гідрохімічному і еколого-токсикологічному аспекті антропогенний стік складається з таких основних компонентів: токсикогенного (зворотні води, які містять в собі токсичні речовини), біогенного, енергетичного і біологічного. В результаті збільшення антропогенного навантаження на водні екосистеми її здатність функціонувати може бути порушеною, аж до остаточної деградації.

Антропогенна діяльність на водозбірній площі призводить до виснаження і погіршення якості водних ресурсів, так як є причиною: 1) додаткового надходження у водний об'єкт хімічних речовин (як властивих природним водам, так і нехарактерних для них) і, відповідно, його забруднення; 2) перетворення поверхні водозбору і зміни шляхів і швидкості міграції хімічних речовин у водні об'єкти, і, відповідно, порушення ритмічності зміни гідрохімічних циклів.

Забруднення природних вод призводить до погіршення якості води, і вона може стати непридатною для цілого ряду водокористувачів. Тому при

оцінці впливу господарської діяльності на водні ресурси та плануванні водогосподарської діяльності в басейнах річок необхідно враховувати не тільки кількісні, але і якісні зміни водних ресурсів [12].

Одним з негативних наслідків забруднення річкових вод є евтрофування. Цей процес викликає зміни деяких факторів самоочищення водних об'єктів та призводить до збільшення біологічної продуктивності водної екосистеми і погіршення якості природних вод [27]. Одним з факторів евтрофування є поверхневий та внутрішньо-грунтовий стік з сільськогосподарських угідь, які сприяють виносу з ґрунтів рухливих форм біогенних елементів [28]. Процес евтрофування, як наслідок діяльності людини, називають антропогенним евтрофуванням [29], що призводить до суттєвих зміщень балансу продукційних та деструкційних процесів у бік переваги перших (зростання позитивного балансу органічних речовин автохтонного походження).

Особливо сильно забруднюються малі та середні річки, які знаходяться у промислових та густонаселених районах [10], так як зростання водопостачання в населених пунктах нерозривно пов'язано зі збільшенням кількості стічних вод, які формуються після комунального, промислового та побутового використання. В населеній місцевості водотоки є не тільки природними дренами для водного стоку, а й вимушеними колекторами всіх категорій стічних вод (неочищених, недоочищених, нормативно чистих без очистки та очищених).

Нині боротьба із забрудненням поверхневих вод є основною проблемою водного господарства, і головним напрямком охорони вод від забруднення є скорочення об'ємів скидів стічних вод [31].

Виснаження і забруднення ресурсів поверхневих вод завдає природно-господарським комплексам великого екологічного та економічного збитку. Воно ускладнює водокористування та порушує умови життєдіяльності людини. У зв'язку з цим вивчення антропогенного впливу на якість водних об'єктів є досить актуальним. Антропогенний вплив на річкові басейни не обмежується переліченими вище факторами, а є дуже різноманітним, тому

для їх оцінки використовуються різні науково-методичні підходи в залежності від специфіки річкових басейнів та джерел антропогенного впливу, які не обмежуються рамками конструктивної географії і раціонального природокористування.

Проблемі оцінювання антропогенного впливу на стан річкових басейнів тією чи іншою мірою приділяли увагу у своїх працях провідні науковці [18, 21, 23, 29 - 43]. Виявлено, що особливу увагу науковці приділяли переважно дослідженням гідрологічного та гідрохімічного режимів, які зазнають змін в умовах антропогенного навантаження на водні екосистеми. В сучасних роботах існує декілька позицій щодо виявлення критеріїв антропогенного навантаження та комплексної оцінки стану водних ресурсів річок та водойм. В більшості випадків ці позиції засновані на використанні критеріїв якості води (частіше всього гідрохімічні), а комплексна оцінка в них здійснюється за допомогою методів зважених балів (напів-кількісна оцінка). Деякі фахівці вважають, що основними факторами антропогенного впливу є ступінь використання земельних ресурсів у басейнових ПТК, кількість винесених біогенних речовин з сільськогосподарських територій, інтенсивність використання водних ресурсів і їх якість, водозабезпеченість населення в басейні річки. На їх думку пріоритетними можуть бути як окремі фактори антропогенного впливу, так і групи цих факторів. Очевидним є те, що неможливо при виконанні комплексної оцінки антропогенного навантаження на басейнові ПТК урахувати абсолютно всі існуючі фактори антропогенного впливу.

Найбільш значущими факторами зміни якості поверхневих вод є: локальні забруднення; трансграничні потоки; вторинні ефекти вилуговування; довгочасові тенденції, вплив потеплення клімату і зміна гідрологічного режиму [44].

Типовим прикладом антропогенного впливу є скид неочищених чи недостатньо очищених зворотних вод в річку. Даний антропогенний фактор є основним з переліку тих, які впливають на якість річкових вод [45].

Природно, що скид зворотних вод негативно відображається на якості річкових вод, можливості використання їх у господарсько-питних, рибогосподарських, сільськогосподарських, промислових та інших цілях [46]. Але, навіть при припиненні скиду забруднених стічних та інших зворотних вод, якість поверхневих вод буде змінюватися слідом за глобальними змінами навколишнього середовища і клімату, ландшафтів, геохімічних властивостей водозборів, тривалого кругообігу розсіяних елементів тощо. Розуміння закономірностей міграції, форм знаходження, трансформації і седиментації техногенних поллютантів в системі «джерело – водозабір – річка» є основою для розробки превентивних заходів щодо обмеження потоків забруднювальних речовин (ЗР) у водні екосистеми. Тому знання закономірностей зміни якості річкових вод під впливом антропогенних факторів і розробка наукових основ раціонального використання та охорони її водних ресурсів є практично значущими.

Слід зазначити, що стічні води (СВ) – це води, що відводяться після використання в побутовій, виробничій або сільськогосподарській діяльності людини [47]. Об'єм стічних вод залежить від кількості жителів та ступеню благоустрою населених пунктів (наявність водоводів, каналізації). Загальний об'єм СВ комунальної каналізації міст приблизно в 10 разів менший об'єму промислових СВ. Однак СВ міст, незважаючи на менший об'єм, представляють для водоспоживання більшу небезпеку, ніж промислові, так як саме з цими водами у водотоки можуть потрапити збудники різних хвороб [10].

За походженням СВ поділяються на декілька груп [48]: 1) господарсько-побутові; 2) промислові; 3) поверхневий стік підприємств і населених пунктів; 4) сільськогосподарські; 5) рудникові і шахтні води. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна асоціація ЗР .

Господарсько-побутові стоки містять в собі велику кількість органічних і мінеральних речовин в розчиненому і завислому стані. Згідно з нормами [49], від одного мешканця за добу в каналізаційну систему надходять: 65 г

завислих речовин, 70 г органічних речовин, 9 г хлоридів, 8 г азоту амонійного, 3,3 г фосфатів, 2,5 г синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР).

Крім того, стоки підприємств розрізняють:

1) за характером основних ЗР [12]: води, забруднені переважно мінеральними домішками (стічні води підприємств, що виробляють мінеральні добрива, кислоти, будівельні вироби та матеріали, нафтопродукти, вуглевидобувних підприємств тощо); води, забруднені переважно органічними домішками (стічні води підприємств хімічної та нафтохімічної, переробної промисловості, виробництва полімерних матеріалів і плівок, каучуку тощо); стічні води, забруднені мінеральними та органічними домішками (нафтопереробна, нафтодобувна, нафтохімічна, легка, харчова промисловість, органічний синтез);

2) за концентрацією органічних домішок [50] (слабо концентровані – до 0,5, середньо концентровані 0,5 - 5, концентровані – 5 - 30, дуже концентровані - більше за 30 г/дм<sup>3</sup>);

3) за агресивністю [12]: неагресивні (рН = 5,5 - 8,0), слабо агресивні (рН = 6,0 - 6,5 та рН = 8,0 - 9,0), сильно агресивні (рН < 6,0 та рН > 9,0).

Поверхневий стік з території промислових підприємств і населених пунктів формується за рахунок дощових, талих і поливо-мийних вод. Об'єм поверхневого стоку визначається: інтенсивністю випадання опадів і їх тривалістю; загальною площею міської території і характером її забудови; рельєфом місцевості. Концентрація і склад ЗР в стоках залежить від галузевої приналежності підприємств; загалом переважають завислі речовини (0,1 - 11,3 г/дм<sup>3</sup>), органічні речовини (у т.ч. нафтопродукти – НП), біогенні елементи, важкі метали (ВМ) тощо.

Сільськогосподарські стоки поділяються на стоки тваринницьких комплексів, поверхневий стік з полів, колекторно-дренажні води. У стоках тваринницьких комплексів переважають органічні речовини, сполуки азоту і фосфор; розчинені речовини становлять 20 - 35%, завислі – 65 - 80% від



загального об'єму. До складу поверхневого стоку, зливових і талих вод з полів входять сполуки азоту, фосфору, калію тощо, а також отрутохімікати. Винесення біогенних елементів залежить від дози внесення, хімічного складу добрив, об'єму поверхневого стоку і типу ґрунтів. Встановлено [20], що з підвищенням ерозійної активності ґрунтів у водні об'єкти з поверхневим стоком поступає значна кількість іонів кальцію, що позначається на загальній мінералізації поверхневих вод. Крім того, мінералізація (передусім за рахунок сульфатів і хлоридів) може збільшуватися внаслідок надходження у водні об'єкти колекторно-дренажних вод, а характеристика води зміниться від гідрокарбонатно-кальцієвого до сульфатно-магнієвого і хлоридно-натрієвого складу.

Шахтні і рудникові води мають високу мінералізацію,  $\text{pH} < 7$  і містять в собі велику кількість рудних елементів, які знаходяться як в рідкій фазі, так і у зависі. Істотним джерелом забруднення водоймищ є поверхневий стік з породних і рудних відвалів, територій гірничо-збагачувальних комбінатів [42]. Доведено [31], що скид у водні об'єкти високомінералізованих шахтних вод сприяє збільшенню мінералізації поверхневих вод, а це в свою чергу призводить до збіднення фітопланктону та погіршення якості води, що наносить збитки, в першу чергу, рибному господарству.

Всі джерела забруднення поверхневих вод можна поділити на два типи: алохтонні та автохтонні. Алохтонні пов'язані з надходженням ззовні водного об'єкта різних груп ЗР. Автохтонні фактори ґрунтуються на процесах, які відбуваються всередині водойми та які включають у себе процеси самоочищення, а також утворення джерел забруднення, які породжені у самому водному об'єкті. Джерела впливу на водний об'єкт можуть приводити до його хімічного, фізичного і біологічного забруднення. Найбільше забруднюють поверхневі води алохтонні джерела, особливо антропогенного походження [12].

Умови скиду зворотних вод у водні об'єкти регламентуються відповідними нормами екологічного законодавства України [48, 51]. Крім

того, існування великих міст в басейнах річок веде за собою виникнення такого поняття як «міські стічні води» [32]. Під даною категорією вод розуміють суміш виробничих, побутових та зливових вод при загально-сплавній системі каналізації, або побутових та виробничих з окремими системами. На міських очисних станціях СВ послідовно проходять споруди механічної, біологічної очисток та знешкоджуються. Для забезпечення оптимальної роботи цих споруд до міських СВ застосовується ряд вимог, виконання яких забезпечується постійним контролем за СВ промислових підприємств, які підключені до водовідвідної сітки міста [52, 53].

Отже, оцінюючи негативний вплив на стан поверхневих водних об'єктів, які є приймачами водовідвідних систем міст, слід приділяти увагу впливу на якість води водойм та водотоків кожного з функціонуючих підприємств, так як часто існує велика кількість несумлінних водокористувачів [54].

Підприємства-забруднювачі слід називати «спецводокористувачами», так як спеціальне водокористування – це забір води з водних об'єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв та скидання до них зворотних вод [55].

Одним з найбільш інформативних антропогенних факторів є селітебне навантаження на басейни річок. Зрозуміло, що чим більша кількість населення проживає в басейнах річок, тим більшим буде антропогенне навантаження на їх водні ресурси. Звичайно водотоки, які протікають через великі міста, характеризуються поганою якістю води, так як кількість господарсько-побутових СВ, які скидаються у річку, тоді є значною. Крім того, чим більше людей, тим вище вірогідність виникнення негативних впливів на поверхневі води [49].

Масштаби впливу антропогенного фактора на якість поверхневих вод можна співвідносити з масштабами природних геохімічних процесів [9]. Заходи по зниженню забруднення поверхневих вод безпосередньо стічними водами можуть привести до бажаних результатів (відновлення первинної якості води) достатньо швидко (впродовж декількох років), але зміни в

геохімічних процесах, які відбуваються в результаті впливу людської діяльності на річкові басейни, накопичуються значно повільніше і ще повільніше можуть бути зупинені, не говорячи вже про їх зміни в позитивному напрямку (для цього необхідні десятиліття). Тому окрім заходів по зменшенню забрудненості водних об'єктів необхідно розробляти науково обґрунтовані заходи на водозборах, направлені на охорону та покращення стану природних вод [56].

При уявній простоті поняття «якість води», до теперішнього часу немає загально прийнятого визначення. Згідно ГОСТ 27065-86 [57], «якість води – це сукупність фізичних, хімічних і біологічних властивостей води з урахуванням вимог конкретних водокористувачів». В «Екологічній енциклопедії» (2008) дано таке визначення: «якість води – характеристика складу води і властивостей води як компонента водної екосистеми і життєвого середовища гідробіонтів, а також в контексті придатності її для конкретних цілей водокористування» [58]. Обидва визначення недостатньо коректні тому, що у води немає «біологічних властивостей», а критерії водокористувачів різні. Екологічне розуміння якості поверхневої води ґрунтується на тому, що вона є найважливішою складовою водної екосистеми, її якість є результатом їх функціонування, а сама вода є єдиним можливим середовищем для гідробіонтів [59]. У водогосподарському аспекті якість поверхневої води – це її характеристика, згідно з якою вона є придатною чи непридатною за своїм складом і властивостями для різних видів водокористування (водоспоживання). Говорячи про якість вод, мають на увазі їх стан, про який судять по набору показників. Показники якості води – сукупність фізичних, хімічних та біологічних характеристик води [60]. Існує поділ показників на загальні (характерні для будь-яких водних об'єктів) та специфічні, присутність яких у воді обумовлена як місцевими природними умовами, так і особливостями антропогенного впливу на водний об'єкт [61]. Кількісні характеристики складу і властивостей води, виражені числовими значеннями, називаються критеріями якості поверхневих вод [33]. Набір

показників якості для різних користувачів може бути різним і залежить від вимог, які висуває кожен користувач до складу й властивостей вод. Основне призначення згаданого набору показників – оцінка якості вод. Отже, якість поверхневих (річкових) вод – це їх стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод [9].

Оскільки за останні 30 років законодавчий світогляд втратив суто антропоцентричну спрямованість, сучасне розуміння нормативів якості НПС пов'язується також з забезпеченням сталого функціонування природних екосистем та запобіганням їх деградації [62]. Якість води в такому розширеному трактуванні є чільним фактором абіотичного середовища, що визначає стійкість розвитку і ступінь деградації окремих гідробіологічних компонентів екосистеми.

Вимоги, що висуваються різними користувачами до складу і властивостей вод, різні й часом суперечливі. Тому оцінити якість вод можна тільки для якогось конкретного користувача. Оцінка якості поверхневих (річкових) вод – визначення їх придатності для практичних цілей; здійснюється на основі державних стандартів і нормативів [51, 63 - 65]. Для різних видів водокористування для широкого ряду традиційних параметрів якості води розроблені свої вимоги (критерії) якості [12].

Основними нормами якості поверхневих вод є гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднювальних речовин: санітарно-гігієнічні, які входять до складу санітарних норм, і рибогосподарські, які входять до складу рибогосподарських норм [51].

Перелік обов'язкових показників якості вод протягом останніх 100 років у зв'язку з ростом антропогенних навантажень на водні об'єкти розширювався в такому напрямку: органічні речовини → розчинні солі → зважені речовини → важкі метали → показники евтрофування → нітрати → органічні мікробабуднювачі → хлоровані вуглеводні → показники закислення вод [12].

Таким чином, якість води – характеристика складу і властивостей води,

яка визначає придатність її для конкретних видів водокористування; її стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод. Причому в контексті цієї роботи ураховуються як екологічна, та і водогосподарська складова визначення якості річкової води.

За хімічним складом природні води являють собою складні багатокомпонентні водні розчини. До їх складу входять неорганічні (мінеральні) і органічні речовини, гази, мікроорганізми. Важливішим показником якості води є її хімічний склад [66]. В природних водах виявлено переважну більшість хімічних елементів, які знаходяться у вигляді простих іонів ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), складних іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), молекул і колоїдів ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ), розчинених газів ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  тощо).

Неорганічні (мінеральні) речовини. Кількість і розповсюдження цих речовин в природних водах різна, а тому виділяють макро- та мікрокомпоненти [67]. Макрокомпоненти визначають хімічний тип води. У природних водах найбільшу кількість і розповсюдження мають головні катіоногенні (Ca, Mg, Na, K, Fe) та аніоногенні (Si, C, S, Cl) елементи. Стійкість і можливість накопичення окремих компонентів у водах даної мінералізації обумовлюється розчинністю сполук, які утворені головними катіоногенними елементами з головними аніононогенними. У більшості природних вод до основних аніонів відносяться  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , а до основних катіонів –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Збільшення мінералізації природних вод здійснюється за рахунок появи в розчинах все більш розчинених сполук. Значна частина хімічних елементів (мікрокомпонентів) у водах знаходиться в дуже низьких концентраціях. Вони не визначають хімічний тип води, але можуть визначати специфічні властивості природних вод. Наприклад [64], Fe, As, V, Br, I, F та ін. визначають бальнеологічні властивості природних вод, а вміст I, Br, V, Li, Rb, Sr, Cs, Ge, W – промислову цінність вод. Крім того, вміст мікрокомпонентів природного та антропогенного походження має дуже важливе значення при оцінці якості природних вод господарсько-питного, рибогосподарського, іригаційного та іншого призначення.

Багато металів утворюють досить міцні комплекси з органічними речовинами; ці металоорганічні комплекси є однією з найважливіших форм міграції елементів у природних водах [68]. Більшість органічних комплексів утворюються по хелатних циклах і є стійкими. Комплекси, що утворюються ґрунтовими кислотами із солями Fe, Al, Ti, U, V, Cu, Mo та інших металів, відносно добре розчинені в умовах нейтрального, слабнокислого та слаболужного середовища. Тому металоорганічні комплекси здатні мігрувати в природних водах на досить значні відстані. Особливо важливо це для маломінералізованих і, в першу чергу, поверхневих вод, в яких утворення інших комплексів неможливо.

Органічні речовини. Природні води містять широку гамму органічних сполук всіх біохімічних груп (вуглеводи, білки, ліпіди) і класів (вуглеводні, спирти, ефіри, карбонові кислоти, аміни тощо). Загальний вміст органічних речовин визначається кількістю органічного вуглецю ( $C_{org}$ ) або величиною окислювальності перманганатної, біхроматної ( $mgO/dm^3$ ). Частина органічних речовин надходить в готовому вигляді (гумусові речовини, феноли, вуглеводні та ін.), а інша частина є продуктом складних фізико-хімічних і біохімічних процесів [69]. Органічні речовини в тій чи іншій мірі беруть участь у біогеохімічних процесах і обумовлюють якість природних вод, але підвищені концентрації нафтопродуктів, фенолів та інших органічних сполук антропогенного походження негативно відображаються на якості вод господарсько-питного, рибогосподарського та іншого призначення.

Водорозчинні гази за походженням поділяються на [67]: повітряні, які надходять із атмосфери; біохімічні, що утворюються при розкладанні мікробами органічних і мінеральних речовин; хімічні, які утворюються при взаємодії води і породи; радіоактивні і ядерних реакцій. Найбільш хімічно активними є  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ . Водорозчинні гази приймають участь у формуванні гідрохімічних властивостей (наприклад, утворення гідрокарбонатів пов'язано з реакцією  $CO_2 + OH^- \rightarrow HCO_3^-$  і обумовлює якість природних вод (наприклад, рівень аерації)). Відомо [68], що на інтенсивність

всіх фізико-хімічних, біологічних і біохімічних процесів в природних водах впливає розчинений кисень.

У зарубіжних наукових працях Дж. Дрівера, Д. Лівінгстона, Дж. Хема, Б. Хітчона, А. Лермана, В. Стамма та ін. [74 - 79] достатньо багато уваги приділяється не тільки вивченню складу різних генетичних типів природних вод (річкових, озерних, підземних, морських), а також, крім відомих теоретичних положень, вивчаються прикладні моменти з описом великої кількості прикладів. Найчастіше в зарубіжних виданнях зустрічаються такі напрямки досліджень: вивчення хімічного складу природних вод та процесів його формування, характеристика процесів іонного обміну, розглядаються можливості математичного моделювання геохімічних процесів, пов'язаних з природними водами. Доречі є дивним те, що в якості факторів довкілля, які впливають на склад природних вод, розглядаються тільки тип гірських порід, рельєф, клімат, рослинність та тривалість контакту вод з природними компонентами довкілля [74], але мова не йде про антропогенну складову довкілля, та антропогенні фактори формування якості поверхневих вод не аналізуються.

Слід зазначити, що хімічний склад річкових вод відрізняється великою мінливістю в часі, так як залежить від цілого ряду чинників, що безперервно змінюються. Хімічний склад річкової води визначається, насамперед, складом тих вод, які живлять дану річку. Під час повені ріка одержує велику кількість вод поверхневого стоку, під час межені такі води надходять в річку тільки періодично, під час дощів, в решту часу річка живиться ґрунтовими водами. Для річок характерна безперервна зміна води, в результаті чого річкові води відносно мало випаровуються і порівняно слабо впливають на пережиті раніше ґрунти річкового ложа, але інтенсивно взаємодіють з атмосферним повітрям. Ці умови визначають наступні особливості хімічного складу річкових вод [73]: 1) малу в порівнянні з іншими водними об'єктами мінералізацію; 2) швидку змінність, яка відбувається під впливом гідрометеорологічних умов; 3) слабкий вплив на іонний і газовий склад

біологічних процесів і, нерідко, значний вміст органічних речовин;  
4) постійна присутність у воді розчинених газів, що знаходяться в атмосфері, і мізерно малу кількість газів, які не перебувають у ній.

Хімічний склад природних вод і закономірності його зміни під впливом природних (хімічних, фізичних і біологічних) та антропогенних чинників є предметом вивчення сучасної гідрохімії [66 - 68], де виділяються такі основні розділи: формування хімічного складу природних вод; хімічний склад і гідрохімічний режим різних видів природних вод, залежність від фізико-географічних умов та антропогенного впливу на навколишнє природне середовище; методика хімічного аналізу природних вод.

Розділ про формування хімічного складу природних вод, який досить близький до геохімії [71 - 73], включає вивчення води як розчинника складного комплексу мінералів земної кори і дослідження хімічних процесів, що відбуваються у воді при взаємодії з гірськими породами, ґрунтами і атмосферним повітрям. В ньому розглядаються важливі фундаментальні питання кругообігу речовин і міграції елементів у гідросфері.

Розділ про хімічний склад і гідрохімічний режим поверхневих вод безпосередньо пов'язаний з гідрологією вод і вивчає хімічний склад води річок, озер і водосховищ, його сезонні коливання, а також формування в залежності від фізико-географічних умов. Особлива увага приділяється формам (іони або неіонна) находження хімічних елементів у водах, питанням формування іонного стоку, вивченню закономірностей і причин просторо-часового розподілу макро-, мезо- та мікрокомпонентів та інших гідрохімічних показників, кореляційних зв'язків між ними. Як приклад, можна навести основні напрямки гідрохімічних і гідроекологічних досліджень на кафедрі гідрології та гідроекології Київського національного університету імені Тараса Шевченка: гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок; вплив атомних електростанцій (АЕС) на поверхневі води; стік хімічних речовин з річковими водами; вміст важких



металів у поверхневих водах у районах водозаборів; класифікація природних вод за мінералізацією [25].

Безумовно, такий підхід дуже важливий і дозволяє виявляти закономірності зміни хімічного складу вод під впливом природних та антропогенних чинників, але для цього необхідно проведення цілеспрямованих гідрохімічних досліджень.

Взагалі при визначенні антропогенної складової хімічного забруднення води виникають певні труднощі. Нагадаємо, що хімічне забруднення – це зміна природних хімічних властивостей середовища, що перевищує середні багаторічні коливання кількості будь-яких речовин для певного періоду, або надходження в середовище речовин, не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму [50]. Наприклад, мінералізація річкових може змінюватися під впливом як природних, так і антропогенних факторів. Між мінералізацією води і її хімічним складом існує такий зв'язок: у воді невисокої мінералізації переважають іони  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{Ca}^{2+}$ , а у воді високої мінералізації –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$ ; іони  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  більш характерні для води, яка займає проміжне за мінералізацією положення між невисокою і високою мінералізацією [67, 73]. Всі основні складові мінералізації можуть надходити в річку у складі зворотних вод, але провести межу між генетичними типами типових гідрохімічних параметрів дуже складно.

Часто в наукових працях дослідники намагаються пов'язати зміни мінералізації і концентрацій головних іонів у річкових водах із впливом діяльності людини на водні об'єкти [82]. Загальновідомо [10], що мінералізація річкових вод в густонаселених районах неухильно зростає, особливо при зарегульованому стоці (збільшення площі випаровування) і розвиненому зрошенні в сільському господарстві (посилений дренаж ґрунтів, потрапляння мінеральних добрив і пестицидів з полів у водотоки), але даний показник не може висвітлити реальний рівень антропогенного впливу на водні екосистеми, так як окрім змін концентрацій головних іонів в результаті антропогенного впливу у водні об'єкти потрапляє велика кількість ЗР

антропогенного походження, які формують загальний рівень забруднення водного середовища. В результаті тривалих досліджень В.В. Циркунов [35] зробив висновки про те, що використання в якості оцінок антропогенного впливу на води річок концентрацій головних іонів та мінералізації призводить до значних помилок, а тому оцінку антропогенного впливу на якість води неможливо виконати на основі даних про мінералізацію та концентрації основних іонів.

Вся суть антропогенного фактору зводиться до виявлення впливу поверхневого стоку з водозбору на вміст головних іонів у поверхневих водах [20]. Такі складні та багатокomпонентні поняття як «формування хімічного складу природних вод» та «антропогенний вплив» зводяться до їх часткових складових. Керуючись тим, що було зазначено вище, доречно відмітити, що головні іони – це далеко не єдині складові компоненти природних вод, а в поняття «антропогенне навантаження» включаються багато різноманітних факторів, більшість з яких є набагато значущими, ніж поверхневий стік з водозбору (навіть не з урбанізованої території).

Ще складніше визначати антропогенну складову основних мінеральних сполук азоту ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), фосфору ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), а також органічних сполук азоту ( $\text{N}_{\text{орг}}$ ) і фосфору ( $\text{P}_{\text{орг}}$ ), що утворюються в процесі життєдіяльності гідробіонтів і при деструкції органічних речовин. Надходження біогенних речовин визначає рівень первинної біологічної продуктивності і рівень евтрофування водних екосистем. Режим біогенних речовин у водних екосистемах залежить від надходження з природних і антропогенних джерел. Антропогенні біогенні речовини (насамперед, сполуки фосфору і азоту) можуть потрапляти в поверхневі води у складі комунально-побутових, сільськогосподарських, промислових та зливових стоків. В багатьох випадках саме вони є причиною інтенсивного розвитку фітопланктону, що приводить до погіршення якості річкових вод і проблем при використанні їх в господарсько-питних і рибогосподарських цілях.

Крім того, значна частина біогенних речовин надходить у водні об'єкти при ерозії ґрунтового покриву, яка провокується антропогенною діяльністю [81].

Таким чином, використання типових гідрохімічних характеристик (мінералізації, жорсткості, лужності, головних іонів тощо) для визначення антропогенного впливу проблематично, що пов'язані зі складністю визначення їх генезису. Тим не менше, деякі гідрохімічні характеристики використовуються як «загально-санітарні хімічні показники якості» поверхневих вод, а при визначенні індексу забруднення води (ІЗВ), який розраховується за шістьма показниками ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ , органічні речовини за БСК<sub>5</sub>, нафтопродукти, феноли) поєднуються типові природні та антропогенні інгредієнти.

Починаючи з 1970-х років почав застосовуватися ландшафтно-генетичний метод для гідрохімічного вивчення території України. В роботі В.І. Пелешенка (1975) вперше вказується, що фізико-географічне районування є найбільш прийнятним для гідрохімічних досліджень, оскільки є найбільш повним. За одиницю районування обиралися фізико-географічні області, при виділенні яких враховувалися геолого-геоморфологічні особливості, які викликають суттєві зміни одного або декількох елементів теплового, водного або гідрохімічного балансів [82].

З урахуванням природних та антропогенних факторів вченими Київського національного університету виконане районування території України за типами формування фізико-хімічних умов у природних водах. Виходячи з особливостей і ступеня впливу тих чи інших факторів, виділено ряд таксономічних одиниць (зона, провінція, область, район) і показано, які чинники впливають на формування гідрохімічних умов у межах конкретних площ районування. При цьому враховано, що провідні чинники формування окремих показників гідрохімічних умов в атмосферних, поверхневих і підземних водах впливають однаковою мірою в межах усіх виділених одиниць районування. За даними про хімічний склад води виділялися площі з

його однаковими умовами формування, а саме площі, в межах яких зберігається наявність одного і того ж ведучого фактора (однорідні гідрохімічні поля). В основу виділення гідрохімічних полів, поруч з районуванням за умовами формування фізико-хімічної обстановки в природних водах суші, як вказувалось вище, було покладене фізико-географічне районування. Найменування кожного гідрохімічного поля визначалося назвою відповідної фізико-географічної області [83].

### 3 МЕТОДИКИ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ТА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД

#### 3.1 Методики оцінки якості поверхневих вод за індексами забрудненості води

Існує низка спроб характеризувати ступінь забрудненості води за допомогою одного узагальненого показника [11]. Прикладом такого показника є індекс забрудненості  $I_3$  [34], який дорівнює:

$$I_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \quad (3.1)$$

Зручність в застосуванні такого методу оцінки якості води полягає в тому, що застосовується  $I_3$  до всіх показників якості, які має дослідник. Та головна небезпека полягає у тому, що в такому випадку буде мати місце синергізм, коли присутність однієї речовини посилює токсичність іншої, або коли дві токсичні речовини створюють сполуку, токсичність якої значно вища, ніж початкові.

Методика оцінки якості води за індексом забрудненості води (ІЗВ) рекомендована для використання підрозділам Держкомгідромету [34]. Визначення індексу забруднення води – це одна із найпростіших методик комплексної оцінки якості води. Розрахунок ІЗВ проводиться за обмеженим числом інгредієнтів (для морських вод – не менше 4, для поверхневих вод суші – не менше 6). Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>. Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх ГДК. При

цьому у випадку розчиненого кисню величина ГДК ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки. ІЗВ розраховується за формулою:

$$IЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (3.2)$$

де  $n$  – кількість показників.

$C_i$  – середня концентрація  $i$ -го показника складу води;

$ГДК_i$  – ГДК  $i$ -го показника складу води .

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяються такі класи якості води:

I – дуже чиста ( $IЗВ \leq 0,3$ );

II – чиста ( $0,3 < IЗВ < 1$ );

III – помірно забруднена ( $1 < IЗВ < 2,5$ );

IV – забруднена ( $2,5 < IЗВ < 4$ );

V – брудна ( $4 < IЗВ < 6$ );

VI – дуже брудна ( $6 < IЗВ < 10$ );

VII – надзвичайно брудна ( $IЗВ > 10$ ).

Існує модифікована методика розрахунку ІЗВ, коли частина показників є постійною, а в якості інших беруть показники з найбільшими відношеннями до ГДК. Це дозволяє більш повно використовувати наявну гідрохімічну інформацію. До обов'язкових показників відносяться БСК<sub>5</sub> і розчинений кисень (для морських вод – лише розчинений кисень). Інші чотири вибираються зі списку: сульфати, хлориди, ХСК, азот нітритів, нітратів, амонійний, фосфор фосфатів, залізо загальне, марганець, мідь, цинк, хром, нікель, алюміній, свинець, ртуть, миш'як, нафтопродукти, СПАР [84].

Найповнішу і надійну оцінку якості водних об'єктів з екологічних позицій може дати такий спосіб оцінки якості води, який буде враховувати ефект сумачії ЗР у водному середовищі. Одним з найдосконаліших методів

оцінки якості вод є застосування інтегрального показника  $L_j$ , який розраховується для кожної групи шкідливості  $j = 1, \dots, 5$  та характеризує якість води за кожною лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ) [49]:

$$L_{ij} = \sum_{j=1}^{N_j} \frac{C_{ij}}{ГДК_{ij}}, \quad (3.3)$$

де  $N_j$  – кількість речовин у  $j$ -тій групі ЛОШ;

$ГДК_{ij}$  – ГДК для концентрації  $C_{ij}$  речовини в  $j$ -тій групі сумачії.

Допустимими вважаються значення  $L_{ij} \leq 1$ . Якість води характеризує самий пріоритетний  $i$ -тий показник за  $j$ -тою ЛОШ, для якого повинна виконуватися така умова:

$$\frac{C_{ij}^*}{ГДК_{ij}^*} = \max \frac{C_{ij}}{ГДК_{ij}}. \quad (3.4)$$

Показники, внесок яких у відповідний інтегральний показник  $L_i$  менше 10 %, вважаються несуттєвими, тобто такими, які не несуть в собі значного впливу на якість води.

### 3.2 Методика оцінки стану водних об'єктів за ступенем використання їх водних ресурсів

Використання річок та водойм тісно пов'язане з рівнем господарської діяльності у їх басейнах. За мірою інтенсифікації народного господарства зростає і необхідність в охороні довкілля, більш жорсткому контролю за використанням природних вод, введенням обмежень, нормуванні, а іноді й забороні використання тих чи інших водних об'єктів. Останні повинні використовуватися у галузях та комплексних системах постачання й

споживання води у розмірі і режимах, які включають можливість подальшого використання водних ресурсів в інших місцях і територіях. Крім того, їх використання не повинно негативно впливати на стан природно-господарського середовища [52, 53].

Встановлено [38], що найбільш інформативними показниками екологічного стану річок є такі: об'єм води, що забирають із річки ( $W_з$ , млн.м<sup>3</sup>); об'єм втрат річкового стоку завдяки відбору підземних вод, які гідравлічно зв'язані із річковою мережею ( $W_в$ , млн.м<sup>3</sup>); фактичний об'єм стоку ( $W_ф$ , млн.м<sup>3</sup>); об'єм скиду зворотних вод у річкову мережу ( $W_с$ , млн.м<sup>3</sup>); об'єм скиду забруднених вод ( $W_{з.в}$ , млн.м<sup>3</sup>).

При виконанні оцінки стану річок за ступенем використання їх стоку необхідно розрахувати такі показники [38]:

а) показник використання стоку річок ( $g_{pc}$ , %):

$$g_{pc} = \frac{W_з + W_в}{W_ф + W_с} \cdot 100\% . \quad (3.5)$$

б) показник безповоротного водоспоживання ( $g_{bc}$ , %):

$$g_{bc} = \frac{W_з + W_в - W_с}{W_ф} \cdot 100\% . \quad (3.6)$$

в) показник надходження стічних вод у річкову мережу ( $g_{nc}$ , %):

$$g_{nc} = \frac{W_{\bar{n}}}{W_{\bar{o}}} \cdot 100\% \quad (3.7)$$

г) показник скиду забруднених вод у річку ( $g_{cb}$ , %):



$$g_{ca} = \frac{W_{\epsilon.\hat{a}}}{W_{\hat{o}}} \cdot 100\% . \quad (3.8)$$

За допомогою спеціальної шкали (табл. 3.1) первинні показники ( $g_i$ ) трансформуються у прості оціночні бали, і на їх основі за допомогою формули (3.8) розраховують складний бал використання водних ресурсів:

$$K_{pc} = \sum_{i=1}^n f_i \cdot Y_i, \quad (3.8)$$

де  $K_{pc}$  – комплексний показник (індекс) використання водних ресурсів річки;  $f_i$  – вагові коефіцієнти, які визначаються експертним методом або за даними таблиці (див. табл. 3.1);  $Y_i$  – значення окремих показників (у балах) використання водних ресурсів.

На основі окремих характеристик річки обчислюють комплексний показник використання водних ресурсів річки, а потім за шкалою складних балів встановлюють стан використання її водних ресурсів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Шкала критеріїв оцінки стану річки за ступенем використання її водних ресурсів [38].

Показники використання водних ресурсів	Градації простих балів					Вагові коефіцієнти, $f_i$
	1	2	3	4	5	
Використання стоку ( $g_{pc}$ )	>20	20-16	15-11	10-6	<6	0,1
Безповоротного водоспоживання ( $g_{bc}$ )	>25	25-20	19-15	14-10	<10	0,2
Надходження стічних вод у річкову мережу ( $g_{nc}$ )	>75	75-50	46-16	15-6	<6	0,3
Скиду забруднених вод ( $g_{cb}$ )	>10	10-6	5-3	2-1	<1	0,4
Оцінка в балах (прості бали)	-5	-3	-1	1	3	
Якісна характеристика стану	а)	б)	в)	г)	д)	

Таблиця 3.2 – Шкала комплексної оцінки стану використання водних ресурсів [38]

Характеристика	Клас стану використання				
	1	2	3	4	5
Градації показника $K_{pc}$	2,2	2,2-0,8	0,8-(-2,2)	(-2,2)-(-3,2)	<-3,2
Якісна характеристика	д)	г)	в)	б)	а)

Якісна характеристика стану використання водних ресурсів (табл. 3.1, 3.2) визначається таким чином: а) – катастрофічний; б) – дуже незадовільний; в) – незадовільний; г) – задовільний; д) – добрий.

## 4. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

### 4.1 Проблеми водних об'єктів Запорізької області та можливі напрямки їх подолання

Основним джерелом прісної води для майже 70% населення країни є басейн р. Дніпро. Разом з тим, екосистема Дніпра цілковито деградована, порушені практично всі вертикальні та горизонтальні зв'язки між біотичними та абіотичними елементами [85].

Головними причинами кризової ситуації, що склалась на території Запорізької області, є будівництво каскаду водосховищ, що докорінно змінило динаміку стоку, концентрація великих промислових комплексів в басейні, величезні об'єми водозабору для промисловості та сільського господарства, а також сильні забруднення.

Найбільшими забруднювачами є комунальне господарство, металургія, коксохімія, машинобудування та сільське господарство, а основними забруднюючими речовинами – важкі метали, нафтопродукти, феноли, азот амонійний та нітритний, біогенні речовини, штучні неорганічні та органічні сполуки токсичної групи, синтетичні поверхнево-активних речовин.

Тільки кауалізаційні системи м. Запоріжжя щорічно скидають в Дніпро близько 170 млн.куб.м забруднених стічних вод; комбінат «Запоріжсталь» щорічно скидає за різними джерелами від 68 до 104 млн.куб.м неочищених стоків. Згідно з [86] промислові підприємства Запорізької та Дніпропетровської областей є основними забруднювачами Дніпра (75% від загального скиду забруднених стоків). Майже третина (2,9 млрд.куб.м) з 9,1 млрд.куб.м стоків, які потрапляють до українських водосховищ, є забрудненою [87].

Попередні дослідження дозволили виявити присутність у водоймах Запорізької області України катіонів важких металів ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) в кількостях, що перевищують ГДК [88]. Такі речовини здатні утворювати в водному середовищі аквакомплекси та мати несталий склад у присутності численних різноманітних речовин. Солі важких металів в воді знаходяться в розчиненому та адсорбованому стані, що залежить від хімічного складу води, температури і рівня рН.

Залізо, марганець, мідь, цинк та кобальт є важливими для розвитку та функціонування водних організмів, проте вони проявляють токсичний вплив при концентраціях, вищих за встановлені ГДК. Нікель, кадмій, хром і свинець є типовими токсикантами. Вкрай важливого значення окрім концентрації важких металів набуває стан, в якому вони знаходяться в водному середовищі. Однією з найтоксичніших форм є вільні або гідратовані іони. Максимальна токсичність свинцю досягається для металорганічних сполук. Важкі метали мають високу схильність до взаємодії з фізіологічно важливими органічними сполуками рослинних та тваринних організмів. В організм людини вони потрапляють переважно трофічним ланцюгом. Нікель, хром і кадмій провокують виникнення онкологічних захворювань. Кобальт, свинець, кадмій і хром концентруються у репродуктивних органах та призводять до безпліддя. Накопичення  $\text{Co}$  та  $\text{Zn}$  спричиняє розвиток серцево-судинних захворювань.

Природний донний осад та поверхнева плівка є зонами концентрування забруднюючих воду речовин. Зазвичай важкі метали піддаються процесам комплексоутворення, накопичуються в донних відкладеннях у вигляді гідрооксидів, карбонатів, сульфідів, фосфатів та залучаються до глобальних біогеохімічних циклів. В той же час при накопиченні важких металів в донних відкладеннях, їх адсорбції та седиментації відбувається значне зниження токсичної дії таких елементів [89].

Аналіз проб води малих річок Запорізької області свідчить про аномально високий вміст заліза, нікелю, міді та кадмію. Аналізи проб води

р. Дніпро та Каховського водосховища показали аномально високий вміст заліза, мангану та цинку. Аналіз води за сухим залишком показав тенденцію зменшення концентрації гідрокарбонату кальцію. Концентрація хлоридів та сульфатів магнію, натрію, калію у воді продовжує зростати. В зоні впливу міста спостерігалось погіршення якості води та значне зниження біопродуктивних характеристик.

Крім того, питна вода є потенційно небезпечною у вірусологічному контексті, а технологічно старі водоочисні споруди мають вкрай низьку бар'єрну функцію [89]. Часто навіть очищена вода в період інтенсивного «цвітіння» водосховищ практично непридатна до вживання. Проведені на Каховському водосховищі дослідження свідчать про збільшення кількості завислих речовин, зростання кольоровості до 70-80 градусів, прозорості – до 3 - 4 см, присмаків та запахів – до 3 - 4 балів.

Накопичення біомаси водоростей супроводжується заморними явищами, виділенням у воду пахучих речовин і токсинів, що викликають ураження нервової, імунної та травної систем людини.

Подолання проблем водних ресурсів неможливе без спостереження за станом водойм, врахування динаміки змін та прогнозування розвитку ситуації, тобто без застосування дієвої системи моніторингу водних об'єктів. Моніторинг є головним показником змін у довкіллі. Моніторинг екологічного стану водойм наряду з порівнянням вмісту розчинених металів у воді з ГДК має включати оцінку ступеня токсичності окремих форм важких металів, їх спроможності до міграції та трансформації.

Згідно до положень Водної Рамкової Директиви ЄС та відповідних методик оцінювання екологічного стану басейну річок, поряд з гідрохімічними характеристиками, що визначаються в межах контролю якості води, необхідно мати дані гідроморфологічних та гідробіологічних досліджень водних об'єктів, які б дозволили отримати інтегральне оцінювання їх складу.

Одним з можливих варіантів розв'язання проблеми, що постала перед водними об'єктами України в цілому та Запорізької області зокрема є басейновий принцип управління водогосподарським комплексом зі складанням плану управління для кожного річкового басейну та квотуванням водокористування.

Серед пріоритетних напрямів розвитку водного господарства можна виділити створення геоінформаційної системи оцінювання, прогнозування і моніторингу водних ресурсів у водозбірних басейнах з банком еколого-господарської інформації про водний фонд, використання водних ресурсів, якість води тощо. Відповідно, такі системи мають об'єднувати дані моніторингу стану поверхневих вод басейнів великих річок, дані водокористування та дані про водний фонд регіонів. Як джерела моніторингової інформації мають стабільно функціонувати Басейнове управління водними ресурсами, Державні екологічні інспекції в областях басейну, Обласні управління водного господарства, Обласні центри з гідробіології та Обласні санітарноепідеміологічні станції.

Паспортизація водних об'єктів дає змогу розробити оптимальні режими їх роботи, оцінити пропускну спроможність водоочисних споруд та можливий вплив шкідливої дії вод під час весняних повеней та паводків. Паспортизація малих річок Запорізької області дозволить здійснювати екологічне оцінювання якості води водних об'єктів місцевого значення, які не досліджувались за основними програмами моніторингу.

Важливим кроком є підвищення ролі регіону в управлінні водокористуванням – поширення на рівень обласної, районних та інших місцевих Рад, а також місцевих органів виконавчої влади повноважень, що стосуються погодження дозволів на спеціальне водокористування, встановлення квоти забору й використання води, нормативів збору за спеціальне водокористування. Зменшення лімітів забору та використання води, нормативів збору за спеціальне водокористування, використання більш жорстких важелів регулювання водокористування, доповнених

дисциплінарною, адміністративною, цивільно-правовою або кримінальною відповідальністю за їх порушення є вкрай нагальним для ефективної охорони водного басейну Запорізької області.

Вода є ресурсом з відкритим доступом, нестача якого не відображається в ринкових цінах. В зв'язку з цим економічні стимули для заощадливого використання води недостатні. Саме тому необхідно враховувати соціальну вартість водних ресурсів – вартість кожного виробу повинна містити квоту чистої продукції та споживну вартість. Запровадження приватної та колективної форм власності на окремі водні об'єкти, що є джерелом забору води для задоволення господарсько-побутових потреб населення і промислового водопостачання, може стати визначальним в контексті екологічно безпечного водокористування та зниження рівня забрудненості водою.

Для забезпечення екологічної безпеки при будівництві нових та реконструкції функціонуючих об'єктів, які використовують воду, необхідно передбачити здійснення екологічної оцінки із залученням громадськості та підтримання широкої гласності таких проектів. Рушійною силою якісно нових підходів управління водогосподарським комплексом має стати залучення недержавних і громадських організацій при реалізації екологічної політики та підвищення рівня інформованості населення щодо цих питань [90].

#### 4.2 Характеристика водоспоживання та водовідведення як антропогенних факторів формування якості поверхневих вод Запорізької області

За даними узагальнення звітів про використання води за формою №2ТП-водгосп (річна) за 2016 рік, виконаним Запорізьким регіональним

управлінням водних ресурсів, загальний обсяг забору води склав 1094,0 млн.м<sup>3</sup>, що на 87,0 млн.м<sup>3</sup> або на 7,4% менш у порівнянні з 2015 роком, відповідно зменшилося і використання води на 69,0 млн.м<sup>3</sup> та склало 1081,0 млн.м<sup>3</sup> [2].

Динаміка загального обсягу забору, використання та скиду зворотних вод по області, в першу чергу, залежить від найбільшого користувача водних ресурсів ВП «Запорізька ТЕС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», яка працює на прямотоці [2].

Більшістю водокористувачів області скорочено забір і використання води. Це обумовлено різними обставинами, в тому числі, за рахунок раціонального використання водних ресурсів, зміни виробничих умов, скорочення виробництва та інше [2].

Обсяг скидання зворотних вод у водні об'єкти у 2016 році склав 873,3 млн.м<sup>3</sup>, з них 64,3 млн.м<sup>3</sup> забруднених. Обсяг відведення забруднених зворотних вод до водних об'єктів області складає 7,36% від загального обсягу скидання. Зменшення загального обсягу скидання зворотних вод у водні об'єкти пояснюється зменшенням забору і використання води ВП «Запорізька ТЕС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», зменшенням продувних вод ставка-охолоджувача ДП НАЕК «Енергоатом» ВП Запорізька АЕС [2].

За останні декілька років у Запорізькій області у цілому спостерігається тенденція щодо скорочення обсягів скидання забруднених зворотних вод до водних об'єктів області. Збільшення або зменшення обсягів скиду забруднених зворотних вод залежить від обсягів виробництва основними підприємствами-забруднювачами водних об'єктів, і в першу чергу, від ПАТ «Запоріжсталь». Доля комбінату в загальному обсязі скидання забруднених зворотних вод в цілому по області складає 84,4%. Зменшення скидання забруднених зворотних вод підприємством обумовлено скороченням виробництва чавуну та сталі через зупинку на капітальні ремонти доменних печей № 3 та № 4 та впровадження заходів щодо скорочення скиду зворотних вод [2].



Обсяги скидання забруднених зворотних вод іншими водокористувачами залишились на попередньому рівні, або мають тенденцію до скорочення за рахунок зменшення обсягів виробництва, впровадження заходів з раціонального використання водних ресурсів, більш ефективного використання водооборотних циклів та підвищення дієвості економічних важелів регулювання водокористування [2].

Динаміка загальних обсягів забору, використання води та водовідведення наведена у таблиці 4.1, яка заповнена за даними узагальнення звітів форми 2-ТП (водгосп), виконаним Запорізьким регіональним управлінням водних ресурсів.

Таблиця 4.1 – Основні показники використання і відведення води, млн.м<sup>3</sup> [2, 3].

Показники	2013	2014	2015	2016	2017
Забрано води з природних водних б'єктів – всього, у т. ч. для використання:	1244,0	1149,0	1181,0	1094,0	1218,0
поверхневої			1135,59	1048,31	1171,0
підземної			45,41	45,69	46,51
Спожито свіжої води (включаючи морську) з неї на:	1237,0	1146,0	1150,0	1081,0	1226,0
- виробничі потреби	997,1	900,5	986,9	924,4	1043,0
- побутово-питні потреби	93,17	87,56	71,35	69,52	65,53
- зрошення	63,00	65,72	67,72	85,98	112,9
- сільськогосподарські потреби	3,066	2,790	1,95	0,60	0,539
- ставково-рибне господарство	80,24	88,77	71,36	68,28	69,47
Втрати води при транспортуванні	66,66	64,97	65,79	68,17	67,93
Загальне водовідведення	926,3	831,0	954,7	873,3	980,1
з нього у поверхневій водній об'єкти	902,7	806,98	930,4	849,36	956,1
у тому числі забруднених зворотних вод, з них:	77,25	73,32	70,04	64,3	64,17

Продовження табл. 4.1.

Показники	2013	2014	2015	2016	2017
- без очищення	1,383	2,027	2,06	1,46	0,384
- нормативно очищених	53,47	53,53	50,82	48,06	44,81
- нормативно чистих без очистки	772,0	680,1	809,6	737,0	847,1
Обсяг оборотної та послідовно використаної води	9893,0	9739,0	9722,0	8100,2	-
Частка оборотної та послідовно використаної води, %	94,72	94,71	94,53	94,01	-
Потужність очисних споруд перед скиданням до водного об'єкта	403,2	403,7	393,2	393,3	-

За даними [3] про показники використання води за видами економічної діяльності у 2017 році та двох попередніх років побудовані рисунки з наглядним представленням структури використання водних ресурсів за галузями економіки (рис. 4.1 – 4.3).



Рисунок 4.1 – Показники використання води за видами економічної діяльності у 2015 р. [за автором].

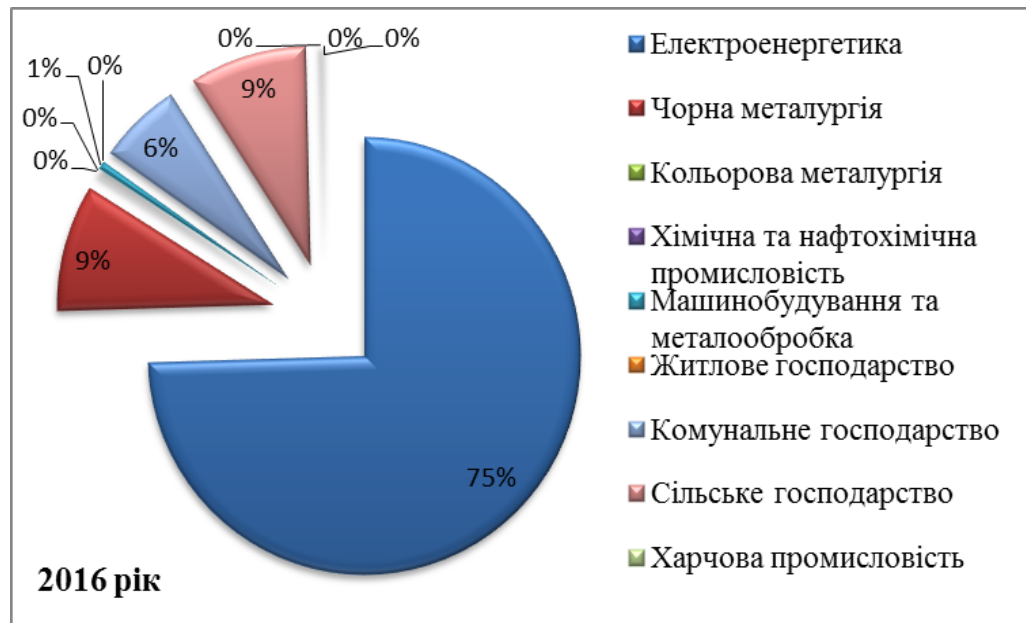


Рисунок 4.2 – Показники використання води за видами економічної діяльності у 2016 р. [за автором].

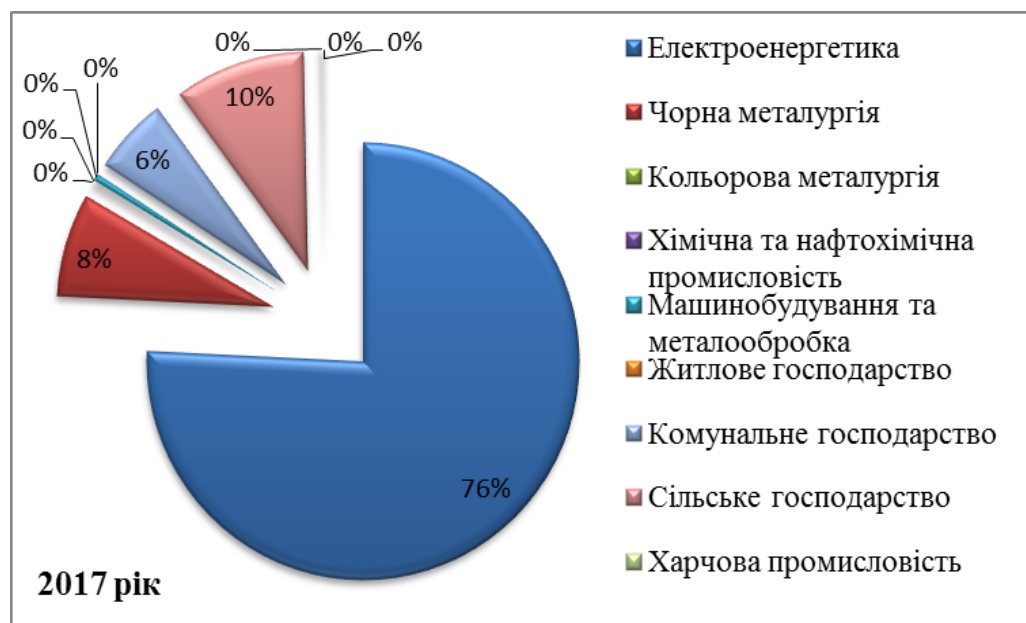


Рисунок 4.3 – Показники використання води за видами економічної діяльності у 2017 р. [за автором].

Найбільш водосемкими галузями економіки області є електроенергетика – використано 802,3 млн.м<sup>3</sup> води, що складає 74,2% загального обсягу використаної води, металургія – відповідно 103,023 млн.м<sup>3</sup> і 9,5% та житлово-комунальний сектор – відповідно 69,94 млн.м<sup>3</sup> та 6,5% [2].

Виявлено, що обсяги споживання свіжої води впродовж трьохрічного періоду дослідження практично не змінилися (у 2015 р. – 1150 млн. м<sup>3</sup>, в 2016 р. – 1081 млн. м<sup>3</sup>, в 2017 р. – 1226 млн. м<sup>3</sup>), і структура водоспоживання – також.

На території Запорізької області нараховується 177 одиниць очисних споруд, у тому числі: механічної очистки – 77, біологічної очистки – 55, фізико-хімічної очистки – 45. Якість очистки стічних вод на багатьох з них не відповідає нормативним вимогам діючого природоохоронного законодавства України та не дозволяє повторно використовувати очищені стічні води у виробництві [2].

Причиною неякісної очистки зворотних вод є застарілі технології очищення стічних вод, фізична та моральна зношеність обладнання, несвоєчасне проведення поточних та капітальних ремонтів, відсутність дієвих економічних стимулів для будівництва нових очисних споруд в промисловому секторі, відсутність коштів на оновлення, розширення та підтримання в належному стані очисних споруд в житлово-комунальному господарстві [2].

Динаміка скиду забруднюючих речовин, що надходять із зворотними водами до водних об'єктів області у 2015-2017 рр. представлена на рисунках 4.4 – 4.6, які побудовані на основі інформації із звітів форми 2-ТП (водгосп) Запорізького регіонального управління водних ресурсів [3].

Через скорочення скиду зворотних вод у поверхневі водні об'єкти, у тому числі забруднених зворотних вод, у 2016 році спостерігається значне скорочення скиду забруднюючих речовин, практично по всіх речовинах. За інформацією Запорізького регіонального управління водних ресурсів скидання виробничих та госпобутових зворотних вод у природні водні об'єкти здійснювали 87 водокористувачів. Скидання забруднених зворотних вод у 2016 році здійснювали 28 водокористувачів. Найбільшими забруднювачами водних об'єктів області є промислові об'єкти чорної і кольорової металургії та житлово-комунальний сектор. Підприємствами цих

галузей скинуто до водних об'єктів 54,867 млн.м<sup>3</sup> та 7,897 млн. м<sup>3</sup> забруднених зворотних вод відповідно [2].

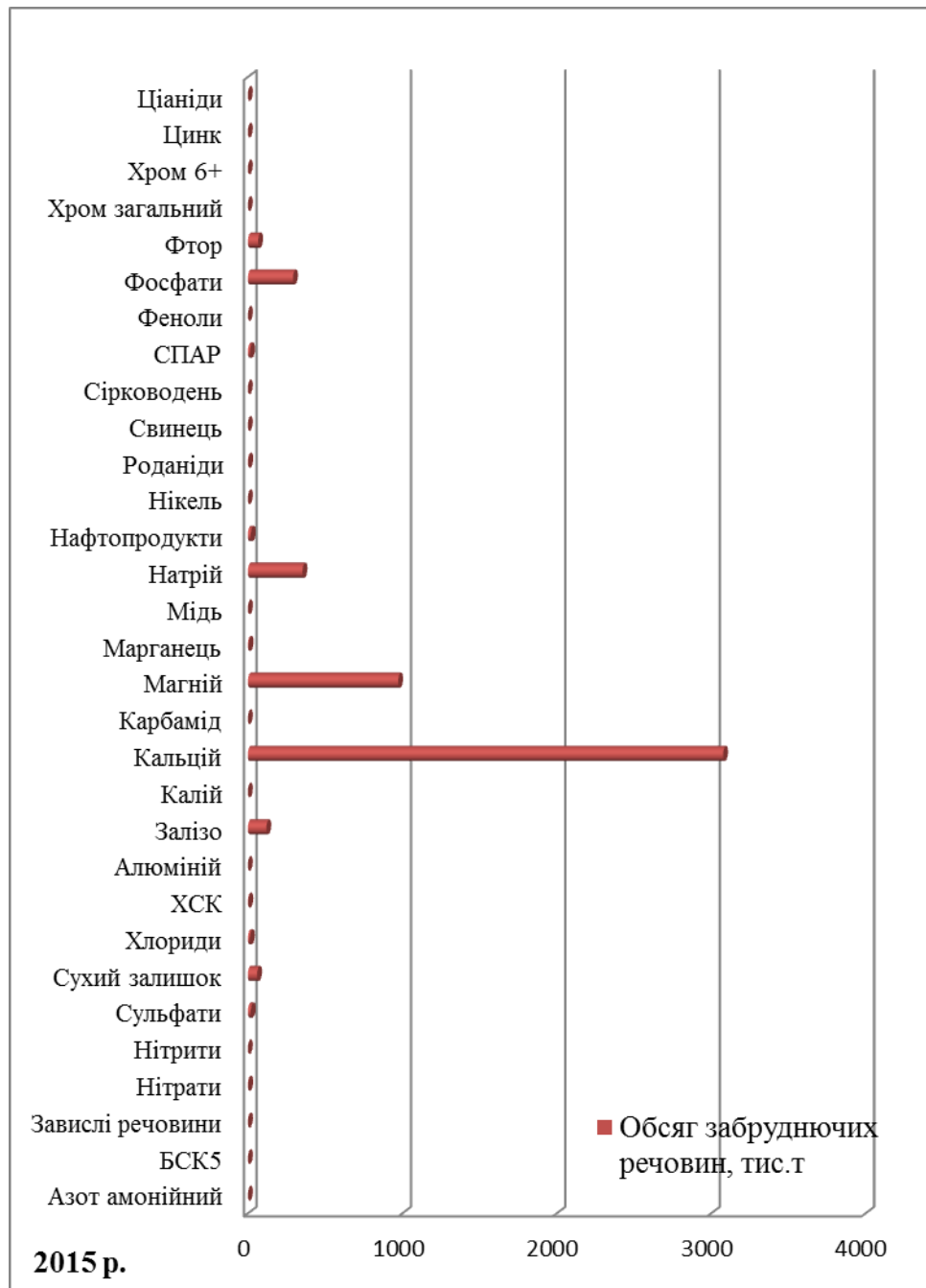


Рисунок 4.4 – Динаміка скиду забруднюючих речовин, що надходять із зворотними водами до водних об'єктів області у 2015 р. [за автором].

Завдяки дотриманню режиму експлуатації, своєчасній заміні технологічного обладнання, що відпрацювало встановлені терміни, виконанню робіт з реконструкції стабільно працюють очисні споруди міст

Запоріжжя, Токмак, Вільнянськ, Гуляйполе, Мелітополь, смт.Новомиколаївка. В решті населених пунктів проблема очистки госппобутових стічних вод до нормативних показників практично не вирішена, а в таких районних центрах як смт.Розівка, Приазовське та Велика Білозерка очисні споруди та мережі каналізації взагалі відсутні [2].

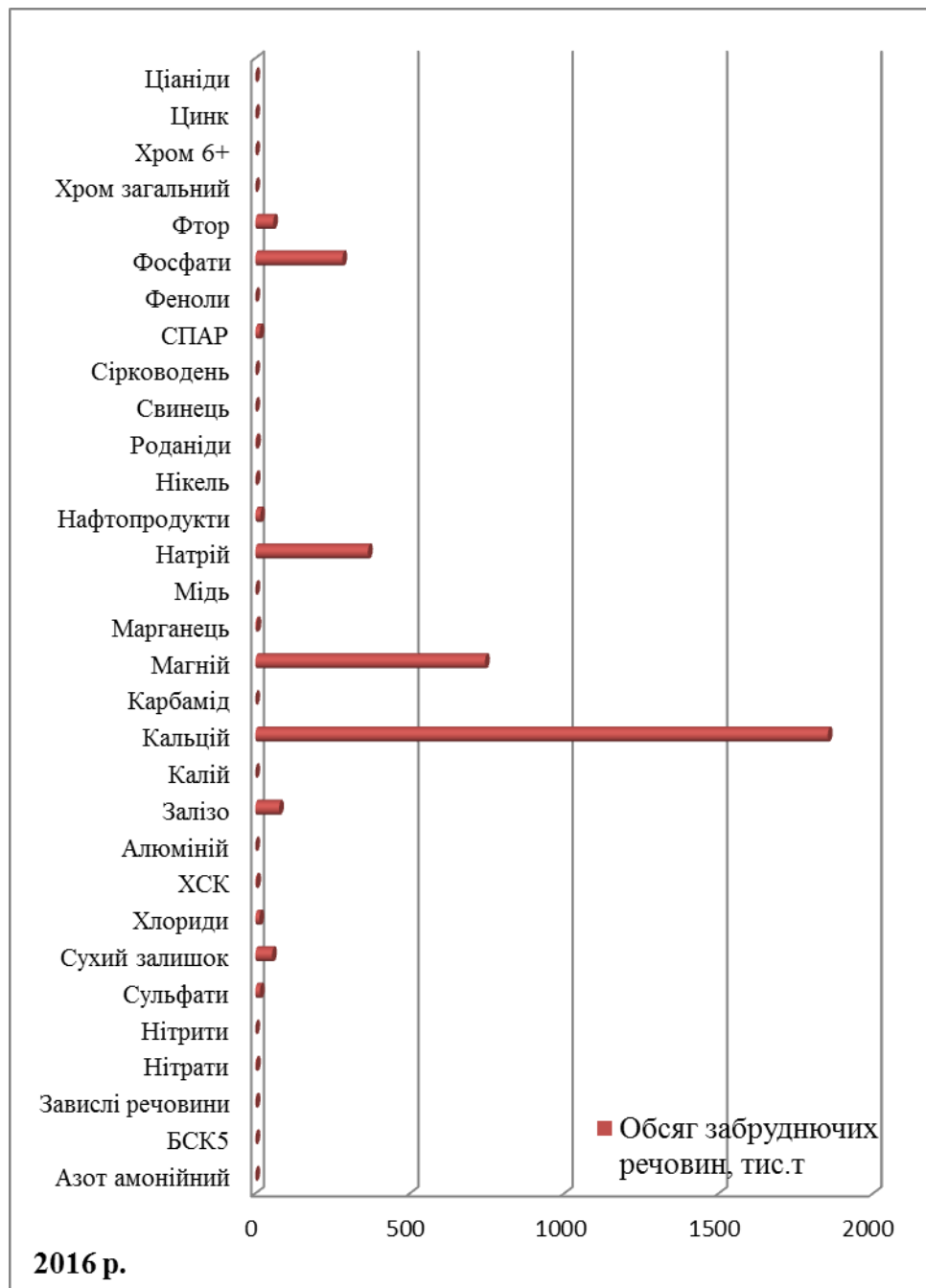


Рисунок 4.5 – Динаміка скиду забруднюючих речовин, що надходять із зворотними водами до водних об'єктів області у 2016 р. [за автором].

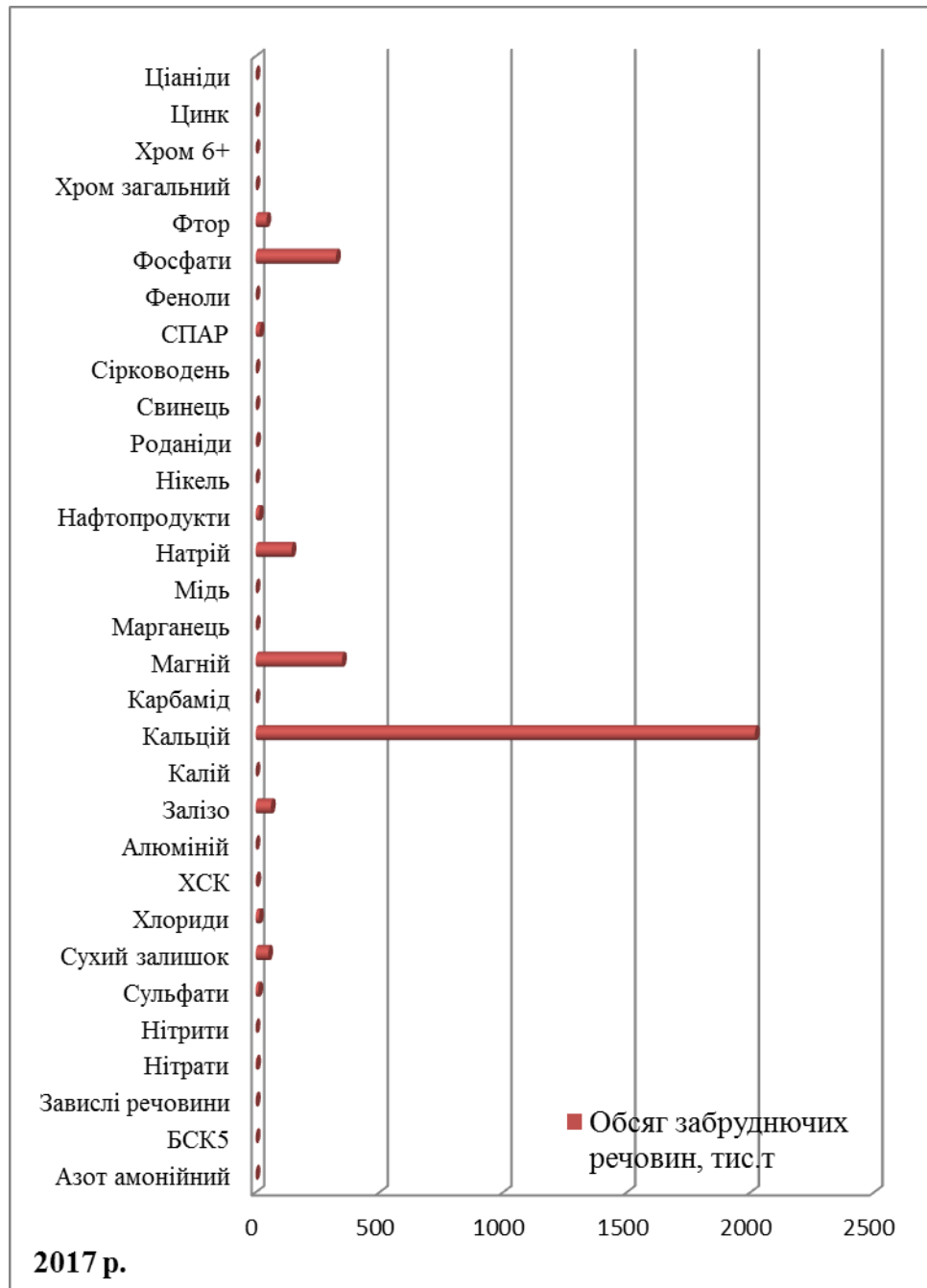


Рисунок 4.6 – Динаміка скиду забруднюючих речовин, що надходять із зворотними водами до водних об’єктів області у 2017 р. [за автором].

Моніторинг екологічного стану поверхневих водних об’єктів на території області здійснюють Запорізький обласний центр з гідрометеорології, Запорізьке регіональне управління водних ресурсів, підприємства житлово-комунального господарства [2].

Запорізький обласний центр з гідрометеорології здійснює моніторинг поверхневих вод у двох пунктах спостереження Дніпровського водосховища,

у п'яти пунктах спостереження р. Молочна, в одному пункті спостереження річок Мокра Московка, Обіточна, Берда, Лозуватка по 15 показниках [2].

Запорізьке регіональне управління водних ресурсів здійснює гідрохімічний та радіологічний контроль вод Дніпровського (місце розташування створу – 328 км р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС питний водозабір м. Запоріжжя) і Каховського (місце розташування створів - 256 км, 254 км, 253 км р. Дніпро м. Енергодар) водосховищ, ставка - охолоджувача ВП «Запорізька АЕС» НАЕК «Енергоатом», а також гідрохімічний контроль р. Дніпро (місце розташування створів – 312 км, 500 м нижче випусків центральних очисних споруд Лівого (ЦОС-1) та Правого (ЦОС-2) берегів КП «Водоканал» [2].

Також проводиться відбір проб у створах спостереження 328 км, 256 км, 254 км, 253 км 12 проб води, у створах 312 км (ЦОС-1, ЦОС-2) 6 проб води та проаналізовано по 28 показниках. Найбільш характерними створами є створи: 328 км («вхідний» створ), 312 км (ЦОС-1), 256 км, 253 км («вихідний» створ) [2].

КП «Водоканал» м. Запоріжжя здійснює контроль якості Дніпровського водосховища в районах водозаборів Дніпровської водопровідної станції № 1 (ДВС-1), Дніпровської водопровідної станції № 2 (ДВС-2) та р. Дніпро в зоні скидання очищених зворотних вод ЦОС-1 та ЦОС-2 [2].

У створі Каховського водосховища по деяких речовинах спостерігається незначне, у порівнянні з попередніми роками, підвищення середньорічних концентрацій магнію, іонів марганцю, іонів амонію, нікелю, ХСК, міді, кольоровості. По низці речовин спостерігається зниження середньорічних концентрацій кальцію, нітратів, заліза загального, нітритів, фосфатів [2].

Розташовані, згідно з критеріями басейнового принципу, місця спостережень (на вході і виході Запорізькій області) дозволяють оцінити ступінь впливу всього промислового комплексу Запорізькій області [2].



Таблиця 4.2 – Скидання зворотних вод та забруднюючих речовин основними водокористувачами - забруднювачами поверхневих водних об'єктів [3].

Найменування водокористувача-забруднювача	Наявність, потужність (МЗ/добу), ефективність використання	2015 рік			2016 рік			2017 рік		
		об'єм скидання зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	у тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із зворотними водами, т	об'єм скидання зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	у тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із	об'єм скидання зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	у тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, тис. м <sup>3</sup>	кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
р. Дніпро										
ПАТ «ЗМК» «Запоріжсталь» м. Запоріжжя	159300	69300	59510	2741,642	63440	54300	1584,48	61020	51810	1579,753
ТОВ Запорізький титано-магнієвий комбінат» м. Запоріжжя	1351	1504	541	664,28	1262	567	674,674	1423	567	686,208
Каховське водосховище										
Тавричеський ЕЦВВ КП «Облводоканал» ЗОР м.Дніпрорудне	6752	844	844	203,219	819	819	192,693	0,806	806	183,901

## 4.2 Результати оцінки якості вод Каховського водосховища за індексами забруднення води

Для дослідження в якості вихідної інформації використані дані про 29 показників складу і властивостей вод Каховського водосховища за період 2013-2017 рр. в 4 контрольних пунктах спостереження (табл. Б.1, Додатку Б). Інформація зібрана та систематизована з літературних джерел [1-3, 91-96]

Пункти спостереження за станом поверхневих вод слід охарактеризувати так: 328 км, р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС, питний водозабір м. Запоріжжя. Це води Дніпровського водосховища. "328" є характерним «вхідним» створом.

- 312 км, р. Дніпро, 500 м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал» (випуск центральних очисних споруд Лівого берега КП «Водоканал»).

- 256 км, р. Дніпро, м. Енергодар, Каховське водосховище.

- 253 км, р. Дніпро, м. Енергодар, Каховське водосховище, вплив Запорізької АЕС (в зоні впливу продувочних вод ставка - охолоджувача ВП «Запорізька АЕС» НАЕК «Енергоатом»). "253" є характерним «вихідним» створом.

Для виконання оцінки якості поверхневих вод за індексом забрудненості води у контрольних пунктах спостереження була використана гідрохімічна інформація по п'яти показниках: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>, так як інформація про вміст фенолів у воді була відсутня.

Результати оцінки якості вод Каховського водосховища та р.Дніпро за індексами забруднення води представлені в таблицях 4.3 – 4.4. За результатами оцінки якості природних вод слід зазначити що:

– по ІЗВ для усіх створів в 2013-2017 рр. відмічається "Чистий стан" води II-го класу якості;

Таблиця 4.3 – Результати оцінки якості вод Каховського водосховища та р.Дніпро за індексом забруднення води [за автором].

ІЗВ	Місце спостереження за якістю води											
	256 км р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховище			253 км, р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховищ вплив Запорізької АЕС			328 км, р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС			312 км р. Дніпро 500м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал»		
	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка
2013 р.	0,62	II	чиста	0,70	II	чиста	0,60	II	чиста	0,62	II	чиста
2014 р.	0,65	II	чиста	0,71	II	чиста	0,60	II	чиста	0,60	II	чиста
2015 р.	0,62	II	чиста	0,62	II	чиста	0,59	II	чиста	0,60	II	чиста
2016 р.	0,59	II	чиста	0,66	II	чиста	0,58	II	чиста	0,62	II	чиста
2017 р.	0,67	II	чиста	0,76	II	чиста	0,67	II	чиста	0,68	II	чиста

Таблиця 4.4 – Результати оцінки якості вод Каховського водосховища та р.Дніпро за модифікованим індексом забруднення води [за автором].

ІЗВмод	Місце спостереження за якістю води											
	256 км р. Дніпро, м.Енергодар, Каховське водосховище			253 км, р.Дніпро, м.Енергодар, Каховське водосховище, вплив Запорізької АЕС			328 км, р.Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС			312 км р.Дніпро 500м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал»		
	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка	Значення ІЗВ	Клас якості води	Якісна оцінка
2013 р.	5,88	V	брудна	5,70	V	брудна	5,86	V	брудна	6,42	VI	дуже брудна
2014 р.	7,05	VI	дуже брудна	7,15	VI	дуже брудна	6,68	VI	дуже брудна	6,10	VI	дуже брудна
2015 р.	6,99	VI	дуже брудна	6,93	VI	дуже брудна	6,91	VI	дуже брудна	6,24	VI	дуже брудна
2016 р.	6,49	VI	дуже брудна	6,50	VI	дуже брудна	6,57	VI	дуже брудна	7,78	VI	дуже брудна
2017 р.	5,85	V	брудна	5,68	V	брудна	6,08	VI	дуже брудна	6,90	VI	дуже брудна

– по  $IЗВ_{\text{мод}}$  в 4-му створі (нижче скиду КП «Водоканал») спостерігається стійке забруднення VI класу, при цьому вода р.Дністер – "Дуже брудна"; отже порівняно з якістю води у створі №3 (до місця скиду КП «Водоканал») у створі №4 чітко виявлена роль антропогенного фактору (скиду зворотних вод) у формуванні якості води; при порівнянні рівнів забруднення вод у створах №1 та №2 суттєвої різниці не виявлено – у 2013 та 2017 роках спостерігається V клас з характеристикою «брудна», а у 2014-2016 рр. для вод Каховського водосховища характерний «дуже брудний» стан VI класу якості.

При порівнянні результатів оцінки якості вод Каховського водосховища та р. Дніпро по  $IЗВ$  і  $IЗВ_{\text{мод}}$  спостерігається істотна різниця, яка пов'язана з урахуванням  $IЗВ_{\text{мод}}$  пріоритетних забруднюючих речовин. До переліку цих показників якості відносилися: іон амонію (в 2017 р. на всіх пунктах, а в 2016 р. у створі №2), нітрити (в 2013 р. – у створах №1, №2, в 2014 р. у створі №2), сульфати (в 2015, 2017 рр. у контрольному пункті №2), хром<sup>6+</sup> (у 1 пункті в 2016, 2017 рр., на 3 пункті в 2015-2017 рр., а в 4 пункті – в 2015, 2016 рр.), ХСК та залізо є пріоритетними показниками на всіх створах впродовж всього періоду дослідження.

Крім того, за результатами розрахунку  $IЗВ_{\text{мод}}$  для 2-го і 4-го пунктів спостереження чітко відстежується вплив антропогенних чинників при формуванні якості води [97].

Для оцінки якості та виявлення діючих факторів впливу на формування якості природних вод Каховського водосховища та р. Дніпро у місці впадання в нього всі показники якості та забруднювальні компоненти гідрохімічного аналізу були розділені на три групи сумації за лімітуючою ознакою шкідливості. Це такі три групи компонентів та показників якості для водних об'єктів комунально-побутового використання: органолептична (4 показники), санітарно-токсикологічна (14 показників) та загально-санітарна (6 показників) (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 - Групи показників якості та забруднювальних компонентів поверхневих вод за ЛОШ [за автором].

Показники санітарно-токсикологічної ЛОШ	
1	Іон амонію, г/м <sup>3</sup>
2	Алюміній, г/м <sup>3</sup>
3	АПАР, г/м <sup>3</sup>
4	Кальцій, г/м <sup>3</sup>
5	Магній, г/м <sup>3</sup>
6	Марганець, г/м <sup>3</sup>
7	Нафтопродукти, г/м <sup>3</sup>
8	Нікель, г/м <sup>3</sup>
9	Нітрати, г/м <sup>3</sup>
10	Нітрити, г/м <sup>3</sup>
11	Сульфати, г/м <sup>3</sup>
12	Фосфати, г/м <sup>3</sup>
13	Хлориди, г/м <sup>3</sup>
14	Стронцій-90, Пки/л
Показники загально-санітарної ЛОШ	
1	БСК <sub>5</sub> , гО <sub>2</sub> / м <sup>3</sup>
2	Кольоровість, град.
3	Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>
4	Кисень розчинний, г <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
5	Сухий залишок, г/м <sup>3</sup>
6	ХСК, гО <sub>2</sub> / м <sup>3</sup>
Показники органолептичної ЛОШ	
1	Запах, бал
2	Залізо, г/м <sup>3</sup>
3	Мідь, г/м <sup>3</sup>
4	Хром б+, г/м <sup>3</sup>

Для розрахунку інтегрального показника  $L_j$  по кожній з груп за формулою (3.3) розраховані відповідні питомі по групам показники  $L_{\text{сан-токс}}$ ,  $L_{\text{заг-сан}}$ ,  $L_{\text{орг}}$  та інтегральний показник  $L_j$ , який є сумою питомих. Результати оцінки систематизовані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку інтегральних показників  $L_j$  по кожній з груп сумачії [за автором].

Контрольний пункт спостереження	256 км р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховище					253 км, р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховищ вплив Запорізької АЕС				
	Рік	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$L_{\text{сан-токс}}$	4,09	3,95	4,06	3,89	3,16	4,12	3,96	4,14	3,60	3,33
$L_{\text{заг-сан}}$	2,89	3,53	3,65	3,38	2,46	2,91	3,53	3,63	3,39	2,63
$L_{\text{орг}}$	5,05	4,99	4,97	5,05	4,34	5,19	5,21	5,07	5,19	4,38

Продовження табл. 4.6

Контрольний пункт спостереження	328 км, р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС					312 км р. Дніпро 500м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал»				
	Рік	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$L_{\text{сан-токс}}$	3,98	4,12	4,36	3,97	3,20	3,54	3,71	3,93	3,85	3,85
$L_{\text{заг-сан}}$	2,89	3,26	3,60	3,43	2,57	3,11	3,08	3,08	3,98	2,97
$L_{\text{орг}}$	5,25	5,28	5,01	4,98	4,28	5,65	5,23	5,11	5,22	4,38

Значення інтегральних показників  $L_j$  по групам сумачії показників якості та забруднювальних речовин є недопустимими та не відповідають вимогам якості, бо перевищують одиницю, тобто вимога не виконується.

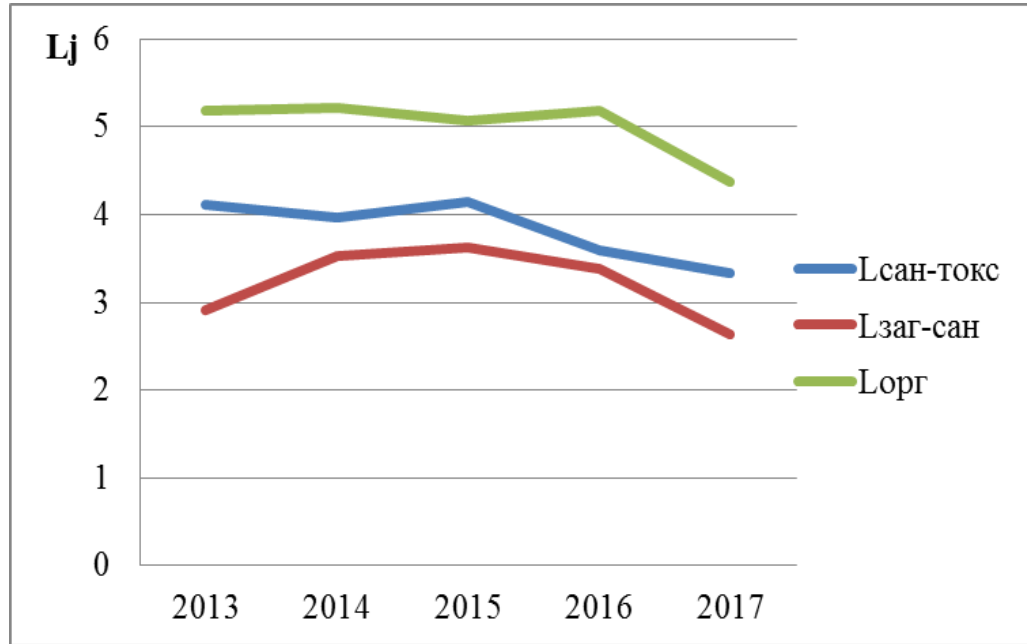


Рисунок 4.7 – Результати оцінки якості поверхневих вод за інтегральним показником  $L_j$  у створі – 328 км, р.Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС [за автором].

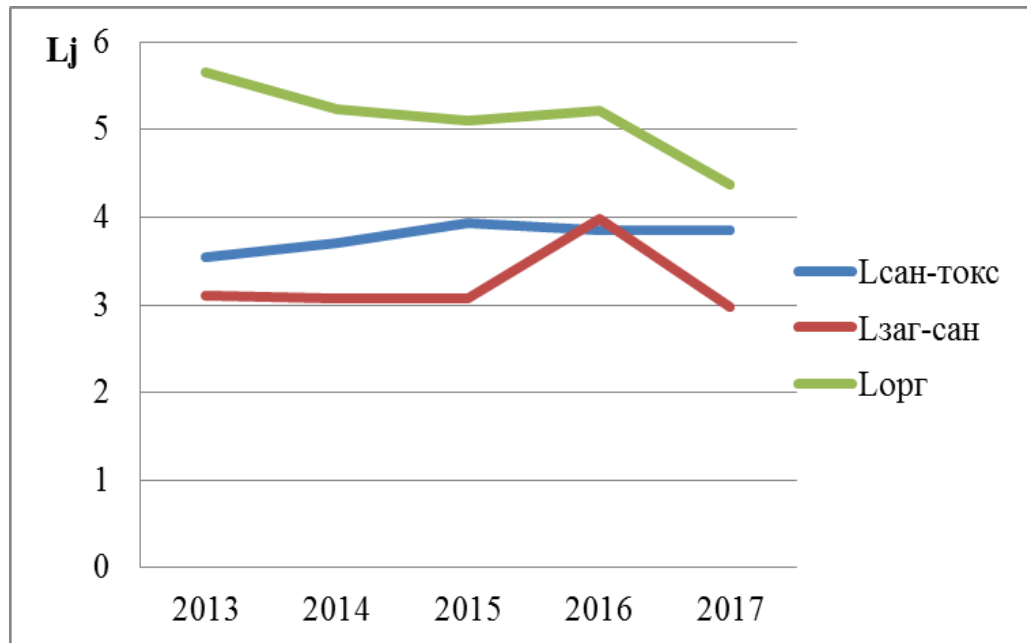


Рисунок 4.8 – Результати оцінки якості поверхневих вод за інтегральним показником  $L_j$  у створі – 312 км р.Дніпро, 500м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал» [за автором].



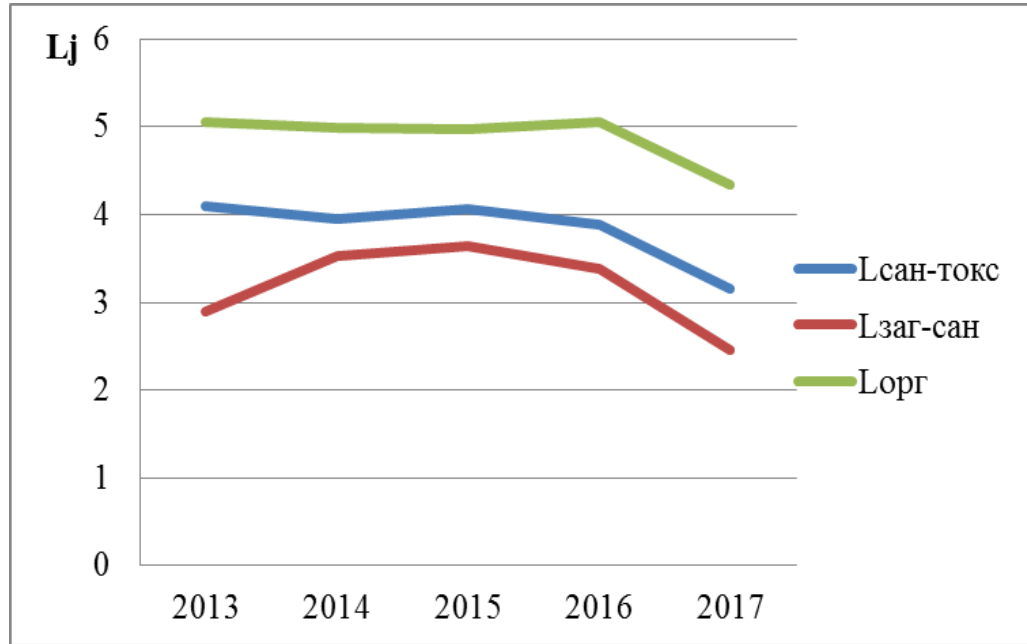


Рисунок 4.9 – Результати оцінки якості поверхневих вод за інтегральним показником  $L_j$  у створі – 256 км р.Дніпро, м.Енергодар, Каховське водосховище [за автором].

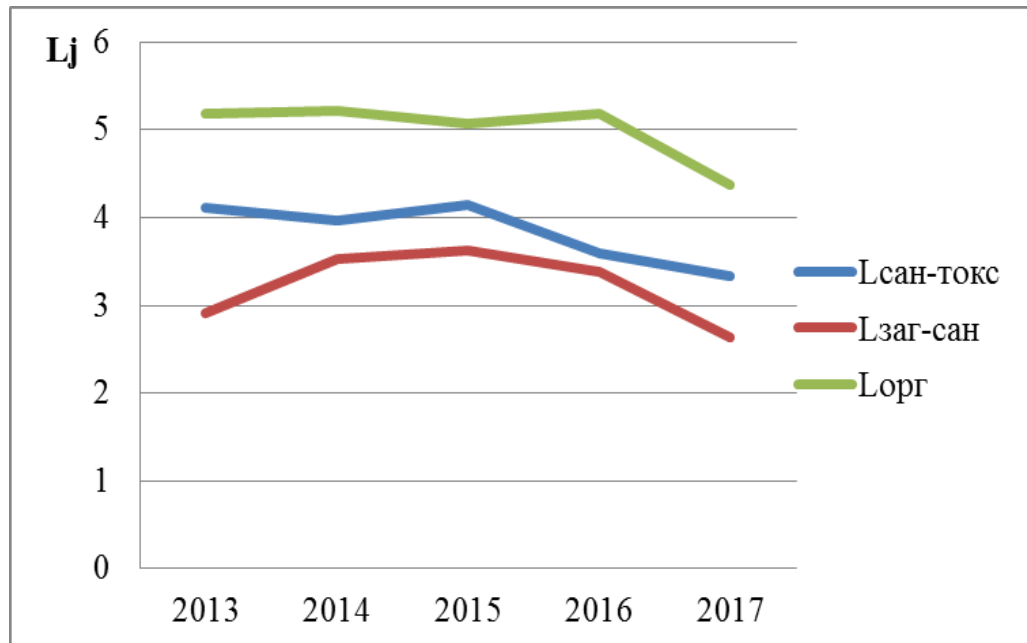


Рисунок 4.10 – Результати оцінки якості поверхневих вод за інтегральним показником  $L_j$  у створі – 253 км, р.Дніпро, м.Енергодар, Каховське водосховищ вплив Запорізької АЕС [за автором].

Якість води за методикою (формула 3.4) характеризує пріоритетна група показників стану та якості поверхневих вод.

Аналізуючи рисунки 4.7 – 4.10 з наглядним представленням результатів оцінки виявлено що найпріоритетнішою у формуванні якості поверхневих вод є органолептична група показників, а з їх переліку – залізо. Перевищення ГДК по даному компоненту досягали 2,86 показника кратності ГДК.

Вцілому рівень забруднення природних вод у досліджуваних створах поступово знижується, особливо помітною ця тенденція є з 2016 на 2017 р.

#### 4.4 Результати оцінки стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів

Оцінити вплив техногенної діяльності на поверхневі води будь якого регіону не можливо без наявності докладної інформації про основні показники забору, використання та скиду зворотних вод підприємствами.

Після систематизації та обробки даної інформації, яка представлена у табл. 4.7 стало можливим виконання оцінки стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів.

Результати оцінки стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів представлені в табл. 4.8.

За показником використання стоку річки ( $g_{pc}$ ) стан використання поверхневих вод був «добрим» у 2016 р., а в 2013-2015 та в 2017 рр. характеризувався як «задовільний», що пов'язано зі зменшенням об'єму водозабору у 2016 р. приблизно на 100 млн. м<sup>3</sup> порівняно з іншими роками дослідження.

За показниками безповоротного водоспоживання, надходження стічних вод та скиду забруднених вод стан використання водних ресурсів

Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. кваліфікується як «добрий».

Таблиця 4.7 – Вихідна інформація для оцінки стану Каховського водосховища за ступенем використання водних ресурсів.

Рік	Об'єм водозабору, $W_z$ , млн. м <sup>3</sup>	Об'єм відбору підземних вод, $W_B$ , млн.м <sup>3</sup>	Об'єм скиду зворотних вод, $W_c$ , млн.м <sup>3</sup>	Об'єм скиду забруднених вод, $W_{з.в.}$ , млн.м <sup>3</sup>
2013	1196,11	47,89	902,70	77,25
2014	1102,00	46,90	806,98	73,32
2015	1135,59	45,41	930,40	70,04
2016	1048,31	45,69	849,36	64,30
2017	1171,00	46,51	956,10	64,17

Результатом комплексної оцінки стану використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. є присвоєння йому 1-го класу використання та «доброго» стану (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Результати комплексної оцінки стану використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. [за автором].

Рік	Комплексний показник використання водних ресурсів, $K_{pc}$		
	Значення показника, ( $K_{pc}$ )	Клас використання	Якісна характеристика
2013	2,8	1	добрий
2014	2,8	1	добрий
2015	2,8	1	добрий
2016	3	1	добрий
2017	2,8	1	добрий

Таблиця 4.8 – Результати розрахунку показників використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. [за автором].

Рік	Показник використання стоку			Показник безповоротного водоспоживання		
	значення показника (g <sub>pc</sub> )	оцінка в балах (Y <sub>i</sub> )	якісна характеристика	значення показника (g <sub>bc</sub> )	оцінка в балах, (Y <sub>i</sub> )	якісна характеристика
2013	6,5	1	задовільний	1,9	3	добрий
2014	6,0	1	задовільний	1,9	3	добрий
2015	6,2	1	задовільний	1,4	3	добрий
2016	5,7	3	добрий	1,3	3	добрий
2017	6,4	1	задовільний	1,4	3	добрий
Рік	Показник надходження стічних вод			Показник скиду забруднених вод		
	значення показника (g <sub>nc</sub> )	оцінка в балах (Y <sub>i</sub> )	якісна характеристика	значення показника, (g <sub>cb</sub> )	оцінка в балах, (Y <sub>i</sub> )	якісна характеристика
2013	5,0	3	добрий	0,4	3	добрий
2014	4,4	3	добрий	0,4	3	добрий
2015	5,1	3	добрий	0,4	3	добрий
2016	4,7	3	добрий	0,4	3	добрий
2017	5,3	3	добрий	0,4	3	добрий

В досліджуваному регіоні в процесі природокористуванні необхідно:

- запобігати забрудненню поверхневих вод шляхом скорочення об'ємів скидів в водні об'єкти недостатньо очищених зворотних вод підприємствами. Для цього проводити удосконалення (екологізацію) технологічних процесів та покращувати методи очистки стоків;

- в запорізькому водогосподарському районі розвивати мережу каналізаційних систем і очисних споруд, оскільки питома вага забруднених стоків є значною; розробляти інженерні заходи для попередження аварійних скидів зворотних вод;

- проводити роз'яснювальну роботу, спрямовану на пропаганду серед населення необхідності охорони водотоків від забруднення та виснаження.

## ВИСНОВКИ

Каховське водосховище розташоване в нижній течії річки Дніпро. Побудоване в 1955-1958 рр. після спорудження в 1955 р. греблі ГЭС що замикає Дніпровський каскад, розташований нижче м. Каховка. Воно простягається по території Запорізької, Дніпропетровської і Херсонської областей. Існує перелік факторів впливу Каховського водосховища на територію, які з ним граничуть. Це підтоплення родючих земель, регулярне розмивання берегової зони, зменшення рибних запасів Дніпра, евтрофікація, критичний технічний стан споруд ГЭС.

Якість природних вод формується за рахунок природних і антропогенних чинників. При цьому фактори формування якості води штучних водойм за походженням бувають природно-антропогенними і антропогенними, а за природою: хімічними, біологічними, фізичними, механічними.

Для аналізу факторів формування якості вод Каховського водосховища були вибрані такі дві групи методів дослідження: 1) Методики оцінки якості поверхневих вод за індексами забрудненості води (три підходи); 2) Методика оцінки стану водних об'єктів за ступенем використання їх водних ресурсів (враховує показники використання стоку, безповоротного водоспоживання, надходження стічних вод у водний об'єкт та скиду забруднених вод).

За результатами оцінки якості води Каховського водосховища виявилось, що:

- по ІЗВ для усіх створів в 2013-2017 рр. відмічається «чистий стан» води II-го класу якості,

- за ІЗВ<sub>мод</sub> в 4-му створі (нижче скиду КП «Водоканал») спостерігається стійке забруднення VI класу, при цьому вода р. Дністер – "Дуже брудна"; при порівнянні рівнів забруднення вод у створах №1 та №2 суттєвої різниці не виявлено – у 2013 та 2017 роках спостерігається V клас з характеристикою

«брудна» вода, а у 2014-2016 рр. для вод Каховського водосховища характерний «дуже брудний» стан VI класу якості.

При порівнянні результатів оцінки якості вод Каховського водосховища по ІЗВ і ІЗВ<sub>мод</sub> спостерігається істотна різниця, пов'язана з урахуванням ІЗВ<sub>мод</sub> пріоритетних забруднюючих речовин, до яких відносились: ХСК та залізо, іон амонію, нітриту, хром<sup>6+</sup>.

Крім того, за результатами розрахунку ІЗВ<sub>мод</sub> для 2-го і 4-го пунктів спостереження чітко відстежується вплив антропогенних чинників при формуванні якості води.

За результатами оцінки якості вод на основі інтегрального показника відмічено, що найпріоритетнішою у формуванні якості вод Каховського водосховища та р. Дніпро є органолептична група показників, а з їх переліку – залізо. Крім того значення інтегральних показників по групам сумації є недопустимими та не відповідають вимогам якості. В цілому рівень забруднення природних вод у досліджуваних створах поступово знижується, особливо помітною ця тенденція – з 2016 на 2017 р.

Результатом комплексної оцінки стану використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. є присвоєння йому 1-го класу використання та «доброго» стану. За показником використання стоку стан поверхневих вод був «добрим» у 2016 р., а в 2013-2015 та в 2017 рр. характеризувався як «задовільний», що пов'язано зі зменшенням об'єму водозабору у 2016 р. приблизно на 100 млн.м<sup>3</sup> порівняно з іншими роками дослідження. За показниками безповоротного водоспоживання, надходження стічних вод та скиду забруднених вод стан використання водних ресурсів Каховського водосховища у Запорізькій області за період з 2013 р. по 2017 р. кваліфікується як «добрий».

Ситуація, в якій опинилися водні об'єкти Запорізької області, свідчить про нестабільність стану водної екосистеми, екологічний регрес, недостатньо ефективну систему очищення стоків, що викликає обмеження економічної

діяльності, додаткові витрати муніципальних коштів на забезпечення населення чистою водою, зменшення кількості біологічного розмаїття та зростання захворюваності населення регіону.

Для подолання вказаних проблем потрібно використовувати нові підходи до управління водогосподарською діяльністю. Також постала нагальна потреба в трансформації та переорієнтації старих принципів моніторингу водних об'єктів на новий комплекс первинних даних та вимоги європейських екологічних стандартів.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічний паспорт Запорізької області, 2015 р. Режим доступу: [menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/Запорізька%20Екопаспорт\\_2015.pdf](http://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/Запорізька%20Екопаспорт_2015.pdf)
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області за 2016 році <https://prod-ecology-portal.kitsoft.kiev.ua/files/docs/Reg.report/Регіональна%20доповідь%202016%20Запорізька%20область.pdf>
3. Екологічний паспорт Запорізької області, 2017 р. [http://www.zoda.gov.ua/files/WP\\_Article\\_File/original/000085/85863.PDF](http://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000085/85863.PDF)
4. Каховське водосховище <http://moyaosvita.com.ua/geografija/kahovske-vodosxovishhe/>
5. Каховське водосховище [https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське\\_водосховище](https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське_водосховище)
6. Водні ресурси на рубежі XXI ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / [за ред. А.М. Хвесика]. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 564 с.
7. Большой энциклопедический словарь. Большая Российская энциклопедия. – М.: Норинт, 2004. – 2 изд. – С. 1283.
8. Реймерс Н.Ф. Природопользование: [словарь-справочник] / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
9. Справочник по гидрохимии: [справочник специалиста] / А.М. Никаноров. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.
10. Алекин О.А. Основы гидрохимии: [учебное пособие] / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
11. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: [підручн.] / С.І. Сніжко. – К.: Ніка- Центр, 2001. – 264 с.
12. Бобровський А.Л. Екологія поверхневих вод: Основи інженерного управління гідроекологічними процесами. / А.Л. Бобровський. – Рівне,

2005. – (Підручник: в 2 кн.). Кн. 2. – 2005. – 331 с.
13. Барановський В. Територіальна модель дослідження сталого екологічного розвитку України / В. Барановський // Економіка України. – № 8. – С. 76-82.
  14. Федорищева А. Техногенно-екологічна ситуація в Україні та управління рівнем її безпеки / А. Федорищева, О. Бутрин // Економіка України. – 1998. – № 5. – С. 74-78.
  15. Шапар А. Від концепції – до практичних дій / А. Шапар // Вісник НАН України. – 1999. – №4. – С. 12-19.
  16. Экология й економика природопользования: [учебник] / [под ред. Гируса Н.]. – М.–1998. – 321 с.
  17. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни та визначення: ДСТУ 3041-95 // Наказ Держстандарту України № 91 від 28.03 1995 р.
  18. Хільчевський В.К. Антропогенне порушення стоку: [екологічна енциклопедія] / В.К. Хільчевський // [редколегія: А.В. Толстоухов (гол. редактор) та ін.]. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006. – (енциклопедія у 3 т.). Т.1: А-Е. – 432 с. – С. 39-40.
  19. Формирование химического состава вод местного стока / [под ред. П.П. Воронкова] // Сборник статей. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 230 с.
  20. Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния // Материалы XXVII Всесоюзного совещания. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 246 с.
  21. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И.А. Шикломанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.
  22. Охрана вод от загрязнения поверхностным стоком // Сборник научных трудов. – Харьков: "Харьков", 1983. – 176 с.
  23. Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек / В.Е. Водогрецкий. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.
  24. Лобода Н.С. Річний стік річок України в умовах антропогенного впливу: автореф. дис на здобуття наук. ступеня доктора геогр. наук: спец. 11.00.07

- "Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія" / Н.С. Лобода. – Одеса: Астропринт, 2003. – 36 с.
25. Хільчевський В.К. Про деякі сучасні напрямки гідрохімічних та гідроекологічних досліджень / В.К. Хільчевський, М.І. Ромась, В.М. Савицький // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 251. – С. 84-94.
26. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования / А.В. Яцык. – К: Издательство «Генеза», 1997. – 640 с.
27. Лубянов Н.П. Изменение некоторых факторов самоочищения водных объектов в связи с эвтрофированием / Н.П. Лубянов, В.Л. Галинский // Сборник научных статей "Биологическое самоочищение и формирование качества воды". – М.: "Наука", 1975. – С. 55-57.
28. Денисова А.И. Оценка влияния сельскохозяйственных стоков на эвтрофирование реки / А.И. Денисова, А.Д. Колесенко, И.К. Паламарчук // Сборник научных статей "Биологическое самоочищение и формирование качества воды". – М.: "Наука", 1975. – С. 107-109.
29. Антропогенное эвтрофирование природных вод // Материалы симпозиума – Москва 1983. – Черноголовка, 1985. – 312 с.
30. Качество вод рек и внутренних водоемов / [под ред. Х.А. Вельнера]. – М.: ГУГМС, 1972. – 100 с.
31. Федий С.П. Влияние промышленных сточных вод на видовой состав, численность и биомассу фитопланктона пресных водоемов / С.П. Федий, А.В. Мисюра // Сборник научных статей "Биологическое самоочищение и формирование качества воды". – М.: "Наука", 1975. – С. 85-88.
32. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: [учебное пособие] / [Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др.] – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
33. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды / [под ред. В.В. Гончарука]. – К.: Наукова думка, 2005. – 400 с.
34. Рациональное использование водных ресурсов: [уч. для ВУЗов по спец. «Водоснабжение, канализация, рац. использ. и охрана водных ресурсов»] /

- С.В. Яковлев, И.В. Прозоров, Е.Н. Иванов, И.Г. Губий. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
- 35.Циркунов В.В. Некоторые способы оценки антропогенного изменения ионного состава воды рек / В.В. Циркунов; [под ред. А.М. Никанорова] // Сборник научных статей "Комплексные оценки качества поверхностных вод". – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 102 – 109.
- 36.Денисик Г.І. Селитебні ландшафти Поділля. Вінниця / Г.І. Денисик, О.І. Бабчинська. – Вінниця: ПП Видавництво "Теза", 2006. – 256 с.
- 37.Вишневський В.І. Антропогенний вплив на річки України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геогр. наук: спец. 11.00.11 "Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів" / В.І. Вишневський. – Львів: Нац. ун-т ім. І.Франка, 2003. – 35 с.
- 38.Швебс Г.І. Каталог річок і водойм України: [навчально-довідковий посібник] / Г.І. Швебс, М.І. Ігошин. – Одеса: Астропринт, 2003. –392 с.
- 39.Мороков В.В. Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения / В.В. Мороков. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 297 с.
- 40.Воропай Л.И. Роль антропогенного фактора в развитии географической оболочки / Л.И. Воропай. – Черновцы: ЧГУ, 1975 – 74 с.
- 41.Методическое руководство по расчету антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния бассейнов малых рек Украины / А.В. Яцык, А.М. Петрук, А.П. Канаш. – К. : УНИИВЭП, 1992. – 40 с.
- 42.Тімченко З.В. Оцінка геоекологічного стану водних ресурсів малих річок (на прикладі малих річок північного макросхилу Кримських гір): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата геогр. наук: спец. 11.00.11 "Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів" / З.В. Тімченко. – Сімф.: Тавр. нац. ун-т ім. В.І.Вернадського; Вид-во Крим ІКС., 2000. – 22 с.
- 43.Тюленева В.А. Оценка антропогенных изменений в бассейнах малых рек / В.А. Тюленева // Проблемы збереження ландшафтного, ценотичного та

- видового різноманіття басейну Дніпра: Збірник наукових праць. – Суми: Сум ДПУ ім. А.С. Макаренка, 2003. – С. 25-29.
44. Хубларян М.Г. Качество воды / М.Г. Хубларян, М.Г. Моисеенко // Вестник Российской академии наук. – 2009. – Т. 79. – №5. – С. 403-410.
45. Формирование и регулирование качества воды рек Урала / [под ред. И.С. Шахова, А.М. Черняева, А.Н. Попова]. – Красноярск: "Красноярск", 1976. – 165 с.
46. Левковский С.С. Комплексное использование и охрана водных ресурсов СССР / С.С. Левковский. – К.: Вища школа, 1982. – 224 с.
47. Реймерс Н.Ф. Природопользование: [словарь-справочник] / Н.Ф. Реймерс. – М: Мысль, 1990. – 639 с.
48. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-84. – М., 1985.
49. Караушев А.В. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / А.В. Караушев. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 285 с.
50. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: [навч. посіб.] / Т.А. Сафранов. – Львів: "Новий світ", 2003. – 248 с.
51. Экологическое законодательство Украины / М.В. Шульга. – Харків: Консум, 2000. – 207 с.
52. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гидроекологічні аспекти / В.К. Хільчевський. – К.: Київський університет, 1999. – 320 с.
53. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: [підручник] / А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
54. Гордійчук А.С. Економіка і організація діяльності водогосподарських підприємств / А.С. Гордійчук, О.А. Стахів. – Рівне: РДТУ, 2000. – 272 с.
55. Геоінформаційна аналітична система державного моніторингу довкілля у Вінницькій області. Ч.1. Моніторинг поверхневих вод: [метод. посібник] / [під ред. В.Б. Мокіна, О.Г. Яворської]. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 78 с.

- 56.Дупляк О.В. Водопостачання, водовідведення та раціональне використання і охорона водних ресурсів: [навч. посібник] / О.В. Дупляк. – К.: Наукова думка, 1998. – 99 с.
- 57.Качество вод. Термины и определения: ГОСТ 27065-86. – М.: Изд. стандартов, 1987.
- 58.Екологічна енциклопедія: [енциклопедія] / [редколегія: А.В. Толстоухов (гол. редактор) та ін.]. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2008. – (Енциклопедія у 3 т.). Т.3: О-Я. – 472 с. – С. 388.
- 59.Кондратьев К.Я. Качество природных вод и определяющие его компоненты / К.Я. Кондратьев, Д.В. Поздняков. – Л.: Наука, 1984. – 55 с.
- 60.Ільїна В.Г. Аналіз якості доквілля: [конспект лекцій] / В.Г. Ільїна, А.В. Чугай. – Одеса: ТЕС, 2009. – 145 с.
- 61.Бобровський А.Л. Екологія поверхневих вод: Гідроекосистеми: основні поняття і принципи / А.Л. Бобровський. – Рівне, 2005. – (Підручник: в 2 кн.). Кн. 1. – 2005. – 319 с.
- 62.Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества / В.А. Кимстач. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 48 с.
- 63.ДержСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» // Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього природного середовища. – 1998. – Т.4. – С. 283-286.
- 64.Екологія і закон. Екологічне законодавство України. – К.: Юрінком Інтер, 1997 – (в 2 кн.). Кн. 1. – 1997. – 698 с.
- 65.Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств: ДСТУ 3013-95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 20 с.
- 66.Хільчевський В.К. Основи гідрохімії: [підручник] / В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило. – К.: Ніка-Центр. – 2012. – 312 с.
- 67.Никаноров А.М. Гидрохимия: [учебник] / А.М. Никаноров // 2-е изд,

- перераб. и доп. – СПб: Гидрометеоздат, 2001. – 444 с.
68. Горев Л.М. Гидрохимия Украины: [підручник] / Л.М. Горев, В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К.: Вища школа, 1995. – 307с.
69. Пелешенко В.І. Загальна гідрохімія: [підручник] / В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К.: – Либідь, 1997. – 384 с.
70. Бреховский В.Ф. Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов / В.Ф. Бреховский. – М.: Наука, 1988. – 168 с.
71. Перельман А.И. Геохимия природных вод / А.И. Перельман. – М.: Наука, 1982. – 154 с.
72. Крайнов С.Р. Гидрогеохимия: [учебник] / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
73. Самарина В.С. Гидрогеохимия / В.С. Самарина. – Л., 1977. – 359 с.
74. Drever J.I. The Geochemistry of natural Waters / J.I. Drever // Third Edition. - London: Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997. - 436 p.
75. Livingstone D.A. Chemical composition of rivers and lakes / D.A. Livingstone. – U.S: Geol. Surv. Prof. Pap, 1963. – 64 p.
76. Hem J.D. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water / J.D. Hem // Second Edition. – U.S.: Geol. Surv. Water-Supply Pap., 1970. – 363 p.
77. Hitchon B. Geochemistry and origin of formation waters in the western Canada sedimentary basin: Factors controlling chemical composition / B. Hitchon, G.K. Billings, J.E. Klovan. - U.S.: Geochim. Cosmochim. Acta., 1971. – pp. 567-598.
78. Lerman A. Geochemical Processes / A. Lerman. – New York: Wiley-Interscience., 1979. – 481 p.
79. Stumm W. Aquatic Chemistry / W. Stumm, J.J. Morgan // Second Edition. – New York: Wiley-Interscience., 1981. – 780 p.
80. Комплексные оценки качества поверхностных вод / [под ред. А.М. Никанорова] // Сборник научных статей. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 144 с.
81. Светличный А.А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты:

- [монографія] / А.А. Светличный, С.Г. Черный, Г.И. Швобс. – Сумы: Университетская книга, 2004. – 410 с.
- 82.Пелешенко В.И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод / В.И. Пелешенко. – К.: Высшая школа, 1975.–168 с.
- 83.Справочник по водным ресурсам / [под ред. Б.И.Стрельца]. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
- 84.Юрасов С.М. Оцінка якості природних вод/ Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.
- 85.Сандул В.А. Межгосударственная Днепровская конвенция как предпосылка и условие выполнения требований Водной Директивы ЕС и реализация ратифицированных международных конвенций / В.А. Сандул // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 294 – 298.
- 86.Оценка водоснабжения индустриального региона и улучшения качества питьевой воды (аналитический обзор) / Д.О. Ластков, А.Г. Козаков, Л.А. Говта [и др.] // Вода: гигиена и экология. – 2013. - No 1 (том 1). – С. 129 - 140.
- 87.Моніторинг забруднення важкими металами водойм південного сходу України / Л.М. Незгода, Л.П. Осаул, О.Л. Скуйбіда // Вода та довкілля: матеріали науково-практичної конференції VI Міжнародного водного форуму «AQUAUKRAINE-2008» (Київ, 7-10 жовтня 2008 р.). – Київ, МВЦ, 2008. – С. 61-62.
- 88.Будников Г.К. Тяжёлые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г.К. Будников // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – С. 23-29.
- 89.Водные ресурсы и пути решения проблемы чистой воды / В.А. Батлук, В.Г. Макаручук, Э.В. Романцом [и др.] // Охорона праці та екологія. – 2008. - No 1 (13). – С. 231-239.
- 90.О.Л. Скуйбіда Проблеми водних об'єктів Запорізької області та можливі напрямки їх подолання Запорізький національний технічний університет Комунальне господарство міст, 2015, No1, С.5-8



- 91.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області за 2015 році [http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/Zaporizka\\_2015.pdf](http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/Zaporizka_2015.pdf)
- 92.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області за 2014 рік [http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2014-rotsi/Zaporizka\\_2014.pdf](http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2014-rotsi/Zaporizka_2014.pdf)
- 93.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області за 2013 рік [http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2013-rotsi/Zaporizka\\_2013.pdf](http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2013-rotsi/Zaporizka_2013.pdf)
- 94.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області за 2012 рік <http://zounb.zp.ua/node/2412>  
<http://old.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2012-rotsi/zaporizka%202012.pdf>
- 95.Екологічний паспорт Запорізької області, 2016 р. [https://prod-ecology-portal.kitsoft.kiev.ua/files/docs/eco\\_passport/Запорізька%20Екопаспорт\\_2016.pdf](https://prod-ecology-portal.kitsoft.kiev.ua/files/docs/eco_passport/Запорізька%20Екопаспорт_2016.pdf)
- 96.Екологічний паспорт Запорізької області 2014 р. Режим доступу: [menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport /Запорізька%20Екопаспорт\\_2014.pdf](http://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/Запорізька%20Екопаспорт_2014.pdf)
- 97.Горбенко О.В., Колісник А.В. Аналіз факторів формування якості вод Каховського водосховища. Конференція молодих вчених ОДЕКУ, 2018 р.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ  
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Горбенко О.В. Аналіз факторів формування якості вод Каховського водосховища/ О.В. Горбенко, А.В. Колісник // Матеріали XVII наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2018. – С. 138.

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Характеристика вихідної гідрохімічної інформації про стан водного середовища Каховського водосховища у чотирьох контрольних створах [1-3, 91-96].

Показники складу та властивостей	Місце спостереження за якістю води									
	256 км р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховище					253 км, р. Дніпро м. Енергодар, Каховське водосховище вплив Запорізької АЕС				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Іон амонію, г/м <sup>3</sup>	0,263	0,248	0,236	0,252		0,260	0,220	0,245	0,270	
Алюміній, г/м <sup>3</sup>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	<0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	<0,02	
АПАР, г/м <sup>3</sup>	0,032	0,030	0,030	0,028		0,034	0,028	0,030	0,027	
БСК <sub>5</sub> , гО <sub>2</sub> / м <sup>3</sup>	2,5	2,7	2,7	2,6	2,8	2,6	2,8	2,8	2,8	2,7
рН	8,0	8,0	8,0	8,1		8,0	8,0	8,0	8,1	
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,8	3,9	4,0	3,9		3,9	4,0	4,1	4,0	
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,5	3,4	3,5	3,3		3,5	3,5	3,5	3,3	
Запах, бал	1	1	1	1		1	1	1	1	
Кольоровість, град.	21,1	18,0	14,4	16,5		21,5	19,4	14,3	16,2	
Температура, град	14,8	12,2	12,8	12,1		15,6	12,9	13,2	13,6	
Прозорість, см	30,0	30,0	30,0	30,0		30,0	30,0	30,0	30,0	
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	< 5,0	< 5,0	5,1	<5,0	<5,0	5,6	< 5,0	5,10	<5,0	<5,0

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Залізо, г/м <sup>3</sup>	0,177	0,241	0,253	0,226	0,184	0,178	0,240	0,251	0,227	0,201
Кальцій, г/м <sup>3</sup>	48,3	52,3	53,0	47,7		49,8	53,3	53,2	50,5	
Кисень розчинний, г О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,0	8,8	8,5	8,2	8,5	8,8	8,7	8,3	8,1	8,6
Магній, г/м <sup>3</sup>	17,4	15,1	16,8	17,2		17,2	15,9	17,6	17,4	
Марганець, г/м <sup>3</sup>	0,046	0,042	0,044	0,047	0,044	0,046	0,039	0,044	0,046	0,049
Мідь, г/м <sup>3</sup>	0,020	0,023	0,017	0,018	0,015	0,034	0,026	0,018	0,017	0,016
Нафтопродукти, г/м <sup>3</sup>	0,019	0,02	0,02	0,02	0,029	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Нікель, г/м <sup>3</sup>	0,0064	0,0054	0,0066	0,0071		0,0064	0,0057	0,0069	0,0079	
Нітрати, г/м <sup>3</sup>	1,51	1,18	1,68	1,66	1,35	1,45	1,27	1,73	1,68	1,28
Нітриди, г/м <sup>3</sup>	0,046	0,037	0,033	0,031	<0,03	0,046	0,037	0,034	0,035	<0,03
Сульфати, г/м <sup>3</sup>	39,2	41,7	54,4	51,3	55	40,5	42,8	55,4	52,9	57,6
Сухий залишок, г/м <sup>3</sup>	287,2	307,4	343,4	329,9	354	300,1	318,3	349,4	346,3	374
Фосфати, г/м <sup>3</sup>	0,352	0,298	0,375	0,334	0,315	0,358	0,304	0,389	0,329	0,348
Хлориди, г/м <sup>3</sup>	25,4	28,9	40,4	37,6	34,2	25,8	29,6	42,1	39,5	36,0
Хром б+, г/м <sup>3</sup>	< 0,03	< 0,03	< 0,03	<0,03	<	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	<
ХСК, гО <sub>2</sub> / м <sup>3</sup>	23,0	22,7	24,1	24,3	22,8	23,0	23,9	24,6	24,9	24,7
Стронцій-90, Пки/л	0,70	0,77	0,64	0,5		0,70	0,84	0,65	0,05	

Продовження табл. Б.1

Показники складу та властивостей	Місце спостереження за якістю води									
	328 км, р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС					312 км р. Дніпро 500 м нижче скиду ЦОС-1 КП «Водоканал»				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Іон амонію, г/м <sup>3</sup>	0,27	0,239	0,255	0,263		0,331	0,319	0,283	0,374	
Алюміній, г/м <sup>3</sup>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	
АПАР, г/м <sup>3</sup>	0,032	0,033	0,03	0,03		0,03	0,028	0,028	0,028	
БСК <sub>5</sub> , гО <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	2,6	3,2	2,7	2,6	2,8	2,8	3,1	2,6	2,6	3,2
рН	8,1	8,0	8,0	8,2		8,1	8,1	8,0	8,1	
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,7	3,9	4,0	3,8		4,1	3,8	4,3	3,9	
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,4	3,5	3,5	3,2		3,3	3,4	3,6	3,4	
Запах, бал	1	1	1	1		1	1	1	1	
Кольоровість, град.	25,2	18,0	15,3	16,7		26,5	17,1	17,1	17,9	
Температура, град	14,3	16,8	12,5	11,9		19,5	18,8	18,8	20,2	
Прозорість, см	30,0	30,0	30,0	30,0		30,0	30,0	30,0	30,0	
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	5,9	<5,0	5,0	5,0	<5,0	6,2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Залізо, г/м <sup>3</sup>	0,177	0,214	0,248	0,231	0,196	0,199	0,196	0,196	0,286	0,235

Продовження табл. Б.1

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Кальцій, г/м <sup>3</sup>	49,9	53,1	52,2	50,1		47,7	53,9	55,5	51,4	
Кисень розчинний, г O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,3	8,7	8,4	8,2	8,7	8,4	8,3	8,1	8,1	8,6
Магній, г/м <sup>3</sup>	14,9	15,2	16,9	15,8		16,0	12,9	17,4	16,3	
Марганець, г/м <sup>3</sup>	0,037	0,051	0,056	0,051	0,048	0,037	0,051	0,051	0,050	0,057
Мідь, г/м <sup>3</sup>	0,019	0,021	0,019	0,019	0,014	0,020	0,023	0,023	0,017	0,019
Нафтопродукти, г/м <sup>3</sup>	0,02	0,022	0,026	0,022	0,028	0,018	0,022	0,022	0,026	0,028
Нікель, г/м <sup>3</sup>	0,0062	0,0054	0,0064	0,0064		0,006	0,0061	0,0061	0,0064	
Нітрати, г/м <sup>3</sup>	1,63	1,31	1,30	1,59	1,23	1,34	2,28	1,36	2,83	2,36
Нітриди, г/м <sup>3</sup>	0,048	0,039	0,033	0,031	0,035	0,061	0,051	0,039	0,032	0,042
Сульфати, г/м <sup>3</sup>	38,7	38,6	58,4	47,9	53	34,6	34,1	72,9	42,3	68,2
Сухий залишок, г/м <sup>3</sup>	271,5	301,4	346,4	293,3	313,4	272,5	287,7	368,7	307,0	358,2
Фосфати, г/м <sup>3</sup>	0,318	0,312	0,383	0,360	0,359	0,265	0,282	0,328	0,312	0,411
Хлориди, г/м <sup>3</sup>	24,8	28,3	39,8	36,0	33,1	25,3	30,4	47,4	34,5	36,0
Хром б+, г/м <sup>3</sup>	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03		< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	
ХСК, гO <sub>2</sub> / м <sup>3</sup>	21,8	23,7	23,9	23,6	24,6	24,1	24,0	24,0	25,9	25,8
Стронцій-90, Пки/л	0,66	0,81	0,67	0,53		-	-	-	-	