



СТАЛИЙ РОЗВИТОК:

ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Колективна монографія

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.
ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

Київ
Яроченко Я.В.
2024



Міністерство освіти і науки України
Львівська обласна державна адміністрація
Національний університет «Львівська політехніка»
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола
Західний науковий центр НАН України і МОН України
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

За редакцією проф. Мальованого М. С.

Київ
Яроченко Я.В.
2024

УДК 502.17

С 76

DOI <https://doi.org/10.51500/7826-56-8>



Міністерство освіти і науки України
Львівська обласна державна адміністрація
Національний університет «Львівська політехніка»
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола
Західний науковий центр НАН України і МОН України
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

*Рекомендовано Вченою радою
Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління
(протокол № 5-24 від 12.11.2024 року)*

Відповідальний за випуск:

Вронська Н. Ю. кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка».

Рецензенти:

Пляцук Л. Д. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природозахисних технологій Сумського державного університету.

Шмандій В. М. доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського.

Адаменко Я. О. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Масікевич Ю. Г. доктор біологічних наук, професор, професор кафедри гігієни та екології Буковинського державного медичного університету.

С 76 **Сталий розвиток:** захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : кол. монографія / [авт. кол. : Русин І., Дячок В., Скиба В., Вознюк Н. та ін.] / за ред. проф. Мальованого М. С. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2024. — 420 с. : рис., табл. — on-line.

ISBN 978-617-7826-56-8 (on-line)

Монографію присвячено освітленню результатів наукових доповідей, оголошених на VIII Міжнародному конгресі (16-18 жовтня 2024, Україна, Львів) де було розглянуто наукові дослідження авторів у сфері: екології, екологічної та цивільної безпеки, туризму, підприємництва та біржової діяльності тощо.

Рекомендовано для науковців, викладачів, аспірантів, докторантів тощо.

УДК: 502.17

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| РОЗДІЛ 1 «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ» | 5 |
| 1.1. Русин І.Б., Дячок В.В. Роль пасивної технології зелених дахів у сталому розвитку..... | 6 |
| 1.2. Скиба В., Вознюк Н. Управління якістю поверхневих вод у контексті сталого розвитку..... | 23 |
| 1.3. Скиба В., Ганчук М., Аюбова Е. Світовий досвід інтеграції екологічної освіти (освіти для сталого розвитку) в систему вищої освіти..... | 72 |
| 1.4. Лукашов Д.В., Тесьолкіна Т.С. Особливості функціонування біогеохімічних циклів Cu, Ni та Cd в умовах екосистем грабових дібров середнього Придніпров'я..... | 107 |
| 1.5. Євдокимов С.О. Інноваційна модернізація кіберфізичних систем для підтримки сталого розвитку..... | 149 |
| 1.6. Saienko T.V., Dudar T.V. Ukraine is Facing Environmental and Ethical Problems of the World..... | 167 |
| 1.7. Bobro N. Implementation of the Digital University Concept to Achieve Sustainable Development..... | 181 |
| 1.8. Гачкевич А. Концепція екологічних прав: підхід Васака щодо поділу прав людини на покоління..... | 193 |
| 1.9. Мокрий В.І., Казимира І.Я., Арустамян Е.М., Бондарь В.І. ГІС-технології забезпечення сталого розвитку НПП «Північне Поділля»..... | 207 |
| РОЗДІЛ 2 «ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АУДИТ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ, ПЕРСПЕКТИВНІ ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ» | 221 |
| 2.1. Федонюк В.В., Іванців Я.В., Федонюк М.А., Іванців В.В. Розробка інтерактивної карти «Кліматичні зміни в Черемському ПЗ» та оцінка впливу цих змін на біорізноманіття..... | 222 |

| | | |
|------|---|-----|
| 2.2. | Мудрак К.В., Березіна Н.О. Оптимізація впливу на довкілля протижеледних матеріалів..... | 238 |
| 2.3. | Гайдучок О.Г., Кануннікова Н.О., Томашевський Р.С., Воробйов Б.В., Сакун А.О. Застосування пристроїв для очищення та дезинфекції води в умовах надзвичайних екологічних ситуацій..... | 254 |
| 2.4. | Дячок В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т. Вплив диоксиду сульфуру на процеси поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими міководоростями..... | 277 |
| 2.5. | Петрушка К.І., Мальований М.С., Петрушка І.М., Бондар О.І. Методи визначення індексів небезпеки для ґрунтів забруднених токсичними сполуками внаслідок військових дій в Україні на прикладі міста Львова..... | 301 |
| 2.6. | Назаревич Л.Є., Назаревич А.В., Ніщименко І.М., Назаревич Р.А. Про сейсмічну уразливість території України..... | 327 |
| 2.7. | Мадані М.М. Обезпилювання повітря виробничих приміщень підприємств деревообробки..... | 345 |
| 2.8. | Криховець О.В. Моніторинг нітратного забруднення джерельної води..... | 392 |
| 2.9. | Уланов М.М. Дослідження технологічної, екологічної та економічної доцільності великомасштабного виробництва низьковуглецевого водню в Україні..... | 404 |

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Скиба В., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, к.с.-г.н., доцент, м. Запоріжжя, Україна

Вознюк Н., Національний університет водного господарства та природокористування, к.с.-г.н., професор, м. Рівне, Україна

Abstract

The most effective mechanism for achieving "good" ecological status is the transition to Integrated Water Resources Management (IWRM). This is a modern approach to managing water bodies, which involves a systematic approach to solving problems related to water use. Unlike traditional management methods, IWRM considers the interconnections between different sectors that use water and the ecosystems that depend on it. IWRM is one of the most important tools for ensuring sustainable development, and the implementation of this approach will enable more efficient use of water resources, with a view to ensuring the well-being of future generations.

This publication aims to address two key tasks:

- 1) Water quality issues: an analysis of methodological approaches and current legislative practices for determining the quality of surface waters.
- 2) Practical aspects of the transition to Integrated Water Resources Management.

Вступ

За останні 100 років світовий попит на воду зріс на 600% (Wada et al., 2016). Останні 35 років спостерігається суттєве погіршення якості поверхневих вод і, як очікується, ця тенденція буде погіршуватись, що призведе до зростання загроз і негативного впливу на здоров'я людини та довкілля (du Plessis, 2022). За даними ООН майже чверть населення планети, а це 2,2 млрд

осіб, не мають доступу до безпечної питної води. У Звіті ООН про досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР) значиться, що 3 млрд людей не мають жодного уявлення про якість води, яка є джерелом їх буденного водокористування, в першу чергу така ситуація обумовлена відсутністю заходів контролю та моніторингу.

Забруднення води корелює з щільністю населення та економічним зростанням. Саме тому, розглядаючи запаси прісної води як ресурсу, варто зважати на стрімке підвищення попиту, обумовленого, по-перше, збільшенням чисельності населення на планеті. На середину 2024 р. цей показник сягнув 8,2 млрд, за прогнозами ООН досягне піку в середині 2080-х років і складе приблизно 10,3 млрд. Другий фактор, на який неодмінно треба зважати, це прогнозоване збільшення тривалості життя. Усереднений показник тривалості життя людини станом на 2019 р. становив 73 роки; за даними Євростату середня тривалість життя мешканців Європи у 2023 р. досягла 77 років 2 міс.; прогнозований усереднений показник для мешканця нашої планети у 2050 р. становитиме 81 рік та 5 міс. За прогнозами ООН загострення набудуть і ключові екологічні проблеми. Очікується, що до 2040 року глобальний попит на воду може збільшитися майже на 50 %; до 2050 року 5,7 млрд людей проживатимуть у районах, в яких нестача прісної води відчуватиметься мінімум один місяць на рік, 6 млрд страждатимуть від дефіциту чистої води. Також необхідно зважати на потенційні ризики, обумовлені кліматичними змінами, надмірним рівнем антропогенного навантаження та загостренням збройних конфліктів (World Population Prospects, 2024; The Sustainable Development Goals Report, 2022; Skyba et al., 2021; Зелінський, 2022).

Результати глобального дослідження, проведеного Міжнародним дослідницьким інститутом продовольчої політики (IFPRI), демонструють тенденцію швидкого погіршення якості води в багатьох країнах. За представленими прогнозними даними у 2050 році третина населення планети наражатиметься на небезпеку високого ступеня ризику, обумовлену збільшенням кількості азоту та фосфору у воді; 1 з 5 людей буде піддаватися

ризика, спричиненому забрудненням води через суттєву інтенсифікацію процесу біохімічного споживання кисню (БСК). Фокус уваги, зосереджений на сталому управлінні водними ресурсами набуватиме все більшої актуальності через бідність, нерівномірний розподіл та доступ до використання водних ресурсів, а також погане управління (Ahmed, Zounemat-Kermani, & Scholz, 2020).

Якість річкової води має тенденцію погіршуватися під час екстремальних погодних явищ: під час посухи та спеки (68%), дощів і повеней (51%), а також під час довготривалих змін клімату (56%). А оскільки ці події стають все більш частими та серйозними через зміну клімату, здоров'я екосистем та доступ людей до безпечної води можуть опинитися під дедалі більшою загрозою (van Vliet et al., 2023).

Деградація ресурсів прісної води була включена Всесвітнім економічним форумом до десятки найбільших глобальних ризиків останнього десятиліття. Якість води є однією з головних проблем людства у XXI ст., нездатність розв'язати цю глобальну проблему, ймовірно, матиме серйозні наслідки для досягнення кількох цілей сталого розвитку (ЦСР) (du Plessis, 2022). Очікується, що забруднення води посиляться протягом наступних десятиліть і стане серйозною загрозою для сталого розвитку суспільства (Boretti, & Rosa, 2019).

Актуальність теми дослідження та проблематика

Доступ до чистої води, належної санітарії та гігієни є правом людини, тому чиста вода та належне управління водними ресурсами є ключовою основою сталого розвитку суспільства (Mukherjee, Babu, & Ghosh, 2020; Khan, Zakwan, & Mohanty, 2022). Якість води займає ключове місце в стратегічних підходах сталого розвитку, зосереджуючись на сталості використання води для майбутніх поколінь, посідаючи центральне значення для досягнення всіх 17-ти ЦСР. Хоча ЦСР формулюються як окремі цілі, вони навряд чи є незалежними. Вода проходить центральною лінією через кілька з них, і цілі та індикатори, що стосуються прісноводних систем, можна знайти не лише у спеціальній меті

щодо води (ЦСР 6 Чиста вода та санітарія), а й в інших (Bhaduri et al., 2016). Вода має фундаментальне значення і для забезпечення їжею, енергією та здоров'ям людей. Тому вода посідає центральне значення для розвитку і була визнана однією з Цілей сталого розвитку ООН. Розв'язання водних проблем для забезпечення чистою водою та захисту від небезпеки, пов'язаної з водою, допоможе досягти і багатьох інших ЦСР, зокрема щодо продовольчої безпеки (ЦСР 2: Подолання голоду) громадського здоров'я (ЦСР 3: Міцне здоров'я та благополуччя) та подолання бідності (ЦСР 1: Подолання бідності) (Yang et al., 2020).

Зниження якості води з урахуванням негативної прогнозованої тенденції в довгостроковій перспективі стало глобальною проблемою для сталості соціально-екологічних систем. Питання дефіциту води набуває вже більшої актуальності в контексті проблематики якості, ніж кількості (Bhaduri et al., 2016). На відміну від оцінки кількості води, моніторинг та управління якістю води є складним, системним процесом. Однією з головних проблем є щорічний синтез нових хімічних речовин, які з'являються в усьому світі. За підрахунками, тільки в США це число щороку перевищує 1000. Як правило, наслідки впливу нових синтезованих речовин для здоров'я та довкілля неможливо оцінити достовірно та швидко (Biswas, & Tortajada, 2019). Типовим підтвердженням цього став скринінг якості води Дніпра. Це перше масштабне дослідження понад 67 тис. речовин, проведене у 2021 за умовами європейського партнерства. У результаті дослідження виявлено 21 речовину-забруднювача, з них: 19 синтетичних речовин (сільськогосподарські отрутохімікати, фармацевтичні препарати та речовину, що використовується у парфумерії – синтетичний мускус), 2 важких метали: цинк та мідь (Наскільки безпечна вода у Дніпрі, 2021).

Таким чином, важко приймати рішення на основі фактичних даних щодо того, скільки параметрів якості води слід вимірювати регулярно, впроваджуючи економічно-ефективну систему управління водними ресурсами. Існує широкий спектр можливих індикаторів якості води, і все ж проблема оцінки екологічного

стану та якості прісноводних водойм у багатьох частинах світу залишається дуже актуальною (Bhaduri et al., 2016).

Екологічна оцінка є попереднім етапом та неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, яка передбачає зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановлених для певного виду водокористування. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості води із значенням усіх тих показників, які встановлені в результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Як правило, програмами моніторингу якості поверхневих вод в країнах, що розвиваються передбачено регулярний контроль лише 10–20 стандартних параметрів якості води (Biswas, & Tortajada, 2019). Прикладами кардинальної зміни підходів є Сингапур та Китай. У 1970 році в Сінгапурі моніторинг проводився за 36 параметрами якості води, тоді як зміна методики, запроваджена з 2016 року дозволяє здійснювати оцінку за 340 показниками. На тлі стрімко зростаючої екологічної катастрофи зміна підходів до моніторингу якості та контролю в Китаї сприяла трикратному збільшенню параметрів, на сьогодні орієнтовний перелік містить 110 показників (Biswas, & Tortajada, 2011).

Дані про якість води є ключовими для прийняття обґрунтованих політичних рішень; на перспективу досягнення ЦСР вимагатиме інтегрованого підходу управління водними ресурсами задля пошуку та впровадження ефективних взаємопов'язаних рішень (Measuring Progress, 2023).

Ще одним ключовим викликом є питання управління водними ресурсами (УВР) (Yang et al., 2020). Належне управління якістю води є необхідною умовою для подальшого економічного та соціального сталого розвитку та абсолютно критично важливою для гідної якості життя людей (Biswas, & Tortajada, 2019).

Враховуючи, що кількість водних об'єктів, які мають незадовільні показники якості води та темпи трансформації басейнів мають несприятливу

прогнозу тенденцію, відповідно зростає і необхідність в адаптивності застосування зручних методичних підходів, спроможних відображати екологічні зміни якості поверхневих вод. Зважаючи на це, ми поставили за мету розглянути підходи до оцінки якості поверхневих вод, які застосовувались в різні періоди часу та проаналізувати тотожність сучасних інтегрованих підходів, які застосовуються різними країнами світу.

Компаративний аналіз модифікації підходів до екологічної оцінки якості поверхневих вод в Україні

Застосування різних показників та методичних підходів до визначення якісного стану поверхневих вод набувало змін відповідно до розвитку технічних та інструментальних можливостей здійснення екологічної оцінки якості води, а також при зміні законодавчих та управлінських підходів.

Досліджуючи цю проблематику, варто зазначити, що наявні на тепер методи комплексної оцінки забрудненості поверхневих вод принципово поділяються на дві групи. До першої зараховують методи, що дають змогу оцінювати якість води за сукупністю гідрохімічних, гідрофізичних, гідробіологічних, мікробіологічних показників. До другої групи – методи, пов'язані з розрахунком комплексних індексів забрудненості води (Бреус & Левченко, 2019).

Перші методологічні підходи до комплексного визначення якості поверхневих вод почали з'являтися на початку 60-х років ХХ ст. Одна з перших методик комплексної оцінки якості поверхневих вод з урахуванням хімічних, фізичних параметрів забруднення, гідробіологічних та бактеріологічних показників, доповнена візуальним описом водного об'єкта у місці відбору проб – запропонована Билінкіною А. О. зі співавторами. Методика базується на дослідженні: БСК₅, вмісту амонію сольового, окремих токсичних речовин, органолептичних показників, індексу сапробності, титру кишкової палички. Драчову С. М. (1964) належить розробка класифікації якості води за 6-ма категоріями від «дуже чистих» до «дуже брудних» з відповідністю концентрації

речовини-забруднювача певному показнику. Саме ця класифікаційна схема є прототипом сучасної методології екологічного та гігієнічного нормування показників якості води у багатьох краях світу. На той час даний підхід не набув широкого практичного застосування, лише у 1977 році класифікаційний підхід ранжування водних об'єктів за категоріями та класами став методичною основою ГОСТу 17.1.1.02-77. У документі враховано морфометричні, фізико-географічні та режимні особливості водних об'єктів, але при цьому не включені показники якості поверхневих вод за гідрохімічними, гідробіологічними та бактеріологічними показниками (Скиба, 2020).

Загальним питанням визначення якості води та її показників, розробкою єдиного комплексного показника, з урахуванням особливостей водойм залежно від типу водокористування, ґрунтово-кліматичних умов розташування водозбору, ступеня природної мінералізації поверхневих вод, особливостей гідрологічного режиму, показників оцінки якості води присвятили свої наукові праці Гурарий В. І., Шайн А. С. (1975); врахуванню розширеного переліку гідрохімічних показників Пічахчі І. Д. та ін. (1977), Жукинський В. Н. (1980); використанню всіх показників зі встановленими значеннями ГДК – Новіков Ю. В. (1984), Лук'яненко В. І. (1996); використанню невеликої кількості нормованих показників (від 4 до 10-12): Абакумов В. А. (1983), Брагинський Л. П. (1985). Алгоритм використання репрезентативних показників, який полягає у розподілі забруднюючих речовин на систематичні (репрезентативні) та ті, які зустрічаються нечасто (фонові) з можливістю прогнозування його стану надалі, аналізуючи елементи та сполуки накопичені у донних відкладах розроблений Караушевим А.В. (1981) (Скиба, 2020).

Надалі з'явилося багато пропозицій виокремлення основних політантів в загальній структурі показників якості води. Одні базуються на використанні показників з фіксованим значенням ГДК, інші передбачають врахування при розрахунках обмеженого числа показників (здебільшого кількість варіюється у межах 6-9 показників). Проте, шляхом використання лише одного порівняння зі значенням ГДК неможливо визначити специфіку функціонування водних

екосистем у різних природно-кліматичних зонах, врахувати сезонні особливості та гідрохімічну відмінність річкових басейнів.

Схема врахування біотичного індексу (прийнята в Англії), яка враховує видове різноманіття організмів, перетворення якісних характеристик у кількісні у вигляді балів та індексів запропонована Жукинським В. Н. зі співавторами (1980). Основна мета – виявлення впливу виробничих та господарсько-побутових стоків на якість води у водоймах, враховуючи, що за тривалий час популяції гідробіонтів пристосувалися до життя в різних геохімічних провінціях та адаптувалися до локальної концентрації поллютантів.

Метод оцінки якості води Новікова Ю. Н. та ін. (1987) базується на розрахунку комплексної оцінки рівня забруднення за кожною лімітуючою ознакою шкідливості. Показники шкідливості об'єднують у: критерій санітарного режиму W_c , критерій органолептичних властивостей W_f , небезпеки санітарно-токсикологічного забруднення $W_{ст}$ та епідеміологічний критерій W_e .

У 80-х роках в Україні практика управління водогосподарською та водоохоронною діяльністю враховувала класифікацію якості поверхневих вод за різними групами характеристик: біологічні показники, вміст органічних речовин, вміст неорганічних речовин та значення фізичних показників, вміст органічних та неорганічних промислових поллютантів. Згідно з даною класифікацією якість води характеризується 3-ма класами придатності води для використання та 6-ма класами якості з погляду екологічного благополуччя (I клас – «дуже чиста» та VI клас – «дуже забруднена») (Скиба, 2020).

Інтегральні показники оцінки якості води за сукупністю фізико-хімічних та біологічних параметрів у вигляді схеми комплексної екологічної оцінки запропоновані Оксїюк О. П. та Жукинським В. П. (1993) (Оксїюк, Жукинський, Брагинський et al., 1993). Фактори формування якості води за Сніжко С. І. (2001) складаються з 5-ти блоків: гідробіологічного, фізико-географічного, антропогенного, гідрометеорологічного та гідрохімічного. Усі компоненти

блоків тісно пов'язані між собою, що дозволяє враховувати принцип нерозривності між усіма складниками водної екосистеми (Сніжко, 2001).

Головна проблема впровадження методології запропонованих класифікацій та практичному їх використанні полягала, по-перше, у неузгодженості між собою кількісних значень критеріїв, що приведені для тих самих класів забруднення. По-друге, класифікації якості поверхневих водних об'єктів побудовані на бальних або індексних оцінках, отриманих експертним шляхом у переважній більшості склалися компіляторним або інтуїтивним методом, що знижувало їх об'єктивність.

Закордонний досвід оцінювання якості поверхневих вод за окремими блоками показників та комплексний методологічний підхід

Методи оцінювання якості природних вод за комплексними показниками почали з'являтися у 1960-х роках. Перша спроба створення узагальненого показника якості води, так званий Індекс Хортон розроблена у 1965 році в США.

У 1974 році з'являється схема оцінювання якості води із застосуванням індексу якості (ІКВ), що розраховується за такими показниками, як розчинений кисень, БСК, аміак та іони амонію, рН, загальний азот, фосфати, завислі речовини, температура, електропровідність, *Escherichia Coli* (Бреус, & Левченко, 2019). У цей же період Національною організацією санітарії (США) розроблено методологію обрахунку індексу якості води WQI (модифікована версія моделі Хортон), яка базується на вимірюванні дев'яти показників – вмісту розчиненого кисню, кількості фекальних колі-форм, величині рН, БСК, температури, вмісту загального фосфору, нітратів, каламутності й величини сухого залишку. Першооснова методики за Brown R. M. (1970) була доопрацьована Bhargava D.S. (1983), йому належить ідея визначення WQI в діапазоні 0-100 безрозмірного значення. На основі балів WQI якість поверхневих вод була розділена на п'ять категорій, представлених у табл. 1 (Brown, McClelland, Deininger, & Tozer, 1970; Bhargava, 1983).

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^n W_n q_n}{\sum_{i=1}^n W_n} \quad (1)$$

де q_n – оцінка якості n -го параметра якості води;

W_n – одинична вага n -го параметра якості води.

Таблиця 1

Градація бального розподілу за показником WQI

| Якість води | відмінна (high) | добра (good) | задовільна (moderate) | погана (poor) | дуже погана (bad) |
|----------------|--------------------|--------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| Значення WQI | 0-25 | 26-50 | 51-75 | 76-100 | >100 |

Відповідно WQI вважається математичним інструментом, який значно мінімізує складні набори даних про якість води та забезпечує єдине класифікаційне значення, яке описує стан якості води у водоймах або ступінь забруднення (Akhtar et al., 2021). Оцінювання якості природних вод за допомогою показника WQI набуває все більшої популярності. Останніми роками спостерігається збільшення кількості досліджень, публікацій і глобальних звітів, які спираються на методологію WQI. Методику інтегральної оцінки постійно модифікують (як саму формулу, перелік показників так і градацію розподілу балів), уводять додаткові параметри, враховують регіональний фактор, критерії водокористування тощо.

Саме Water Quality Index (WQI) є базисом Закону США про чисту воду (CWA, 2019 р.), активно використовується в Канаді (Канадський індекс CWQI). Його інтерпретація Universal Water Quality Index (UWQI) поширена на африканські країни, спрямовані на захист поверхневих водойм від антропогенного впливу шляхом використання хімічних та екологічних критеріїв оцінки якості води. У своєму дослідженні Akhtar N. (2021) зі співавторами аналізує 46 варіацій методології WQI, кожна з яких є придатною для використання (Akhtar et al., 2021).

Розрахунок окремих показників та відсутність уніфікованої методики нерідко призводить до різниці рекомендаційних заходів щодо управління

якістю води, що створює практичні проблеми для впровадження дій із захисту гідроекосистем від подальшої деградації (Zhang, Zhang, Du, & Chen, 2022; Berry, Steffy, & Shan, 2020; Banda, & Kumarasamy, 2020). Якраз WQI є простим і легким рішенням, тим методом управління якістю води, який відіграє вирішальну роль в оцінці забруднення води (Ariza-Restrepo, Rodriguez-Diaz & Onate-Barraza, 2023). Методи розрахунку WQI останнім часом значно покращили визначення, моніторинг та оцінку якості води. Таким чином, надзвичайно важливо визнати цінність цих методів для управління якістю води та регуляторних рішень (Khan, Ahsan, Imteaz, Shafiquzzaman, & Al-Ansari, 2023).

Одним зі способів подання результатів оцінювання екологічного стану поверхневих вод, згідно Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС (ВРД, WFD) є індекс екологічної якості (*EQI (аббревіатура, яка використовується в укр. наукових джерелах)*).

Водна рамкова директива (ВРД) – це європейське законодавство, спрямоване на захист і відновлення водних об'єктів. Він вимагає від держав-членів ЄС досягнення доброго стану в усіх поверхневих водах (екологічний і хімічний стан) і підземних водах (хімічний і кількісний стан) (Nakhle, Stamos, Proietti, & Siragusa, 2024). Відповідно до вимог ВРД стан поверхневих вод оцінюється за допомогою двох статусів: екологічного та хімічного (наявність поллютантів) (EQS). Своєю чергою екологічний статус оцінюється з урахуванням біологічних (EQR), гідроморфологічних та фізико-хімічних показників якості (Griffiths, 2002).

ВРД чітко вказує, що держави-члени мають можливість розробляти та впроваджувати методи для оцінки EQR, які вони вважають за потрібне, адаптовані до їхніх конкретних потреб і з урахуванням відповідних вимог (EQR, 2007).

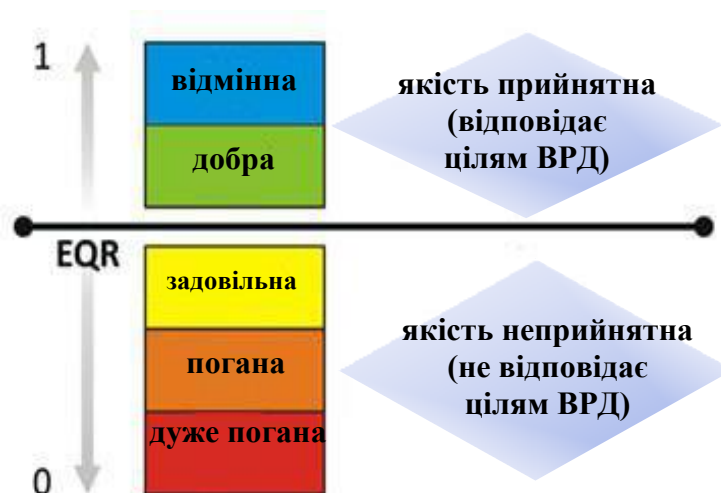


Рис. 1. Шкала EQR відповідно до вимог ВРД (Miccoli, Lombardo, & Cicolani, 2013)

Проте в деяких літературних джерелах EQR визначається як ключовий індекс екологічної якості та уніфікується з нашим розумінням комплексного показника екологічної якості поверхневих вод (EQI). Маємо думку, що основна причина дійсно полягає в тому, що методичні першоджерела мають саме рекомендаційний характер.

ВРД визначено п'ять класів якості (QC), які обраховуються на основі коефіцієнта екологічної якості (EQR). EQR визначаються для кожної території та типу екосистеми на основі найменш постраждалих місцевостей у цій зоні.

$EQR \approx 1$ – «висока якість», тобто фактичний стан гідроекосистеми мало відрізняються від еталонних умов. Відповідно до ВРД, екологічний стан є прийнятним для ділянок, які класифікуються як «високий» або «добрий» екологічний статус (QC I та II, відповідно, рис. 1), тоді як ділянки з «поганим» або «помірним» статусом (QC III–V) потребують привести до прийнятного екологічного стану шляхом розробки та практичної реалізації Планів управління річковими басейнами (ПУРБ) (Miccoli, Lombardo, & Cicolani, 2013).

Екологічний індекс якості води (ІЕ) розраховується як середнє арифметичне значення індексів компонентів сольового складу (I_c), трофо-сапробіологічних (I_{tc}) та специфічних показників токсичної та радіаційної дії (I_t). Градації EQI за

класами якості води наведено в керівному документі ЄС «Спільне впровадження Стратегія ВРД (2000/60/ЄС) (Mats, 2023; Мітрясова, Погребенник, Шибанова, & Джумеля, 2022). EQI визначається шляхом порівняння значень показників, отриманих у конкретному створі, зі значеннями показників у референційних (еталонних) умовах:

$$EQI = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{P_e}, \quad (2)$$

де: P_i – значення показника в i -му створі;

P_e – значення показника в еталонному створі;

N – загальна чисельність показників.

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для EQI , можна використати відношення: (Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, 2012):

$$I_{Eпр} = 1 - (I_E / 7) \quad (3)$$

$$I_E = (I_C + I_{TC} + I_T) / 3 \quad (4)$$

де: I_C – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_{TC} – трофо-сапробіологічний індекс;

I_T – індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії.

Градації індексу EQI відповідно до класів якості вод наводяться у керівному документі ЄС «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/ЄС), Guidance document № 10» та представлена у табл. 2

Таблиця 2

Градації індексу EQI

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| Клас якості вод | відмінна (high) | добра (good) | задовільна (moderate) | погана (poor) | дуже погана (bad) |
| Значення EQI | 1-0,83 | 0,82-0,62 | 0,61-0,41 | 0,40-0,20 | <0,20 |

Індекс якості навколишнього середовища (EQI) також є в американській законодавчій системі щодо визначення стану та захисту довкілля. На відміну від європейського він передбачає визначення даних за п'ятьма складниками: повітря, вода, ґрунти, урбанізація та соціально-демографічне середовище. EQI допомагає дослідникам краще зрозуміти, як сукупний вплив на навколишнє середовище, який зазвичай розглядається ізольовано, відображається на стані здоров'я людей (U.S. EPA, 2014).

Вдосконалення чинних методологічних підходів з урахуванням міжнародного досвіду

Відповідно до цілей сталого розвитку, для України, де понад 70% всього водокористування припадає саме на поверхневі води, моніторинг та управління водними ресурсами є не тільки основою запобігання екологічним ризикам, але й однією з умов сталого використання водних ресурсів та якості довкілля загалом. Дослідження та аналіз екологічного стану водних об'єктів, зокрема річок, має важливе практичне значення, оскільки їх стан надалі відбивається на якості питної води (Мітрясова та ін., 2022). Якість поверхневих вод окремих естуаріїв України, поряд з іншими комплексними показниками визначення стану водних об'єктів, доцільно використовувати з метою оцінки сучасного стану гідрологічної системи окремого водного об'єкта та при визначенні динаміки його екологічних змін за окремі проміжки часу.

Законодавча система охорони поверхневих та підземних вод в Україні базується у першу чергу на екологічних нормативах водокористування та дотриманні встановлених значень ГДК, передбачених Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водним Кодексом України та «Санітарними нормами й правилами охорони поверхневих вод від забруднення».

Відповідно до підходів, які в різний час використовувались у нашій державі, плацдармом стала, розроблена у 1992 р. Яциком А. В. та ін. методика, що включала дані моніторингових спостережень за гідрохімічними

показниками стану поверхневих вод з подальшою прив'язкою до гідрографічного районування території України (Яцик, Петрук, & Канаш, 1992). Хронологія офіційно-затверджених підходів до оцінки якості води охоплює: Методику «Екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» (КНД 211.1.4.010-94), Методику «Екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», (Романенко et al., 1998) та Методику віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод (Методика віднесення., 2019).

Окрім того, є велика кількість вагомих доробків та альтернативних методик, уніфікованих та адаптованих українськими науковцями та дослідниками відповідно до інтегрованих показників, поширених у світі.

Наприклад, методика «Розгорнутої екологічної оцінки якості вод», яка базується на основі методики «Комплексної експертної оцінки екосистем басейнів річок» (2004) дозволяє відстежувати тенденції зміни якості води досліджуваної річки (як загалом, так і за окремими показниками), які спричиняються як природними процесами, так і внаслідок прямої чи опосередкованої антропогенної діяльності (Клименко, Трушева, & Гроховська, 2004). Оцінка якості поверхневих вод здійснюється за екологічним коефіцієнтом I_E , який визначається за речовинами 3-х блоків показників: сольового складу (I_A), трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного, I_B), та блоку специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (I_C). При формалізації екологічної оцінки якості вводиться єдина шкала виміру кожного показника, в якій величини показників визначаються цілими числами (рангами), що відповідають певній категорії якості води.

Починаючи з 2000-х років методики по оцінці забруднення та визначення екологічного стану поверхневих вод вдосконалюються та модернізуються згідно з вимогами правового регулювання ЄС. У першу чергу вони ґрунтуються

саме на екологічній оцінці якості води, віднесенні до певного класу, категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників її складу і властивостей. Екологічна оцінка якості води дає інформацію про воду як складник екосистеми, про її придатність як життєвого середовища гідробіонтів і важливої частини природного середовища людини (Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019). Проведення екологічної оцінки стану всіх типових ділянок басейну річки за біологічними, фізико-хімічними та гідроморфологічними параметрами є важливим етапом дослідження водотоків, передбаченої вимогами Водної Рамкової Директиви ЄС (WFD, 2013).

Основною характеристикою водного середовища, згідно ВРД ЄС є не вміст окремих показників якості води, як це було звично для України, а стан водної екосистеми. Стан гідроекосистеми, як відомо, визначається її абіотичними (фізичними та фізико-хімічними) і біотичними показниками, відповідно, екологічний стан встановлюється за біологічними компонентами разом з фізико-хімічними й гідроморфологічними характеристиками (Методика екологічної оцінки якості ..., 2012).

Новітні вимоги євроінтеграції та вимоги водоохоронного законодавства з урахуванням основних положень ВРД ЄС 2000/60/ЕС враховує розроблена у 2012 році проєктна методика «Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями». Дана методика є видозміною чинного документа «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (1998 р.), враховує основні пріоритети у водоохоронній діяльності та шляхи досягнення доброго стану поверхневих вод (Методика екологічної оцінки...,1998; ЕРА, 2019) та розроблена відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного кодексу України, Постанови Кабінету Міністрів України від 19 березня 1997 р. № 244 «Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів». Методика враховує вимоги

ВРД, Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (Конвенції Еспо) та низки інших міжнародних документів.

Нововведенням проєктної методики є врахування гідрохімічних особливостей водотоку залежно від природних умов, а також можливість розрахунку перехідного коефіцієнту між сусідніми категоріями якості води, а також передбачено аналіз за блоком гідробіологічних показників. Уточнене значення категорії якості дозволяє робити оцінку більш гнучкою та точнішою за допомогою подальшого заокруглення отриманого значення до десятих та віднесення показника (блоку показників) до відповідної субкатегорії якості води. Це має важливе значення з водоохоронної точки зору та дає змогу визначити ступінь наближення значення показника до межі наступного (гіршого) класу (Методика екологічної оцінки якості .., 2012; Осадча, Набиванець, & Яцюк, 2013).

Спеціалізовані системи оцінок екологічної класифікації якості поверхневих вод, як правило, побудовані за однаковим принципом: поділяють води на п'ять класів та сім підпорядкованих їм категорій, що в принципі певною мірою узгоджується з закордонними підходами. Для досягнення об'єктивності та достовірності оцінки екологічного стану масиву поверхневих вод необхідно використовувати комплекс гідроморфологічних, біологічних, фізико-хімічних, хімічних та токсикологічних показників (табл.3).

Оцінка якості поверхневих вод за екологічною класифікацією, класи та категорії (Клименко, Прищеп, & Вознюк, 2023)

| Клас якості води | I | | II | | III | | IV | V |
|--|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------|---|
| Категорія якості води | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Назва класів і категорій якості вод за їх станом | Відмінні | Добрі | | Задовільні | | Погані | Дуже погані | |
| Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості) | Відмінні | Дуже добрі | Добрі | Задовільні | Посередні | Погані | Дуже погані | |
| Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості) | Дуже чисті | Чисті | | Забруднені | | Брудні | Дуже брудні | |
| Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості) | Дуже чисті | Чисті | Досить чисті | Слабко забруднені | Помірно забруднені | Брудні | Дуже брудні | |
| Сапробність | Олігосапробні | | β-мезасапробні | | α-мезасапробні | | Полісапробні | |
| | β-олігосапробні | α-олігосапробні | β'-мезасапробні | β''-мезасапробні | α'-мезасапробні | α''-мезасапробні | Полісапробні | |
| Трофність (переважаючий тип) | Оліготрофні | Мезотрофні | | Евтрофні | | Політрофні | Гіпертрофні | |
| | Оліготрофні-олігомезотрофні | Мезотрофні | Мезо-евтрофні | Евтрофні | Ев-політрофні | Політрофні | Гіпертрофні | |

При проведенні наукових досліджень та обрахунку якості поверхневих вод за (Методика екологічної оцінки якості .., 2012) ми встановили, що визначення уточненої категорії якості поверхневих вод буде максимально показовим при врахуванні категорій для усіх значень (середнього, максимального та мінімального). Тобто, для отримання максимально точних даних розрахунку проводити за наступною формулою (Скиба, 2020):

$$K_y = N + (A_c - A_{min}) / (A_{max} - A_{min}) \quad (4)$$

$$N = (N_{min} + N_c + N_{max}) / 3 \quad (5)$$

де: K_y – уточнене значення категорії;

N – усереднене значення категорії якості води;

N_{min} – мінімальне значення категорії якості;

N_{max} – максимальне значення категорії якості;

N_c – середнє значення категорії якості;

A_c – середньорічна величина показника якості води;

A_{min} – мінімальна величина показника за період дослідження;

A_{max} – максимальна величина показника за період дослідження.

Основні особливості застосування та переваги різних методів обрахунку екологічної оцінки якості поверхневих вод зведені у табл. 4. (Скиба, & Вознюк, 2018; Скиба, 2020)

Таблиця 4

Особливості застосування різних методів обрахунку
екологічної оцінки якості поверхневих вод

| Метод | Особливості застосування |
|------------------------------------|---|
| Табличний | <ul style="list-style-type: none"> ✓ експрес-використання; ✓ оптимально застосовувати при обмеженій кількості даних |
| Уточнена категорія | <ul style="list-style-type: none"> ✓ потребує додаткового розрахунку; ✓ дозволяє точніше визначити категорію якості води; ✓ простежити динаміку коливання показників у межах однієї категорії |
| Запропонований алгоритм розрахунку | <ul style="list-style-type: none"> ✓ для розрахунку потребує максимального, середнього та мінімального значення концентрації речовини у річковій воді; ✓ максимально точний; ✓ доцільно застосовувати для розрахунку при коливанні значень показника у межах різних категорій якості води; ✓ раціонально застосовувати для великих масивів даних та постійних рядів спостережень. |

У грудні 2017 р. Державним агентством водних ресурсів України запроваджено програмну систему «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України», розроблену з урахуванням вимог законодавства прийнятого в рамках імплементації норм ЄС (рис. 2). Дана інтерактивна ГІС-мапа стала уніфікованим плацдармом для оцінки та усвідомлення узагальненої ситуації щодо якості поверхневих вод в Україні. Проте, варто наголосити, що загальний

алгоритм опрацьований системою, представлений на карті не зводиться до інтегрованої оцінки якості масивів поверхневих вод, а тільки відображає кратність перевищення значення ГДК за певним гідрохімічним показником (рис. 3).

У 2019 році набула чинності «Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод». Алгоритм визначення екологічного стану масиву поверхневих вод передбачає врахування гідроморфологічних, хімічних, фізико-хімічних та біологічних показників (табл. 5).

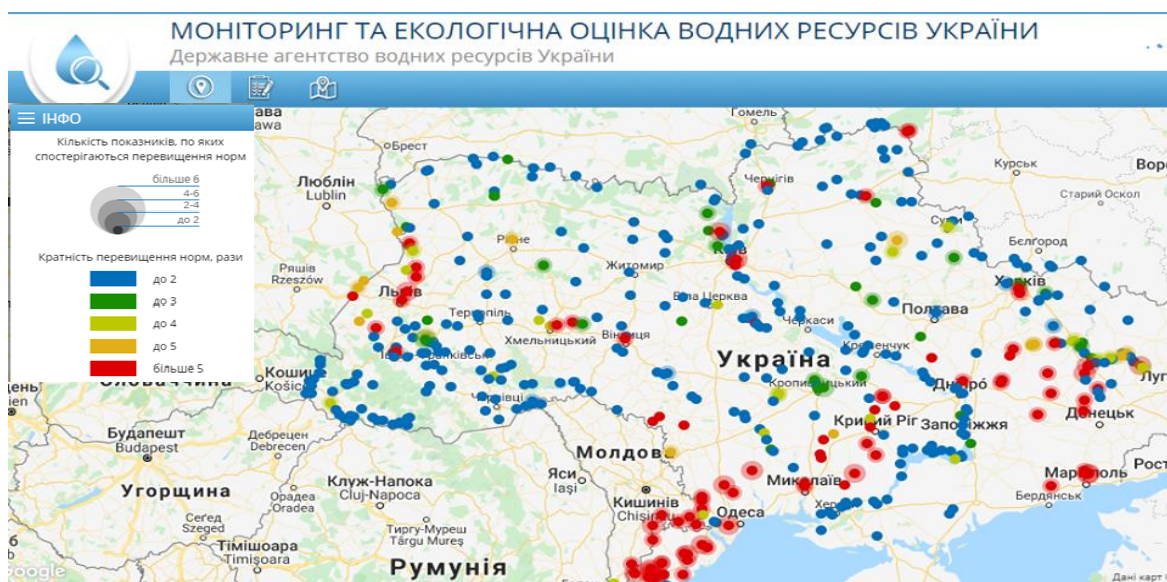


Рис. 2. Картосхема інтерактивного ресурсу «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів» за даними Державного агентства водних ресурсів України

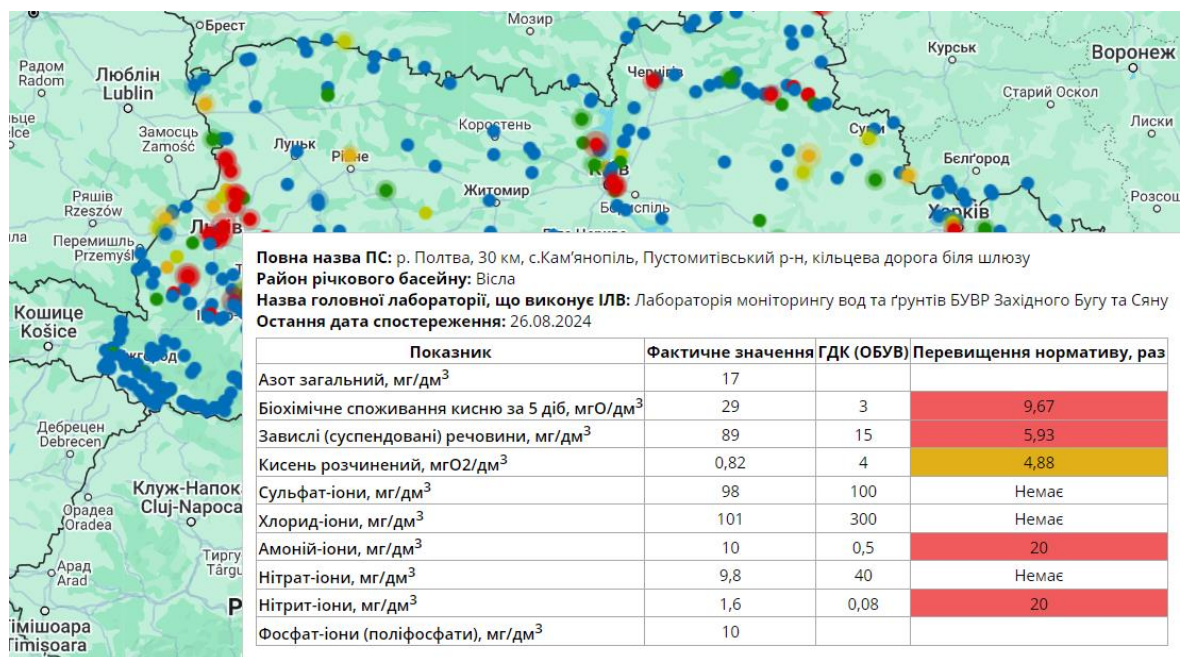


Рис. 3. Формат представлення даних на інтерактивній ГІС-мапі

Таблиця 5

Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану (Методика віднесення масиву..., 2019)

| Стан «відмінний» | Стан «добрий» | Стан «задовільний» |
|---|--|--|
| Значення біологічних показників відповідають значенням, характерним для масиву поверхневих вод у референційних умовах, мають тенденцію до дуже незначних змін. Відсутні або виявлені дуже незначні антропогенні зміни значень гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників порівняно з величинами, характерними для масиву поверхневих вод в референційних умовах | Значення біологічних показників масиву поверхневих вод вказують на низькі рівні антропогенного впливу і мало відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників не перевищують екологічних нормативів якості, встановлених для екологічного стану «добрий» | Значення біологічних показників масиву поверхневих вод помірно відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Ці значення мають помірну тенденцію до відхилення в результаті антропогенного впливу та мають значно більші відхилення порівняно з умовами стану «добрий». Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників перевищують екологічні нормативи якості, встановлені для екологічного стану «задовільний» |
| Стан «поганий» | Стан «дуже поганий» | |
| Спостерігаються значні зміни щодо значень біологічних показників та значні відхилення від норм відповідних біологічних популяцій, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах | Спостерігаються дуже сильні зміни щодо біологічних показників, відсутність великої частини відповідних біологічних ценозів, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах | |

У грудні 2022 р. була офіційно схвалена Водна стратегія України до 2050 року. Це надважливий документ для України на шляху виконання міжнародних зобов'язань у сфері «водної» безпеки нашої держави, Угоди про асоціацію між Україною та ЄС та Резолюції Генеральної Асамблеї ООН: Глобальні цілі сталого розвитку до 2030 року. Стратегія покликана розв'язати основні водні проблеми країни, серед яких значиться досягнення «доброго» екологічного стану вод та стале управління водними ресурсами за басейновим принципом. Операційний план з реалізації Водної стратегії до 2024 року передбачає 100-% відповідність законодавчої бази у водній сфері вимогам ЄС.

«Добра якість» води як одна з глобальних цілей сталого розвитку

Швидка індустріалізація, урбанізація, глобальне потепління та зміна клімату погіршують якість поверхневих вод у всьому світі. Отже, збереження води має важливе значення як для екологічної стійкості, так і для виживання людини (Khan, Ahsan, Imteaz, Shafiquzzaman, & Al-Ansari, 2023).

У 1978 р. під егідою Стокгольмської конференції (1972 р.) створено глобальну мережу моніторингу якості води GEMS/Water, яка забезпечує функціонування унікальної мережі моніторингу якості води у 125-ти країнах світу та координацію даних в єдиній базі даних GEMStat. Дана програма створена за підтримки Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO), Всесвітньої метеорологічної організації (WMO), Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки й культури (UNESCO) та реалізована на базі Національного дослідницького інституту води (NWRI) (Берлінгтон, Канада). З 2014 р. програма була оновлена, реструктуризована та посилена. З цього часу UNEP GEMS реалізується в межах «Порядку денного сталого розвитку до 2030 р.».

19 вересня 2019 р. в м. Іспра (Італія) Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) спільно з Об'єднаним дослідницьким центром (JRC) Європейської комісії започатковано Всесвітній альянс якості води (WWQA) як відкриту спільноту практиків. WWQA – це глобальна, добровільна, гнучка

мережа, яка об'єднує усі зацікавлені сторони та централізує якість прісної води в досягненні процвітання та сталого розвитку. Повноваженнями Альянсу є контроль, аналіз та інформування про ризики якості води на глобальному, регіональному, національному та місцевому рівнях з метою визначення рішень для підтримки та відновлення здоров'я та благополуччя як екосистем, так і людей.

Цілі сталого розвитку (ЦСР), ухвалені Генеральною Асамблеєю ООН на період 2015-2030 рр., як продовження Цілей розвитку тисячоліття (ЦРТ) на період 2000-2015 рр. містять чіткі концепції щодо покращення якісного стану водних екосистем у всьому світі, підвищення ефективності використання води та зменшення дефіциту води (UN General Assembly, 2015). Новим у ЦСР 6 є включення додаткових цілей щодо покращення якості води, зменшення забруднення води, підвищення ефективності використання води, більш ефективного управління водними ресурсами, захисту екосистем, зміцнення міжнародного співробітництва та залучення місцевих громад. ЦСР стосуються всіх країн світу, тоді як ЦРТ були зосереджені на країнах, що розвиваються. Для води це важливо, оскільки споживачі та виробники в індустріально розвинутих країнах значною мірою сприяють забрудненню води та її надмірній експлуатації. Наприклад, споживачі в США мають середній водний слід на душу населення вдвічі більший за середній у світі (Hoekstra, Chapagain, & van Oel, 2017; UN General Assembly, 2015).

Програма підтримки ЦСР 6 «Інтегроване управління водними ресурсами» (IWRM) створена під керівництвом ЮНЕП і координується Глобальним водним партнерством (GWP) з метою прискорення прогресу для досягнення цілей сталого розвитку, у тому числі пов'язаних з водою, відповідно до національних пріоритетів. Дана програма є координуючою ініціативою для узагальнення всіх чинних методологій. Дана ініціатива базується на ключових індикаторах:

- 6.1. Питна вода;
- 6.2. Санітарія та гігієна;

6.3.1 Стічні води;

6.3.2 Якість води;

6.4.1 Ефективність використання води;

6.4.2 Водний стрес;

6.5.1 Управління водними ресурсами;

6.5.2 Транскордонне співробітництво;

6.6.1 Екосистеми;

6.a.1 Міжнародне співробітництво;

6.b.1 Участь зацікавлених сторін.

Ціль 6.3 передбачає глобальні зусилля спрямовані на покращення якості води шляхом зменшення забруднення, усунення скидання та мінімізації скидів та викидів небезпечних хімічних речовин і матеріалів, скорочення вдвічі частки неочищених стічних вод і значного збільшення перероблення та безпечного повторного використання в усьому світі (Bhaduri et al., 2016).

На сьогодні Програма ООН з довкілля (UNEP) працює над розробкою узгодженого підходу до встановлення проблем, пов'язаних з водою, що має повною мірою забезпечити реалізацію ЦСР 6 (IMI-SDG6). UN-Water розроблено портал даних «UN-Water SDG 6 Data Portal» (рис. 4) та впроваджено Глобальну ініціативу комплексного моніторингу для ЦСР 6. Станом на 2021 рік 96 країн світу долучились до цієї ініціативи, а вже у 2023 році це показник досягнув 123 країни. Показник ЦСР 6.3.2 станом на 2023 р. відображає, що 56 % поверхневих водних об'єктів світу відповідають критерію «добра» якість води (Water, 2021). Моніторинг ЦСР 6 у країнах ЄС показав неоднозначні тенденції щодо показників якості води. Покращене очищення стічних вод зменшило органічне забруднення європейських річок. Проте евтрофікація водойм все ще викликає серйозне занепокоєння (Nakhle et al., 2024).

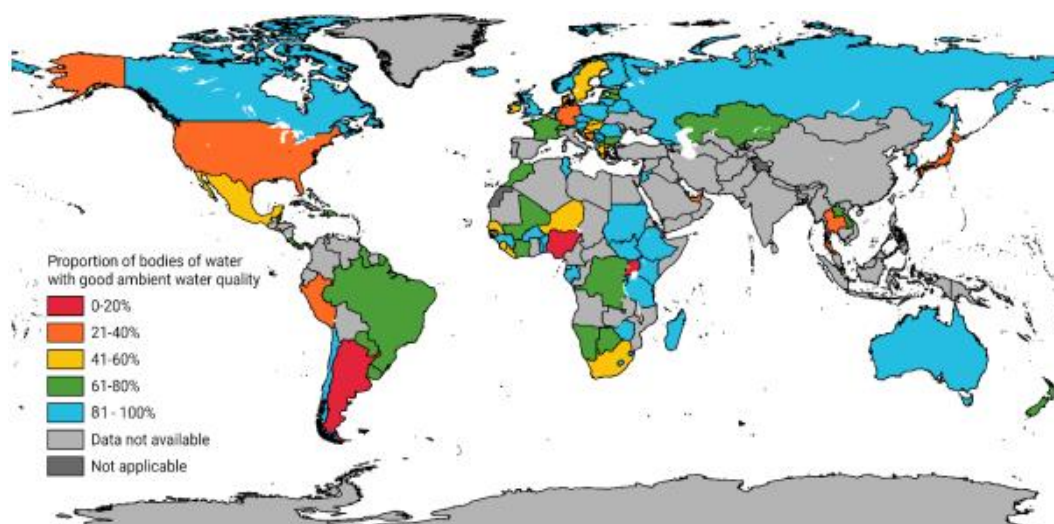


Рис. 4. Портал даних «UN-Water SDG 6 Data Portal»: глобальний статус індикатора 6.3.2
Частка водойм із доброю якістю води (Water, U. N., 2021)

Стратегія поліпшення якості води базується на аналізі двох складових: частка водних об'єктів, які мають «добру» якість води та відсоток нормативно-очищених стічних вод. Методологією UN-Water передбачена загальна оцінка якості води за 5-ма групами фізико-хімічних параметрів, що дозволяє з легкістю визначити індекс якості води за спрощеним алгоритмом (UN-Water, 2017). Такий підхід передбачає інструментальне визначення локального забруднення без проведення лабораторного аналізу за основними групами показників:

- кисень: розчинений кисень, ХСК, БСК;
- солоність: солоність, електропровідність, загальна кількість розчинених твердих часток;
- сполуки азоту: азот загальний, амонійний, нітрити, нітрати;
- сполуки фосфору: фосфор загальний, ортофосфати;
- водневий показник (рН).

Саме ці показники є типовими за перевищенням норм референційних значень у водоймах різних країн. Даний перелік не спроможний продемонструвати усі види забруднення водного середовища, але якщо показники відповідають «доброму» стану якості води, відповідно водний об'єкт не зазнає впливу з основних джерел забруднення (промислові та побутові стічні

води, сільськогосподарські стоки, водообмін з джерелом солоної води). Спрощений підхід ґрунтується на аналізі багаторічної звітності країн-учасниць і свідчить про те, що перевищення норм забруднення найчастіше спостерігається для азотистих та фосфорних сполук, відповідно надходження біогенних елементів від сільського господарства разом з неочищеними стічними водами є глобальною проблемою.

Розширена методологія UN-Water передбачає збір та аналіз інформації про якість води за додатковими параметрами, що забезпечується різноманітністю інформаційних підходів, а саме:

- змодельованих даних;
- біологічних підходів з використанням фіто- та зоорізноманіття, мікробіологічних показників, які забезпечують визначення патогенних мікроорганізмів;
- даних, отриманих методом дистанційного зондування земної поверхні;
- громадської системи моніторингу – інформації від приватного сектору та громадянського суспільства (UN-Water, 2017).

Забруднення води залишається серйозною проблемою в сучасному світі та її вирішення стало головним пріоритетом для сталого розвитку. Порядок денний сталого розвитку на період до 2030 року виводить питання якості води на перший план міжнародних дій, встановлюючи конкретну мету (ЦСР 6: «забезпечити доступність і стале управління водою та санітарією для всіх»), спрямовану на реагування на нагальні виклики, пов'язані із забрудненням води. Тим самим визначаючи центральну роль водних ресурсів для сталого розвитку та життєво важливу необхідність покращення якості питної води, санітарії та гігієни.



Рис. 5. Взаємозв'язки ЦСР 6 в триаді сталого розвитку (Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2016)

Ezbakhe F. описала безліч двосторонніх зв'язків, за допомогою яких контроль забруднення води може відігравати роль у досягненні різних цілей, а також те, як досягнення ЦСР також може благотворно вплинути на якість води (Ezbakhe, 2018).

На глобальному рівні існує значна прогалина в даних про якість води, і, попри десятиліття зусиль, цю прогалину виявилось важко заповнити. Індикатор ЦСР 6.3.2 сам по собі не обов'язково заповнює цю прогалину, але він об'єднує інформацію про якість води в послідовний і надійний спосіб, а також дає розуміння того, де і як збираються дані. Завдяки взаємодії з країнами це допомагає виявити проблеми, з якими стикаються, наприклад, недостатній моніторинг або відсутність стандартів якості води (FAQs on Water Quality, n.d.).

Щодо країн ЄС, то впродовж останніх років їм вдалось досягнути прогресу в доступі до належної санітарії, тенденції якості води були неоднозначними, оскільки концентрації деяких забруднювальних речовин у поверхневих та підземних водах зростають. Прогрес ефективності водокористування важко оцінити через сезонну мінливість балансу між водозабором та ресурсами відновної прісної води. Питання, що стосуються сектору «Якість води та управління водними ресурсами», в ЄС регламентується 6-ма основними водними директивами:

- Водна рамкова директива;
- Паводкова директива (Директива 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 р. про оцінку і управління ризиками затоплення);
- Рамкова директива про морську стратегію (Директива 2008/56/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 р. про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища);
- Директива про очищення міських стічних вод (Директива Ради 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 р.);
- Директива про питну воду (Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною);
- Директива про нітрати (Директива Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 р. про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел) (Хільчевський, Гребінь, & Забокрицька, 2024).

Варто зауважити, що на сьогодні відсутні міжнародні стандарти обміну даними моніторингу якості води. Деякими країнами, наприклад США, вже розроблені національні стандарти обміну даними про якість води і на тепер активізуються зусилля для розробки спільного міжнародного стандарту в рамках Відкритого геопросторового консорціуму (OGC) як частини набору стандартів WaterML 2.0. Оцінити та відстежувати динаміку якості води на світовому рівні – масштабне та надскладне завдання. На цьому етапі WWQA працює над функціонуванням уніфікованої платформи для оцінки якості води та спільного проектування індивідуальних, орієнтованих на попит послуг на всіх рівнях з особливим акцентом на залучені місцевих громад та молодого покоління, майбутнє якого найбільш вразливе до екологічних викликів. Наразі відкриваються нові перспективи для інновацій у сфері моніторингу та оцінки якості води, такі як тристоронній підхід WWQA, заснований на локальних даних, даних дистанційного зондування та моделювання, а також можливостях машинного навчання.

Глобальні підходи до інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР, IRBM)

Вода є сполучною ланкою між більшістю глобальних викликів нашого часу. Чотири головні глобальні екологічні ризики на наступні 10 років напряду пов'язані зі сталим управлінням водними ресурсами: екстремальні погодні явища, критичні зміни екосистем, втрата біорізноманіття, дефіцит природних ресурсів (World Economic Forum, 2024). Вразливість до нестачі води та катастроф, пов'язаних із кліматом, може виникати через такі фактори: фізичний дефіцит води (включаючи надмірний забір від неузгодженого використання); погіршення навколишнього середовища (вирубка лісів, забруднення); наслідки зміни клімату (повені, посухи, змінений характер опадів); інфраструктура (поганий стан інфраструктури може впливати на водопостачання для різних потреб); геополітичні фактори (транскордонні водні впливи, конфлікти); соціальні та економічні фактори (маргіналізовані та бідніші громади, як правило, стикаються з нестабільністю водопостачання) (Caretta et al., 2022).

Щоб створити стійкість до цих ризиків, потрібне скоординоване управління природними ресурсами з урахуванням географічних, політичних, економічних та галузевих підходів.

Наряду зі зміною підходів по оцінці якості поверхневих вод, уніфіковані підходи все більше актуалізуються та інтегруються в природоохоронні програми. Такі спрямування образно відображають підходи до управління водними ресурсами та загальну динаміку деструкції річкового басейну. У 2000 р. ЮНЕСКО засновано програму оцінки водних ресурсів світу (WWAP), яка є відповіддю на заклик Комісії ООН зі сталого розвитку (CSD) підготувати періодичний глобальний огляд системи ООН щодо кількісного та якісного стану використання та управління ресурсами прісної води (UNESCO).

Новітні дослідження базуються на комплексній оцінці, яка поєднує як кількісні, так і якісні характеристики поверхневих вод та виступають вагомим інструментом для кращого управління водними ресурсами задля сталого розвитку. При цьому використовуються зовсім різні категорії та підходи.

Наприклад, у країнах з високим рівнем антропогенного навантаження активно популяризується поняття «водний слід» (WF), запропоноване Hoekstra A.Y. у 2002 р. Дане поняття відображає загальну тенденцію залежності галузей промисловості та сільського господарства безпосередньо від забезпечення водними ресурсами (Hoekstra, & Hung, 2002). Оцінка «водного сліду» набула широкого розповсюдження саме як вагомий показник споживання (Fei Yin, & Chang-xin Xu, 2020).

У 2010 році уряд Іспанії прийняв постанову про включення WFA у процес розробки планів управління річковими басейнами будучи першим урядом, який вимагав, щоб WFA була частиною планування річкового басейну. Згодом дана практика поширилась і на інші країни (Zhang, Hoekstra, & Mathews, 2013).

Інший приклад застосування показника WSPA, тобто аналізу дефіциту води, який застосовується при регіональному управлінні водними ресурсами як відображення кількісних та якісних показників водотоку з метою підвищення ефективності використання води (Jia, Klemeš, Alwi, & Varbanov, 2020).

Проте, на думку Zhang P., нагальною проблемою є відсутність сформованої системи оцінки та управління водними ресурсами, орієнтованої на водну сталість, особливо з огляду на те, що не визначено і не застосовуються індикатори та цілі (Zhang et al., 2023).

Результати показали, що дослідження підходів інтегрованого управління водними ресурсами протягом останніх 35 років стає все актуальнішим. Під впливом зміни клімату, діяльності людини та соціально-економічного розвитку управління водними ресурсами стало складнішим і більш невизначеним (Wang, Jiang, Xie, Zhao, & Li, 2020).

Ретельне планування і відповідне управління водними ресурсами має велике значення для уникнення потенційної кризи, пов'язаної з нестачею води та погіршенням якості води. Відповідні наслідки можуть вплинути на добробут нинішнього або й майбутнього поколінь (Alsaeed, Hunt, & Sharifi, 2024).

Alsaeed B. S. та ін. (2024) пропонує розглядати інтегроване управління водними ресурсами як концептуальний SWRM-AF-підхід, який складається з чотирьох компонентів: навколишнє середовище, економіка, суспільство та інфраструктура (рис. 6) (Alsaeed, Hunt, & Sharifi, 2024).

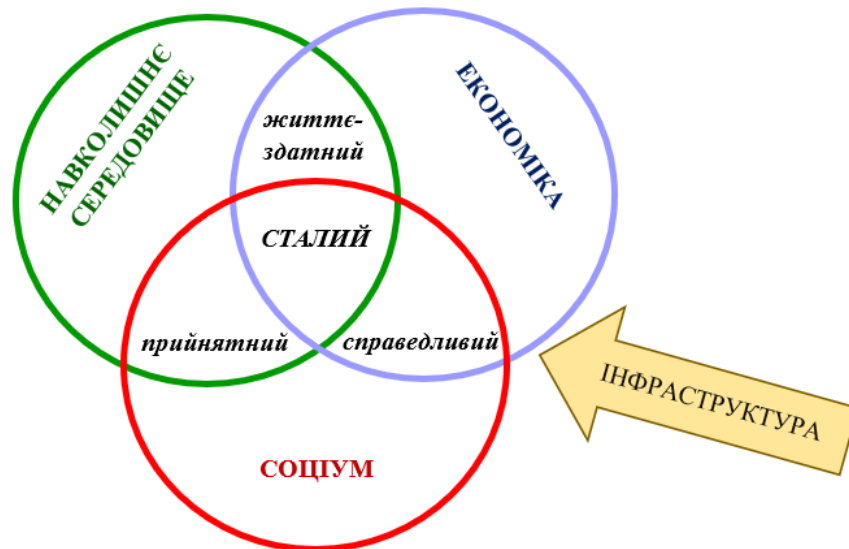


Рис. 6. Врахування фактору «інфраструктура» в триаді сталого розвитку для забезпечення ІУВР (Alsaeed, Hunt, & Sharifi, 2024)

Управління водними ресурсами на рівні водозбірного басейну також є центральним для ЦСР 6, що може сприяти збереженню, відновленню та сталому використанню прісноводних екосистем та їхніх послуг (рис. 7) (Hegarty, Hayes, Regan, Bishop, & Clinton, 2021).

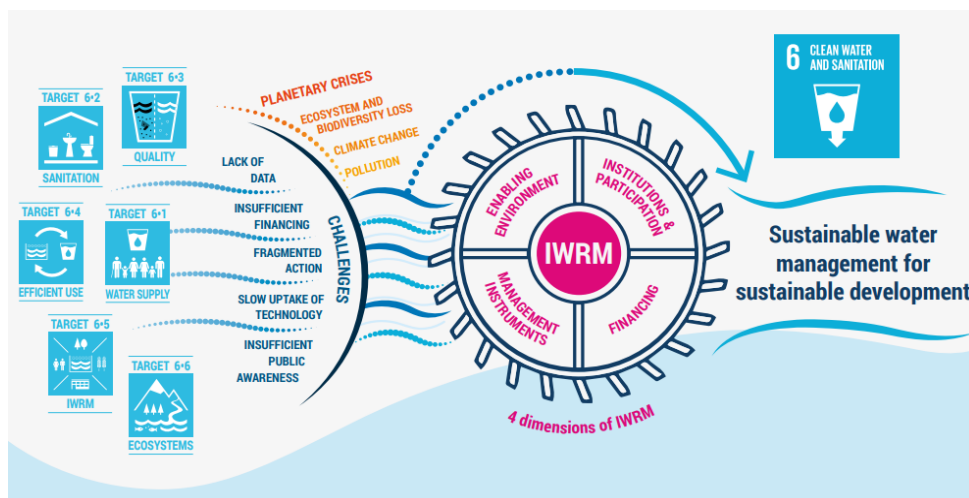


Рис. 7. Впровадження інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР), координація дії щодо всіх складників ЦСР 6 (Progress on implementation..., 2024)

У звіті UNEP «Прогрес у реалізації інтегрованого управління водними ресурсами», опублікованому у 2024 році значиться, що до загальної трирічної звітності (2017, 2020, 2023) долучається все більше країн. У 2023 сумарний показник охопив 191 країну. Загальна динаміка даних представлена на рис. 8 з описовою характеристикою критеріїв наведених у табл. 4 (Progress on implementation..., 2024).

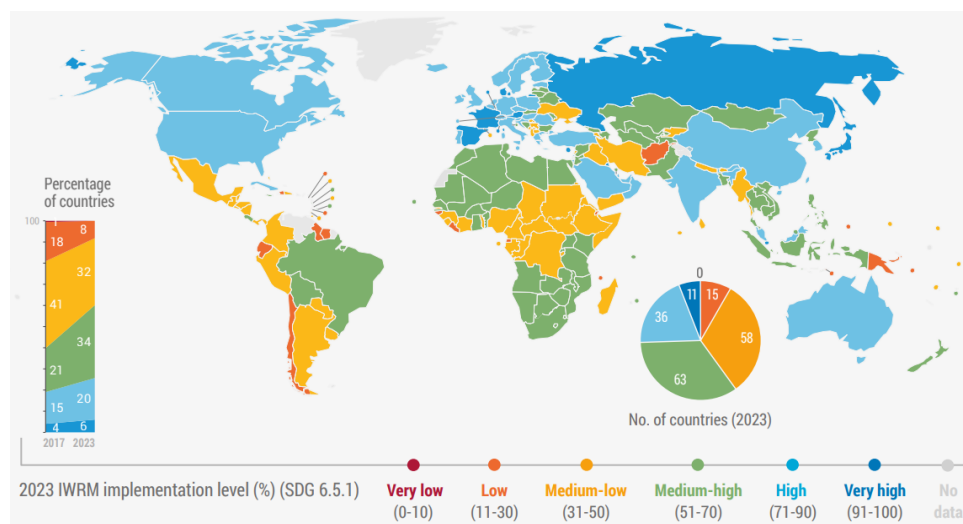


Рис. 8. Фактичний стан впровадження ІУВР у різних країнах, 2023 рік (показник ЦСР 6.5.1) (Progress on implementation..., 2024)

Таблиця 4

Рівні впровадження ІУВР, порогові значення балів та загальна інтерпретація (ЦСР 6.5.1) (Progress on implementation..., 2024)

| Рівень ІУВР, % | Загальне тлумачення | Стійкість до тиску |
|--|---|--------------------|
| Дуже низький (0-10) (Very low) | мінімальна кількість заходів щодо сталого управління водними ресурсами | низький |
| Низький (11-30) (Low) | розробляються домовленості | |
| Нижче середнього (31-50) (Medium-low) | механізми загалом схвалені та інституціоналізовані, але обмежені | |
| Вище середнього (51-70) (Medium-high) | впровадження розпочато, але не завжди ефективно | середній |
| Високий (71-90) (High) | деякі цілі управління водними ресурсами досягнуті (близькі до цільових) | високий |
| Дуже високий (91-100) (Very high) | глобальна мета – стале управління водними ресурсами | |

У підсумку визначено, що 107 країн не зможуть забезпечити стале управління та використання водних ресурсів до 2030 року. Ці країни мають типово-нижчий рівень соціально-економічного розвитку та ймовірно, зазнають більшого тиску, що є вагомою перешкодою на шляху досягнення ЦСР. Є вірогідність, що цей тиск лише посилиться в умовах глобальних викликів перерахованих вище.

Інтегроване управління водними ресурсами: досвід, реформування та практика України

Чинні донині механізми державного регулювання використання водно-ресурсного потенціалу в Україні у багатьох випадках виявляються неідеальними й неефективними, тому їх удосконалення є необхідною умовою забезпечення сталого розвитку водогосподарського комплексу України (Хвесик, & Левковська, 2019).

Наявна система управління водними ресурсами України не може в повній мірі забезпечити вирішення основних проблем галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів, до яких можна віднести:

- зменшення обсягів доступних до використання прісних водних ресурсів, обміління поверхневих та вичерпання підземних вод;
- критичний екологічний стан переважної більшості поверхневих водних масивів, який класифікується як «задовільний», «поганий» і «дуже поганий»;
- неврегульованість нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів якості води масивів поверхневих та підземних вод;
- щорічне зростання збитків, завданих повеннями (паводками) чи посухами, що посилюються негативним впливом зміни клімату;
- руйнування інфраструктури водопостачання, водовідведення та гідротехнічних споруд внаслідок російської збройної агресії;
- відсутність державного контролю за дотриманням природоохоронного законодавства щодо скидання забруднених промислових та комунальних стоків

у водні об'єкти, і тих, що подаються до очисних споруд, забруднення із сільськогосподарських джерел.

Якщо вести мову про міжнародний досвід, на прикладі китайського, австралійського та американського річкових басейнів визначені основні проблеми на шляху до сталого управління: 1) сильні посухи, 2) іригаційна діяльність, 3) урбанізація та швидка індустріалізація в окремих частинах басейну (Zhao, Wang, & Zhang, 2015).

Основна мета реформування шляхом запровадження ІУВР в Україні передбачає досягнення і підтримання «доброго» екологічного стану вод, забезпечення їх раціонального використання та доступ населення до якісної питної води. За основоположний методологічний принцип такого державного управління взято комплексний принцип інтегрованого управління водними ресурсами за районами річкових басейнів.

Інтегроване управління річковими басейнами (ІУРБ) – це процес координації природоохоронної діяльності, управління та розвитку водних, земельних та пов'язаних з ними ресурсів між секторами в межах певного річкового басейну з метою максимізації економічної та соціальної вигоди, отриманої від водних ресурсів з метою збереження та, при необхідності, відновлення прісноводних екосистем (Williams, & Pittock, 2003).

Інтегроване управління водними ресурсами (ІУВР) – це система управління, заснована на обліку всіх видів водних ресурсів (поверхневих, підземних та зворотних вод) у межах географічних кордонів, яка ув'язує інтереси різних галузей та рівні ієрархії водокористування, залучає всі зацікавлені сторони до прийняття рішень, сприяє ефективному використанню водних, земельних та інших природних ресурсів на користь сталого забезпечення вимог природи та суспільства у вод (Хільчевський, 2023).

Реформування передбачає:

- забезпечення рівного доступу до якісної і безпечної для здоров'я людини питної води і належних санітарно-профілактичних заходів;
- забезпечення необхідної кількості водних ресурсів для відновлення та оздоровлення водних екосистем і досягнення стійкого водозабору та водопостачання;
- досягнення та підтримання “доброго” екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод, кількісного та хімічного стану масивів підземних вод;
- нормативно-правове врегулювання екологічних нормативів якості води масивів поверхневих та підземних вод відповідно до вимог законодавства ЄС;
- забезпечення впровадження в промисловому та сільськогосподарському виробництві найкращих доступних технологій і методів управління, спрямованих на зниження рівня забруднення водних об'єктів;
- зменшення потенційних збитків, що можуть бути завдані шкідливою дією вод, зниження негативного впливу зміни клімату, зменшення збитків від посух;
- запровадження державного нагляду (контролю) за використанням, охороною та відтворенням водних ресурсів, зокрема щодо наявності та додержання умов дозволів, установлених нормативів гранично допустимого рівня скидання забруднюючих речовин, лімітів забору і використання води та скидання забруднюючих речовин (Міндовкілля).

Основоположним методологічним принципом системи управління водними ресурсами є інтегроване управління за басейновою моделлю, націлене на задоволення різнонаправлених потреб водокористувачів та збереження водних ресурсів. Цей принцип замінив неефективний територіально-адміністративний та галузевий підхід, що практикувався до цього часу.

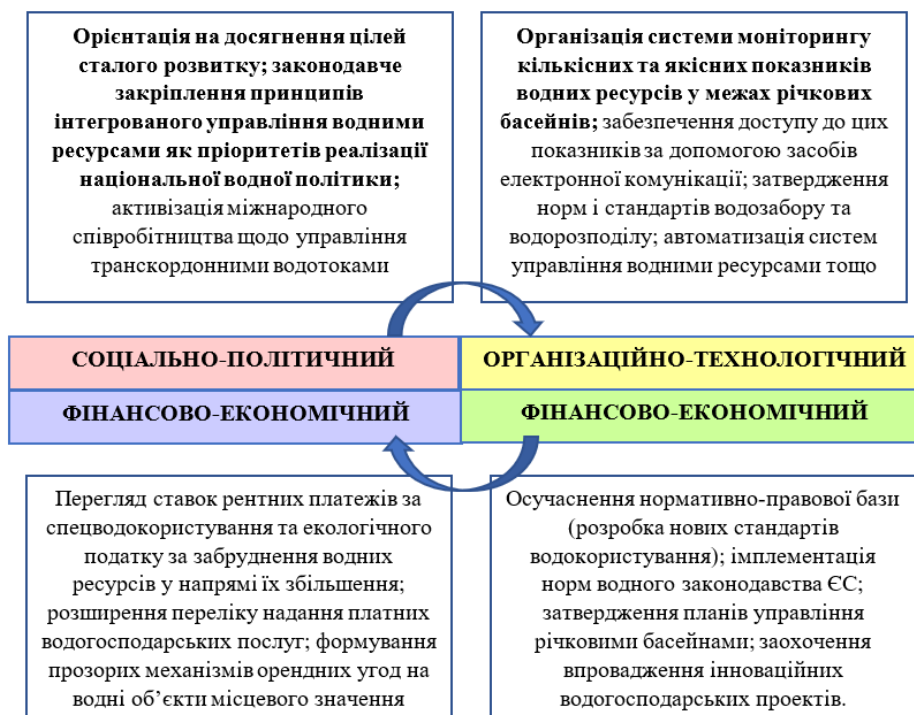


Рис. 9. Пріоритетні механізми реалізації планів управління річковими басейнами (Хвесик, & Левковська, 2019)

Принцип інтегрованого управління реалізується шляхом впровадження в Україні низки «водних» директив ЄС, серед яких Водна Рамкова Директива ЄС (ВРД) запроваджує європейську модель сталого водокористування (Council Directive 2000/60/EC, 2000; Водна Рамкова Директива, 2006; Угода про асоціацію..., 2014). ВРД встановлює основні положення для досягнення «доброго» екологічного стану вод та сприяє його підтриманню у майбутньому в тому числі шляхом інтегрованого управління річковими басейнами. ВРД була прийнята у 2000 р. і за цей час країнами ЄС накопичено великий досвід на підтвердження ефективності даного механізму.

Базовим принципом ВРД є визначення району річкового басейну основною гідрографічною одиницею управління водними ресурсами, як цілісного природного гідрографічного об'єкта, який не може обмежуватися адміністративними чи державними кордонами. Як відомо, за принципом ВРД управління окремим річковим басейном здійснюється на основі головного документу – «Плану управління річковим басейном» (ПУРБ, RBMP).

Структура ПУРБ визначається ВРД ЄС, розробляється з метою досягнення екологічних цілей, визначених для кожного району річкового басейну в установлені строки. ПУРБ ґрунтується на характеристиці природних умов басейну, аналізі основних антропогенних навантажень та їхніх впливів і пов'язаних з ними ризиків недосягнення «доброго» екологічного стану. Також ПУРБ містить аналіз стану басейну і чітку програму заходів для досягнення у встановлені терміни основної мети – «доброго» стану водних об'єктів, як поверхневих, так і підземних, що містяться на його території. При підготовці плану розробляються науково обґрунтовані заходи для мінімізації антропогенного впливу, покращення якості води, захисту населення від затоплення та інших водно-екологічних ризиків (Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС, 2006; Хільчевський, & Гребінь, 2017; Осадча, & Осадчий, 2019; Хільчевський, Гребінь, & Забокрицька, 2024).

ПУРБ є євроінтеграційним зобов'язанням України в частині імплементації Водної Рамкової Директиви ЄС та ключовим досягненням у частині водної політики під час переговорного процесу щодо членства України в ЄС (Держводагентство, 2023).

До 2024 року підготовлено проекти ПУРБ для усіх 9 річкових басейнів України, включаючи тимчасово окуповані території, проведено процедуру їх громадського обговорення та забезпечено проходження процедури стратегічної екологічної оцінки (СЕО) проектів ПУРБ відповідно до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті та їх схвалення відповідними басейновими радами. Кожен ПУРБ містить повний перелік заходів, необхідних для досягнення екологічних цілей та «доброго» стану вод. ПУРБи є урядовими документами державного планування та офіційно мають набути чинності з 1 січня 2025 р.

Структура плану управління річковим басейном
(Плани управління річковими басейнами 2019; 2024)

| Показник | Критерій | Підкритерій |
|--|---|---|
| 1. Загальна характеристика поверхневих та підземних вод району річкового басейну | опис річкового басейну (перехід на райони басейнів річок/суббасейни) | гідрографічне та водогосподарське районування, клімат, рельєф, геологія, гідрогеологія, ґрунти, рослинність, тваринний світ, гідрологічний режим, специфіка річкового басейну |
| | | типологія масивів поверхневих вод |
| | | референційні умови |
| | визначення масивів | поверхневих вод |
| | | підземних вод |
| 2. Основні антропогенні впливи на кількісний та якісний стан поверхневих і підземних вод, у тому числі точкових та дифузних джерел | поверхневі води | забруднення органічними речовинами (дифузні та токові джерела) |
| | | забруднення біогенними речовинами (дифузні та токові джерела) |
| | | забруднення небезпечними речовинами (дифузні та токові джерела) |
| | | аварійне забруднення та вплив забруднених територій (полігонів, майданчиків, зон тощо) |
| | | гідроморфологічні зміни: - порушення вільної течії річок; - порушення гідравлічного зв'язку русла річки та прилеглої частини заплави; - гідрологічні зміни; - модифікація морфології річок. |
| | підземні води | забруднення |
| | | об'єми/запаси |
| | | інші істотні антропогенні впливи |
| 3. Зони (території), які підлягають охороні, та їх картування | об'єкти Смарагдової мережі | |
| | зони санітарної охорони | |
| | зони охорони цінних видів водних біоресурсів | |
| | масиви поверхневих/підземних вод, які використовуються для рекреаційних, лікувальних, курортних та оздоровчих цілей, а також води, призначені для купання | |
| | зони, вразливі до (накопичення) нітратів | |
| 4. Картування системи моніторингу, результатів програм моніторингу, що виконуються для поверхневих вод (екологічний і хімічний), підземних вод (хімічний і кількісний), зон (територій), які підлягають охороні | поверхневі води: | система моніторингу |
| | | гідроморфологічна оцінка/стан |
| | | оцінка хімічного стану |
| | | оцінка екологічного стану |
| | підземні води | оцінка екологічного потенціалу |
| | | система моніторингу |
| | | оцінка хімічного стану/оцінка ризику |
| | | оцінка за об'ємами/запасами підземних вод |

| Показник | Критерій | Підкритерій |
|--|--|--|
| 5. Перелік екологічних цілей для поверхневих вод, підземних вод і зон (територій), які підлягають охороні, та строки їх досягнення (у разі потреби обґрунтування встановлення менш жорстких цілей та/або перенесення строків їх досягнення) | | |
| 6. Економічний аналіз водокористування | економічний розвиток території басейну | |
| | характеристика сучасного водокористування | комунальне водокористування |
| | | промислове водокористування |
| | | водокористування у сільському господарстві |
| | | водокористування на транспорті |
| | | інші види водокористування |
| прогноз потреб у воді основних галузей економіки | | |
| інструменти економічного контролю: | окупність використання водних ресурсів | |
| | тарифи на воду | |
| 7. Огляд виконання програм або заходів, включаючи шляхи досягнення визначених цілей | | |
| 8. Повний перелік програм (планів) для району річкового басейну чи суббасейну, їх зміст та проблеми, які передбачено розв'язати | поверхневі води | заходи, спрямовані на зменшення забруднення органічними речовинами (дифузні та точкові джерела) |
| | | заходи, спрямовані на зменшення забруднення біогенними речовинами (дифузні та точкові джерела) |
| | | заходи, спрямовані на зменшення забруднення небезпечними речовинами (дифузні та точкові джерела) |
| | | заходи, спрямовані на покращення/відновлення гідрологічного режиму та морфологічних показників у разі порушення вільної течії річок, гідравлічного зв'язку між руслами річок та їх заплавами, гідрологічних змін, модифікації морфології річок |
| | | заплановані інфраструктурні проекти та заходи, спрямовані на зменшення їх впливу на стан поверхневих вод |
| | підземні води | заходи, спрямовані на зменшення забруднення (дифузні та точкові джерела) |
| | | заходи, спрямовані на запобігання виснаженню підземних вод |
| | | заплановані інфраструктурні проекти та заходи, спрямовані на зменшення їх впливу на стан підземних вод |
| інші заходи | | |
| 9. Звіт про інформування громадськості та громадське обговорення проекту плану управління річковим басейном | | |
| 10. Перелік компетентних органів державної влади, відповідальних за виконання плану управління річковим басейном | | |
| 11. Порядок отримання інформації, у тому числі первинної, про стан поверхневих і підземних вод | | |

Наряду з тим, що впровадження ПУРБ передбачає вагомі переваги, такі як: системна узгодженість загальної концепції дій; можливість досягти цілеспрямованого прогресу; ідентифікація водотоків та обґрунтування їх цільового призначення. Також на офіційному сайті ПРО СЕК ООН зазначені певні недоліки та пов'язані з цим ризики практичної реалізації даного підходу: невідповідність політичній доцільності; неузгодженість за найдешевшими, чи найбільш економічно ефективними підходами; необхідність додаткового фінансового аналізу на підготовчому етапі реалізації.

Висновки

Якість води є одним з найважливіших показників сталого розвитку. Цей зв'язок пояснюється тим, що вода є життєво необхідним ресурсом для всіх живих організмів, а її якість безпосередньо впливає на екологічний, соціальний та економічний розвиток суспільства. Різноманітність підходів до визначення якості води, обумовлений складністю цього питання та необхідністю врахування різних факторів (економічний розвиток певної країни, законодавче підґрунтя, регіональні особливості, технічні можливості). Лише комплексний підхід дозволяє отримати достовірну інформацію про якість води та розробити ефективні заходи для її поліпшення. Виклики, які постали перед людством (геополітичні загрози, кліматичні зміни, стрімке зростання чисельності людей на планеті тощо) змушують від оціночної позиції переходити до невідкладних рішучих дій. Таким чином глобальне завдання по оцінці якості масивів поверхневих та підземних вод переходить в практичну площину: досягнення та підтримання «доброго» екологічного стану в контексті сталого розвитку. Оптимальним підходом реалізації цього завдання є впровадження підходів інтегрованого управління водними ресурсами. Вважається, що саме цей управлінський інструмент дозволить ефективніше використовувати водні ресурси з урахуванням перспективи забезпечення добробуту майбутніх поколінь.

Список літератури

- Ahmed, T., Zounemat-Kermani, M., & Scholz, M. (2020). Climate change, water quality and water-related challenges: A review with focus on Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(22), 8518. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228518>
- Akhtar, N., Ishak, M. I. S., Ahmad, M. I., Umar, K., Md Yusuff, M. S., Anees, M. T., Qadir, A., & Ali Almanasir, Y. K. (2021). Modification of the water quality index (WQI) process for simple calculation using the multi-criteria decision-making (MCDM) method: A review. *Water*, *13*(7), 905. <https://doi.org/10.3390/w13070905>
- Alsaeed, B. S., Hunt, D. V. L., & Sharifi, S. (2024). A sustainable water resources management assessment framework (SWRM-AF) for arid and semi-arid regions—Part 1: Developing the conceptual framework. *Sustainability*, *16*(7), 2634. <https://doi.org/10.3390/su16072634>
- Ariza-Restrepo, J., Rodriguez-Diaz, Y., & Onate-Barraza, H. (2023). Water quality indices (WQI) and contamination indices (WPI): A bibliographic review. *Tecnura*, *27*(77). <https://doi.org/10.14483/22487638.20052>
- Banda, T. D., & Kumarasamy, M. (2020). Development of a universal water quality index (UWQI) for South African river catchments. *Water*, *12*(6), 1534.
- Berry, J. L., Steffy, L. Y., & Shank, M. K. (2020). Development of a water quality index (WQI) for the Susquehanna River Basin.
- Bhaduri, A., Bogardi, J., Siddiqi, A., Voigt, H., Vörösmarty, C., Pahl-Wostl, C., Bunn, S. E., Shrivastava, P., Lawford, R., Foster, S., Kremer, H., Renaud, F. G., Bruns, A., & Osuna, V. R. (2016). Achieving sustainable development goals from a water perspective. *Frontiers in Environmental Science*, *4*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00064>
- Bhargava, D. S. (1983). Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River. *Environmental Pollution Series B*, *6*(1), 51–67.

- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2011). Water quality management: An introductory framework. *International Journal of Water Resources Development*, 27(1), 5–11. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.547979>
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water quality management: A globally neglected issue. *International Journal of Water Resources Development*, 35(6), 913–916. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1670506>
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water*, 2, 15. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). A water quality index: Do we dare? *Water & Sewage Works*, 117(10), 339–343.
- Caretta, M. A., Mukherji, A., Arfanuzzaman, M., Betts, R. A., Gelfan, A., Hirabayashi, Y., et al. (2022). Water. In *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.006>
- du Plessis, A. (2022). Persistent degradation: Global water quality challenges and required actions. *One Earth*, 5(2), 129–131. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.005>
- EPA. (2019). Summary of the Clean Water Act §502.7. United States Environmental Protection Agency.
- EQR, E. (2007). *Ecological Quality Ratios for ecological quality assessment in inland and marine waters*.
- Ezbakhe, F. (2018). Addressing water pollution as a means to achieving the sustainable development goals. *Journal of Water Pollution Control*, 1(1), 6.
- Griffiths, M. (2002). The European Water Framework Directive: An approach to integrated river basin management. *European Water Management Online*, 5, 1–14.

- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *ValueWater Research Report Series, 11*, 27–29.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., & van Oel, P. (2017). Advancing water footprint assessment research: Challenges in monitoring progress towards sustainable development goal 6. *Water, 9*(6), 438. <https://doi.org/10.3390/w9060438>
- Jia, X., Klemeš, J. J., Alwi, S. R. W., & Varbanov, P. S. (2020). Regional water resources assessment using water scarcity pinch analysis. *Resources, Conservation and Recycling, 157*, 104749. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104749>
- Khan, I., Zakwan, M., & Mohanty, B. (2022). Water quality assessment for sustainable environmental management. *ECS Transactions, 107*(1), 10133–10147. <https://doi.org/10.1149/10701.10133ecst>
- Khan, M. H. R. B., Ahsan, A., Imteaz, M., Shafiquzzaman, M., & Al-Ansari, N. (2023). Evaluation of the surface water quality using global water quality index (WQI) models: Perspective of river water pollution. *Scientific Reports, 13*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47137-1>
- Mats, A. (2023). Assessment of the status of the surface water of the Buzky Estuary within Mykolaiv city. *Journal Environmental Problems, 8*(4), 217–223. <https://doi.org/10.23939/ep2023.04.217>
- Miccoli, F. P., Lombardo, P., & Cicolani, B. (2013). Indicator value of lotic water mites (Acari: Hydrachnidia) and their use in macroinvertebrate-based indices for water quality assessment purposes. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, (411)*, 08. <https://doi.org/10.1051/kmae/2013075>
- Mukherjee, A., Babu, S. S., & Ghosh, S. (2020). Thinking about water and air to attain Sustainable Development Goals during times of COVID-19 pandemic. *Journal of Earth System Science, 129*(1). <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01475-0>
- Nakhle, P., Stamos, I., Proietti, P., & Siragusa, A. (2024). Environmental monitoring in European regions using the sustainable development goals (SDG)

framework. *Environmental and Sustainability Indicators*, 21, 100332.
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100332>

Skyba, V. P., Kopylova, O. M., Vozniuk, N. M., Likho, O. A., Pryshchepa, A. M., Budnik, Z. M., Gromachenko, K. Y., & Turchina, K. P. (2021). Ecological risks in river basins: A comparative analysis of steppe and forest Ukrainian areas. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 306–314.
https://doi.org/10.15421/2021_46

U.S. Environmental Protection Agency. (2014). *Creating an overall environmental quality index - Technical report (2000-2005) (Final, 2014)* (EPA/600/R-14/304). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

UN General Assembly. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. United Nations: New York, NY, USA.

UNESCO. (n.d.). *World Water Assessment Programme*. Retrieved from
<https://en.unesco.org/wwap>

United Nations Environment Programme. (2023). *Measuring progress: Water-related ecosystems and the SDGs* (p. 230). Retrieved from
https://wesr.unep.org/measuring-progress/water-related-ecosystems-and-sdgs/sdgs/pdf/DEWA_Measuring_Progress_2023.pdf

United Nations Environment Programme. (2024). *Progress on implementation of Integrated Water Resources Management: Mid-term status of SDG Indicator 6.5.1 and acceleration needs, with a special focus on Climate Change* (p. 110). ISBN: 978-92-807-4171-1.

United Nations Environment Programme. (n.d.). FAQs on water quality. Retrieved from
<https://www.unep.org/explore-topics/water/what-we-do/world-water-quality-alliance-wwqa-partnership-effort/faqs-water>

United Nations. (2016). *Water and sanitation interlinkages across the 2030 agenda for sustainable development*. Retrieved from
<https://www.unwater.org/publications/water-and-sanitation-interlinkages-across-2030-agenda-sustainable-development>

- United Nations. (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022* (p. 68). Retrieved from <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>
- United Nations. (2024). *World population prospects 2024*. Retrieved from <https://population.un.org/wpp/>
- United Nations. (n.d.). *Sustainable Development Goal 6 on water and sanitation (SDG 6)*. Retrieved from <https://www.gwp.org/en/sdg6support/>
- UN-Water. (2017). *Step-by-step monitoring methodology for Indicator 6.5.2. Integrated Monitoring Guide for SDG 6*, 27.
- UN-Water. (2021). *Progress on change in water-use efficiency: Global status and acceleration needs for SDG Indicator 6.4.1, 2021*. Food & Agriculture Organization.
- van Vliet, M. T. H., Thorslund, J., Strokal, M., Hofstra, N., Flörke, M., Ehalt Macedo, H., Nkwasa, A., Tang, T., Kaushal, S. S., Kumar, R., van Griensven, A., Bouwman, L., & Mosley, L. M. (2023). Global river water quality under climate change and hydroclimatic extremes. *Nature Reviews Earth and Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00472-3>
- Wada, Y., et al. (2016). Modelling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development*, 9, 175–222.
- Wang, Y., Jiang, R., Xie, J., Zhao, Y., & Li, F. (2020). Water resources management under changing environment: A systematic review. *Journal of Coastal Research*, 104(sp1). <https://doi.org/10.2112/jcr-si104-006.1>
- Williams, C., & Pittock, J. (Eds.). (2003). *Managing rivers wisely: Lessons from WWF's work for integrated river basin management* (p. 12). WWF.
- World Economic Forum. (2024). *Global risks report 2024*. Retrieved from <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>
- Yang, S., Zhao, W., Liu, Y., Cherubini, F., Fu, B., & Pereira, P. (2020). Prioritizing sustainable development goals and linking them to ecosystem services: A

- global expert's knowledge evaluation. *Geography and Sustainability*, 1(4), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.09.004>
- Yin, F., & Xu, C. (2020). Quantifying the inter- and intra-annual variations in regional water consumption and scarcity incorporating water quantity and quality. *Water Resources Management: An International Journal*, 34(8), 2313–2327. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02551-2>
- Zhang, G. P., Hoekstra, A. Y., & Mathews, R. E. (2013). Water footprint assessment (WFA) for better water governance and sustainable development. *Water Resources and Industry*, 1-2, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2013.06.004>
- Zhang, P., Qu, Y., Qiang, Y., Xiao, Y., Chu, C., & Qin, C. (2023). Indicators, goals, and assessment of the water sustainability in China: A provincial and city-level study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2431. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032431>
- Zhang, Z.-M., Zhang, F., Du, J.-L., & Chen, D.-C. (2022). Surface water quality assessment and contamination source identification using multivariate statistical techniques: A case study of the Nanxi River in the Taihu Watershed, China. *Water*, 14(5), 778. <https://doi.org/10.3390/w14050778>
- Zhao, C., Wang, P., & Zhang, G. (2015). A comparison of integrated river basin management strategies: A global perspective. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 89-90, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.10.013>
- Бреус, Д. С., & Левченко, М. В. (2019). Методи оцінювання та нормування якості природних водних ресурсів. *Таврійський науковий вісник*, 110(Ч. 2), 126–131. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-2.20>
- Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. (2006). *Основні терміни та їх визначення*. Київ.
- Держводагентство. (2023). Розпочато процес громадського обговорення проєктів Планів управління річковими басейнами. Урядовий портал. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhvodahentstvo-rozpochato-protses-hromadskoho-obhovorennia-proektiv-planiv-upravlinnia-richkovyumu-baseinamy>

- Зелінський, С. Є. (2022). Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. Retrieved from <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf>
- Клименко, М. О., Прищеп, А. М., & Вознюк, Н. М. (2023). *Моніторинг довкілля: Підручник*. (2-е вид.) Рівне: НУВГП.
- Клименко, М. О., Трушева, С. С., & Гроховська, Ю. Р. (2004). *Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: навчальний посібник*. Рівне: Волин. Береги.
- КНД 211.1.4.010-94. (1994). *Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України: Методика*. Київ.
- Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод. (2019). Офіційний вебпортал парламенту України. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19>
- Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. (2019). Офіційний вебпортал парламенту України. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>
- Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. (1998). Романенко, В. Д. та ін. Київ: СИМВОЛ-Т.
- Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. (2012). Гриценко, А. В., Васенко, О. Г., Верніченко, Г. А. та ін. Харків: УкрНДІЕП.
- Мітрясова, О. П., Погребенник, В. Д., Шибанова, А. М., & Джумеля, Е. А. (2022). Оцінювання екологічного стану водного об'єкта за гідрохімічними показниками. *Екологічна безпека та природокористування*, 1(41), 18–30. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.18-30>

Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. Державне агентство водних ресурсів України. Retrieved from <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>

Наскільки безпечна вода у Дніпрі: результати масштабного скринінгу якості вод Дніпра. (2021). Державне агентство водних ресурсів України. Retrieved from <https://davr.gov.ua/news/naskilki-bezpechna-voda-u-dnipri-rezultati-masshtabnogo-skriningu-yakosti-vod-dnipra>

Оксиюк, О. П., Жукинський, В. Н., Брагинський, Л. П., и др. (1993). Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши. *Гидробиологический журнал*, 29(4), 62–76.

Осадча, Н. В., & Осадчий, В. І. (2019). Методологічні підходи щодо управління якістю поверхневих вод. *Проблеми гідрології, гідрохімії і гідроекології*, 157–167. Київ: Ніка-Центр.

Осадча, Н. М., Набиванець, Ю. Б., & Яцюк, М. В. (2013). Аналіз оцінки якості води в Україні та основні завдання її адаптації до європейського законодавства. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, 265, 46–53.

Офіційний портал Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. (н.д.). На шляху до сталого управління водними ресурсами: Уряд схвалив Водну стратегію України до 2050 року. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/news/40727.html>

Плани управління річковими басейнами. (2019). Державне агентство водних ресурсів України. Retrieved from <https://davr.gov.ua/plani-upravlinnya-richkovimi-basejnamiuuuyi8>

Плани управління річковими басейнами. (2024). Державне агентство водних ресурсів України. Retrieved from <https://davr.gov.ua/plani-upravlinnya-richkovimi-basejnami>

Романенко, В. Д. та ін. (1998). *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*. Київ: СИМВОЛ-Т.

- Скиба, В. П. (2020). Формування екологічного стану басейну річки Молочна [Неопубл. дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук]. Національний університет водного господарства та природокористування.
- Скиба, В. П., & Вознюк, Н. М. (2018). Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Молочна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України (біологія, біотехнологія, екологія)*, 287, 33–43.
- Сніжко, С. І. (2001). *Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник*. Київ: Ніка-Центр.
- Стале управління водними ресурсами. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (н.д.). Retrieved from <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/stale-upravlinnya-vodnymy-resursamy/>
- Хвесик, М. А., & Левковська, Л. В. (2019). Управління водними ресурсами: євроінтегративний вектор. *Економіка природокористування і сталий розвиток*, 5(24), 6–13.
- Хільчевський, В. К. (2023). Водна політика: світові тенденції, стан в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 4(70), 6–22. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.1>
- Хільчевський, В. К., & Гребінь, В. В. (2017). Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 1, 8–20.
- Хільчевський, В. К., Гребінь, В. В., & Забокрицька, М. Р. (2024). *Управління річковими басейнами: навч. посібник*. Київ: ДІА.
- Яцик, А. В., Петрук, А. М., & Канащ, А. П. (1992). *Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікація екологічного стану малих річок України*. Київ.

Наукове online-видання

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія
За редакцією проф. Мальованого М. С.

Головний редактор Online-видання
Науковий редактор Online-видання
Відповідальна за випуск
Дизайн та оформлення Online-видання

Яніна Яроченко
Мирослав Мальований
Наталія Вронська
Ліє Гудзик

Цитування:

Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : кол. монографія / [авт. кол. : Русин І., Дячок В., Скиба В., Вознюк Н. та ін.] / за ред. проф. Мальованого М. С. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2024. — 420 с. : рис., табл. — on-line. — Режим доступу: <https://liegudzyk.com/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-kolektyvna-monohrafiya-2024>



Видавець: Яроченко Яніна Володимирівна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 6692 від 21.03.2019
lie.gudzyk@gmail.com / +38 093 923 1410 / Viber & Telegram
Lie Gudzyk Studio® / <https://liegudzyk.com/online-publishing>

