

Строкаль В.П.

Курс лекцій

Навчальної дисципліни:

**«Прогнозування стану водних ресурсів
за впливу антропогенних чинників»**

Київ
2022

УДК 330

П 38

*Рекомендовано до видання рішенням вченої ради факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології Національного університету біоресурсів і
природокористування України
(Протокол № 11 від 16.06.2022 року)*

Рецензенти:

Макаренко Н.А., доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології агросфери та екологічного контролю Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Головань Л.В. – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри екології та біотехнології Державного біотехнологічного університету

П 38 Прогнозування стану водних ресурсів за впливу антропогенних чинників :
курс лекцій для здобувачів третього рівня вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія /
В.П. Строкаль – Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2022. – 120 с.

Зміст навчального видання відповідає навчальній програмі дисципліни «Прогнозування стану водних ресурсів за впливу антропогенних чинників» для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія. Видання включає теоретичні аспекти розробки спеціріїв впливу антропогенних чинників на якість водних ресурсів, прикладні аспекти інтегрованого оцінювання якості водних ресурсів.

Зміст

Вступ.....	5
Розділ 1. Басейнове управління водними ресурсами: правовий та методичний аспект	6
1.1. Басейновий принцип управління: термінологія, застосування	6
1.2. Управління водними ресурсами України: структура, підходи	12
Питання для контролю рівня знань	29
Розділ 2. Вплив сільськогосподарської та урбанізованої діяльності та чинники ризику забруднення річкової системи	30
2.1. Головні причини погіршення якості водних ресурсів України.....	30
2.1.1. Основні чинники забруднення водних ресурсів.....	31
2.1.2. Причинно-наслідкові зв'язки забруднення біогенними елементами (на прикладі басейну річки Дніпра).....	41
2.2. Вплив сільського господарства на стан якості водних ресурсів:	52
2.2.1. Рослинництво	52
2.2.2. Тваринництво	58
Питання для контролю рівня знань	63
Розділ 3. Інтегральне оцінювання якості поверхневих вод (індекси/індикатори)	64
3.1. Метод комплексних індексів.....	65
3.1.1. Індекс забруднення вод (ІЗВ)	66
3.1.2. Комплексний індекс забруднення (КІЗ)	66
3.1.3. Коефіцієнт забруднення χ	69
3.1.4. Комплексний показник екологічного стану (КПЕС)	69
3.1.5. Узагальнений екологічний індекс I_E	70
3.1.6. Узагальнений індекс стану вод $I_{СВ}$	76
3.1.7. Трофічний індекс (TRIX)	78
3.2. Біоіндикація водного середовища.....	79
3.2.1. Гідробіологічний аналіз поверхневих вод.....	79
3.2.2. Оцінка якості вод по макрозообентосу.....	83
3.2.3. Оцінка якості вод (за використанням фіто– і зоопланктону).....	85
3.2.4. Оцінка якості води за індексами багатства та різноманіття.....	86
3.2.5. Токсобність вод	87
3.3. Біотестування водного середовища	88

3.3.1. Загальні положення біотестування вод.....	88
3.3.2. Біотестування вод на різних етапах технологічного процесу	91
3.3.3. Біотестування вод, що відводяться на біоочистку.....	93
3.3.4. Біотестування вод, що відводяться у водні об'єкти.....	94
Питання для контролю рівня знань.....	98
Розділ 4. Прогноз стану поверхневих вод та сценарії змін стану водних ресурсів за впливу різних антропогенних чинників.....	99
4.1. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок забруднення мікропластиком	99
4.2. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок транспорту поживних речовин річками	102
Питання для контролю рівня знань.....	105
Додатки.....	106
А. Нормативно-правове забезпечення процесу управління водними ресурсами	106
Б. Результати експедиції «У пошуках чистої води»	112
В) Візуалізація результатів моделювання якості водних ресурсів (глобальні).....	114
С) Сценарії розвитку змін якості водних ресурсів (глобальні)	115

Вступ

Метою вивчення дисципліни «Прогнозування стану водних ресурсів за впливу антропогенних чинників» є формування умінь й навиків із розробки наукових дизайнів для модулювання якості природних вод (дизайн моделі) та сценаріїв для прогнозування змін стану водних ресурсів за впливу різних антропогенних чинників. Предметом дисципліни «Прогнозування стану водних ресурсів за впливу антропогенних чинників» є розробка сценаріїв та на основі їх обґрунтування прогнозу на майбутнє щодо усунення ризиків (причин) забруднення якості річок, а також покращення політико-економічної діяльності держави щодо користування водними ресурсами в Україні.

Дисципліна передбачає оволодіння знаннями і навичками для здійснення оцінювання якості поверхневих вод для різних видів водокористування на основі національних та світових підходів (індикаторів), розробки наукових дизайнів для моделювання якості поверхневих вод з врахуванням впливу сільськогосподарської діяльності та урбанізації, розробки сценаріїв для прогнозування змін стану водних ресурсів за впливу різних антропогенних чинників та змін клімату.

В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

з н а т и:

- нормативно-правову базу природоохоронного законодавства у сфері охорони водних ресурсів та збереження річкових екологічних коридорів;
- специфіку впливу сільськогосподарської діяльності та урбанізації на стан водної екосистеми; наукові основи природних джерел забруднення поверхневих вод (зокрема розуміти кругообіг в природі нітрогену та фосфору);
- методологічні основи моделювання та прогнозування стану водних ресурсів (національні та світові підходи); загальну концепцію природокористування водними ресурсами; принципи національного басейнового управління водними ресурсами.

в м і т и:

- обґрунтовувати вплив сільськогосподарської та урбанізованої діяльності та чинники ризику забруднення річкової системи;
- оцінювати якість поверхневих вод для різних видів водокористування з на основі національних та світових індексів (індикаторів) з екологічного оцінювання водних ресурсів;
- розробляти наукові дизайни для моделювання якості поверхневих вод з врахуванням впливу сільськогосподарської діяльності та урбанізації;
- розробляти сценарії для прогнозування змін стану водних ресурсів за впливу різних антропогенних чинників та змін клімату.

Розділ 1. Басейнове управління водними ресурсами: правовий та методичний аспект

1.1. Басейновий принцип управління: термінологія, застосування



Термінологія	
Басейновий принцип управління	– це підхід до управління водними ресурсами, відповідно до якого основною одиницею управління виступає територія річкового басейну. Басейновий принцип управління водними ресурсами передбачає фінансовий механізм, який гарантує безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну.
План управління річковим басейном	ключовий документ, який містить розуміння того, що можна вважати річковим басейном, та має інструкцію з досягнення екологічних цілей при користуванні ріками.

Обраний Україною шлях до євроінтеграції передбачає для нашої держави перехід на якісно новий рівень у всіх сферах управління природними ресурсами, у тому числі й водними, адаптації принципів законодавства в зазначеній сфері до стандартів законодавства Європейського Союзу. Потрібно зазначити, що стан водних ресурсів на сучасному етапі розвитку безпосередньо залежить від якості управління ними, екологічної політики держави, визначення її ролі в системі управлінських правовідносин у сфері охорони довкілля. Сьогодні в Україні продовжується період реформування системи управління: змінюється система суб'єктного складу, впроваджуються нові принципи, у тому числі й басейновий принцип.

Щодо необхідності впровадження принципу басейнового управління в Україні вже «замислився» і законодавець. Так, ст. 13 ВК України встановлено, що державне управління в галузі використання і охорони вод здійснюється за басейновим принципом на основі державних, цільових, міждержавних та регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Загальнодержавною цільовою програмою розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну р. Дніпро до 2021 року [8] передбачено реалізацію комплексу заходів із впровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. Також ЗУ «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2020 р.» від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI [9] у розділі I «Загальні положення»

визначено, що система державного управління в галузі охорони вод потребує невідкладного реформування у напрямі переходу до інтегрованого управління водними ресурсами. Серед основних завдань щодо поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки населення передбачається «реформування системи державного управління в галузі охорони та раціонального використання вод шляхом впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом» [3]. Узагалі в країнах ЄС важливим етапом впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами є розробка планів управління річковими басейнами. Необхідність складання таких планів для кожного району річкового басейну передбачена у ст. 13 ВРД ЄС. Пункт 5 цієї статті передбачає можливість складання таких планів для окремих «суббасейнів, секторів, проблемних питань або типу води для вирішення окремих аспектів управління водою» [10]. План управління річковим басейном повинен обов'язково включати нанесені на карту межі басейнів та суббасейнів, що відносяться до даного району річкового басейну [11, с. 342–353]. Необхідність виділення таких меж потребує проведення нового гідрографічного районування території України, що враховує вимоги ВРД ЄС. У зв'язку із чим на офіційному сайті Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва [12] розміщено Проект Закону України «Про внесення змін до Водного кодексу України (щодо впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом)» [13]. Проект цього регуляторного акта розроблено відповідно до вимог ВРД ЄС та на виконання Плану заходів з виконання Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейсько-го Союзу [14]. Законопроектом пропонується запровадження гідрографічного і водогосподарського районування території України для розроблення планів управління річкових басейнів. Вводиться поняття Плану управління річковим басейном як стратегічного планувального документа для впровадження програми заходів, що створюють підґрунтя для інтегрованого, екологічно і економічно обґрунтованого та сталого управління водними ресурсами в межах річкового басейну на довгостроковий період; басейнових рад як консультативно-дорадчих органів у межах території річкового басейну, які створюються для вирішення питань з використання й охорони вод та відтворення водних ресурсів, та визначається процедура їх створення. Узагалі ж басейновий принцип управління визначається як комплексне інтегроване управління водними ресурсами в межах території річкового басейну. У наведеному законопроекті запропоновано провести гідрографічне районування території України – це поділ території України на гідрографічні одиниці, який здійснюється для розроблення планів управління річковими басейнами. Гідрографічними одиницями стануть райони основних річкових басейнів та суббасейнів в їх межах, де райони основних річкових басейнів є головною одиницею управління в галузі використання й охорони водних об'єктів, які складаються з басейнів відповідних річок і пов'язаних з ними підземних водоносних горизонтів. В Україні запропоновано встановити 9 районів основних річкових басейнів: район басейну Дніпра; район басейну

Дністра; район басейну Дунаю; район басейну Південного Бугу; район басейну Десни; район басейну Західного Бугу; район басейну Сіверського Донця та райони басейнів річок Рось і Тиса. У межах районів основних річкових басейнів можуть виділятися суббасейни. На відміну від національного водного законодавства Водна Рамкова Директива ЄС (ВРД ЄС 2000) визнає річковий басейн в якості головної природної одиниці водного середовища [15]. Директива вимагає визначення районів річкового басейну, які можуть охоплювати одну або кілька річок, а також підготовки обов'язкових (на законодавчому рівні) планів управління річковим басейном для кожного району річкового басейну. Використання європейськими країнами басейнового підходу в дослідженнях та в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали центральною концепцією в управлінні водними ресурсами лише при вступі в дію ВРД ЄС.

Територія річкового басейну може бути басейном однієї великої річки або, в іншому випадку, включати кілька басейнів малих річок. З іншого боку, територія річкового басейну може повністю розміщуватися в межах однієї країни або в межах двох і більше країн. У багатьох випадках територія річкового басейну ділиться між кількома країнами (між країнами – членами ЄС або між країнами, що є членами ЄС, та країнами, що до нього не входять). Міжнародні комісії по річкових басейнах відіграють важливу роль в координації реалізації ВРД у державах – членах ЄС. Найбільш активними комісіями в річкових басейнах Європи є Міжнародна комісія по захисту річки Одер від забруднення (ICPOAP), Міжнародна комісія по захисту річки Ельба (IKSE), Міжнародна комісія по захисту річки Дунай (ICPDR), Міжнародна комісія по захисту річки Рейн (ICPR) та міжнародна комісія по Шельді (ISC). Досвід європейських країн свідчить, що кількість районів річкових басейнів у межах їх територій є різною й обумовлена в першу чергу особливостями гідрографічної мережі. Зрозуміло, що малі за площею країни мають меншу кількість таких районів. Наприклад, у Чорногорії та Естонії таких районів лише два; Боснія та Герцеговина, Болгарія, Латвія та Литва виділяють по чотири райони річкових басейнів, Чехія – п'ять і т. д. Близькі за площею з Україною європейські держави виділяють на своїй території від п'яти (Швеція) до десяти (Великобританія, Польща) районів [7, с. 64–65]. Таким чином, зміст означеного принципу полягає в тому, що на загальнодержавному рівні стратегічні цілі, водну політику країни визначатиме Національна Рада з водних проблем, виконавчим органом якої може бути державний орган управління водним господарством, який за дорученням Ради розроблятиме законодавчо-правову і нормативно-методичну базу. Представницький басейновий орган створюється у формі басейнової ради [16]. Серед екологів-правників висловлювалася пропозиція щодо розробки системи басейнового принципу, за яким центр ваги управління водними ресурсами переноситься на басейн річки (на басейнову раду річки), яка формується з представників громад, науки, водокористувачів, державної і місцевої адміністрації, яка розробляє напрями водної політики в басейні, затверджує бюджет, виконавчі документи, оперативні і стратегічні (довгострокові) плани, ставки платежів за різні види водокористування тощо

[17, с. 109]. Як зазначає М. Є. Стадник, басейнові ради є головними басейновими координаторами, дорадчими органами, що діють на громадських засадах. Виконавчим басейновим органом мають бути басейнові управління водних ресурсів. Вертикаль управлінських структур у межах водозабірної площі басейну продовжують обласні управління водного господарства, які на місцевому рівні здійснюють функції планування, координації і контролю за використанням, охороною та відтворенням водних ресурсів [18]. Сьогодні в Україні з ініціативи Держводагентства створені басейнові ради, які функціонують у басейнах основних річок – Дніпра, Дністра, Дунаю, Десни, Південного Бугу, Західного Бугу, Сіверського Дінця, Росі. Як зазначає В.А. Сташук, робота басейнових рад сприяє впровадженню принципів інтегрованого управління водними ресурсами на території басейну із залученням водокористувачів, громадських екологічних організацій і наукових установ до розв'язання конфліктних ситуацій та планування заходів. З огляду на те, що інтегрована басейнова модель управління водними ресурсами передбачає залучення всіх заінтересованих водокористувачів до прийняття управлінських рішень, при Держводагентстві та в усіх основних басейнах річок працюють спеціальні Міжвідомчі комісії. Діяльність Міжвідомчих комісій особливо важлива в маловодних регіонах України (Донбас, Південь України, Харківський регіон) [7, с. 45]. Разом із тим управління водними ресурсами на сьогодні в Україні здійснюється за адміністративно-територіальним поділом, що зумовлено недосконалістю законодавчої і нормативно-правової бази. У сучасних умовах управління водогосподарським комплексом у басейнах річок характеризується наявністю складної системи галузевих, відомчих і місцевих функцій та структур державного управління, які діють в Україні ще з часів СРСР. Вони мають переважно галузеву і адміністративно-територіальну (а не басейнову) орієнтацію, неефективний і незбалансований механізм регулювання водних відносин. Узагалі колишні радянські підходи характеризувалися не стільки збереженням і захистом водних ресурсів, скільки використанням води і створенням відповідної інфраструктури для її використання. Навіть створені перші басейнові управління водних ресурсів (Дніпровське, Сіверсько-Донецьке, Південно-Бузьке) не займалися питаннями управління річковими басейнами в тому розумінні, як це визначено ВРД ЄС. Головну увагу вони приділяли питанням використання води, розвитку інфраструктури і моніторингу водних ресурсів у місцях забору та скиду води. Перехід від адміністративно-територіального до басейнового управління водними ресурсами потребує вдосконалення законодавства насамперед у частині встановлення правових норм, спрямованих на практичне запровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, таких як: визначення основних термінів, гідрографічне та водогосподарське районування території України, повноважень органів державного управління та органів місцевого самоврядування тощо.

Басейновий принцип управління водними ресурсами визначає передумови та напрями створення в Україні сучасного механізму використання, охорони і відтворення вод, який відповідатиме найбільш ефективній

міжнародній практиці і надасть змогу реалізувати стратегію державної політики, спрямованої на запобігання виснаженню водних ресурсів та досягнення і підтримання доброї якості води. Таким чином, максимально ефективному державному управлінню в галузі використання й охорони вод та відтворення водних ресурсів сприятиме перехід від адміністративно-територіальної до басейнової системи управління водними ресурсами, при якій головною одиницею управління буде визначено басейн водного об'єкта. Крім того, завдяки ефективному запровадженню басейнового принципу управління водними ресурсами як основи ведення державного водного кадастру з'явиться можливість налагодити роботу суб'єктів управління в зазначеній сфері, правильно розподілити функції між ними, своєчасно отримувати та надавати інформацію про стан водних ресурсів, задовольнити потребу населення і галузей економіки в якісних водних ресурсах та ін. Виходячи з наведеного, існує необхідність внесення зазначених змін до Водного кодексу України та розробки відповідного закону України.

Список літератури

1. Дубняк С. С. Заходи щодо розвитку басейнової системи управління водними ресурсами на прикладі басейну р. Дніпро / С. С. Дубняк, С. А. Дубняк // Водне господарство України : наук.-техн. часоп. – 2006. – No 3. – С. 25–34.
2. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року [Електронний ресурс] : Директива, Інформація, Перелік [...] від 23.10.2000 No 2000/60/ЄС. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_962.
3. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / А. В. Сташук. – Дніпропетровськ : Зоря, 2006. – С. 480.
4. Носачов І. Ю. Особливості адміністративного управління водними ресурсами України / Ю. І. Носачов // Екон. інновації. – 2014. – Вип. 58. – С. 239–245.
5. Вострікова Н. В. Аналіз стану законодавчої бази щодо інтегрованого управління водними ресурсами в Україні [Електронний ресурс] // Електрон. наук. фах. вид. Харк. регіон. ін-ту держ. упр. Нац. акад. держ. упр. при Президенті України. – 2014. – Вип. 1. – Харків. – Режим доступу: <http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/db/2014-1/doc/2/09.pdf>.
6. Верниченко Г. А. Комплексне планування та управління водними ресурсами / Г. А. Верниченко, В. О. Васенко. – К. : Ін-т географії НАН України, 2001. – С. 367.
7. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом : монографія / В. А. Сташук, В. Б. Мокін, В. В. Гребінь, О. В. Чунарьов ; за ред. В. А. Сташука. – Херсон : Грінь Д. С., 2014. – 320 с.
8. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : затв. Законом України від 24.05.2012 No 4836-VI // Відом. Верхов. Ради України. – 2013. – No 17. – Ст. 146.
9. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року : Закон України від 21.12.2010 No 2818-VI // Відом. Верхов. Ради України. – 2011. – No 26. – Ст. 218.
10. Directive 2000/60/EC of European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy (EU Water Framework

Directive) [Electronic resource] : Act from 23/10/2000. – Access mode: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF.

11. Управление трансграничным бассейном Днепра: суббассейн реки Припяти : монография / под ред. А. Г. Ободовского, А. П. Станкевича и С. А. Афанасьева. – Киев : Кафедра, 2012. – 448 с.

12. Офіційний сайт Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dkrp.gov.ua>.

13. Головний правовий портал України «Лігазакон» [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT0620.html.

14. Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2013 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу [Електронний ресурс] : розпорядження Каб. Міністрів України від 25.03.2013 № 157-р. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/157-2013-%D1%80>

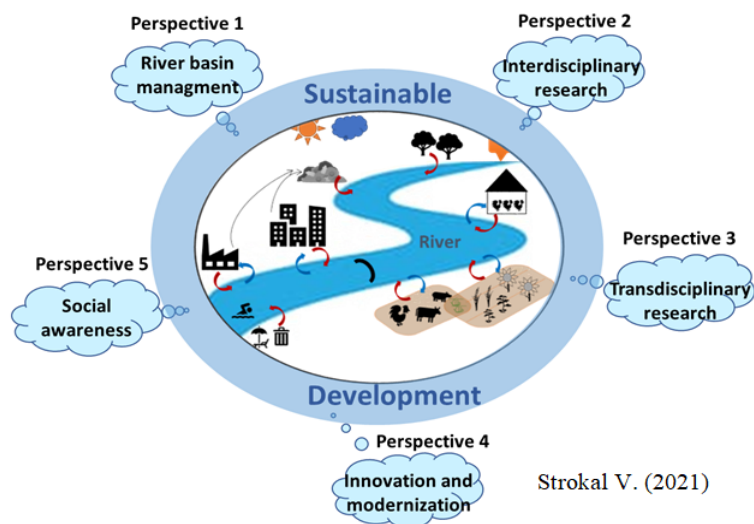
15. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – С. 240.

16. Солоха М. Т. Напрями вдосконалення механізмів державного регулювання використання водно-ресурсного потенціалу України [Електронний ресурс] / М. Т. Солоха. – Режим доступу : <http://docs.google.com>.

17. Яцик А. В. Басейновий підхід до управління водними ресурсами – перший етап до їх інтегрованого управління / А. В. Яцик // І-й Всеукраїнський з'їзд екологів : міжнар. наук.-техн. конф., 4–7 жовт. 2006 р. : тези доп. // Секція 2, Моделювання і моніторинг довкілля. Геоінформаційні системи і технології. – Вінниця, 2006. С. 58–110.

18. Стадник М. Є. Реформування системи управління водними ресурсами в Україні [Електронний ресурс] / М. Є. Стадник. – Режим доступу: <http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/11417/1/Stadnik.pdf>

1.2. Управління водними ресурсами України: структура, підходи



Термінологія	
Басейнова рада	це консультативно-дорадчий орган у межах території річкового басейну, утворений при центральному органі виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, з метою забезпечення раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, інтегрованого управління ними
План управління річковим басейном	розробляється з метою досягнення екологічних цілей, визначених для кожного району річкового басейну, в установлені строки (детальніше: https://www.youtube.com/watch?v=eGGkliyz5MM)
Водогосподарські організації	басейнові управління водних ресурсів в розрізі басейнів та суббасейнів річок

Територія України займає вигідне географічне положення для по відношенню транскордонного водного коридору через великі річки, як Дніпро, Дністер, Дунай та інші. рема басейн річки Дніпро займає 48% всього водного простору України [48, 53]. Наприклад, екологічні проблеми басейну Дніпра є цікавими з двох позицій: перша – басейн має транскордонне значення (рис. 1.1) [48, 60-61], інша – басейн Дніпра забезпечує більше 75% населення України питною водою, а також до 70% - функціонування систем зрошення у сільському господарстві [21, 28-29, 53, 55-56].

Сучані підходи до управління водними ресурсами потребує постійного удосконалення. Чимало досліджень та публікацій в Україні присвячені цій темі. Зокрема, сучасний стан розвитку законодавчої бази в Україні щодо процесу реформування системи управління водними ресурсами в Україні аналізовано в роботах В.О. Євдокимова [24], М.І. Ромащенко [14, 44]. Гідрографічним та водогосподарським районуванням території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу

присвячені праці В.В. Гребінь [22, 23]. Рябець К.А. обґрунтував теоретичної сутності поняття «водне господарство України» з урахуванням наукового, політичного та правового впливу на нього [27].



Рис.1.1. Територіальне розміщення водних ресурсів Дніпровського басейну (а) та в межах України (б)

Проблемам узгодження національної нормативної бази України в галузі управління водними ресурсами відповідно до Європейських стандартів присвячено публікацію А.В. Гриценка та співавторів [26]. Климчик О.М., Пінкіна Т.В., Пінкін А.А. [13] у своїй праці розкривають сутність принципу басейнового управління водними ресурсами, показують досвід європейських країн у зазначеній сфері та перспективи його впровадження в Україні, зазначають, запропонували структурну схему інтегрованого управління водними ресурсами. Оцінюванню екологічного ризику забруднення локальних територій в умовах сучасного управління присвячено чимало робіт Л.В. Войтенко, зокрема в деяких працях розкрито основні проблеми антропогенного навантаження на оцінювання якості водних ресурсів України [28-29, 51]. Проте, в Україні залишається не дослідженим зв'язок основних факторів переходу адміністративно-територіального управління до інтегрованого управління водними ресурсами на басейновому принципі. Інтегроване управління водними ресурсами дозволяє поєднати цільовим використання водних ресурсів із забезпеченням їх якості та доступності до населення відповідно вимог Європейського Союзу.

Україна має вигідне географічне положення, її площа становить 603,7 тис. км кв. – це найбільша держава Європи – 5,7% площі Європи [38]. Територія її розташована у межах трьох морів: Азовського, Чорного, Балтійського це зумовлює має вигідне георграфічне розташування. Україна охоплює 24 області територіального устрою через які протікають 73 тис. річок. Більшість річок України відносяться до басейнів Чорного й Азовського морів. Лише Західний Буг й інші праві притоки Вісли відносяться до басейну Балтійського моря. Найбільші ріки – Дніпро і Дунай – є судноплавними та мають міжнародне (транскордонне) значення [25].

Рисунок 1.2 показує нам управління водними ресурсами країни на основі адміністративно-територіального підходу (А) який тривав до змін, управління водними ресурсами на основі басейнового підходу (В) який триває зараз після

змін у національному законодавстві, важливість імплементації Європейських Директив у національне законодавство для забезпечення ефективного управління водними ресурсами (C), що почало відбуватися з 2014 року, а також впровадження реформи децентралізації територіального устрою країни (D), під час якої заплановано створити об'єднані територіальні громади і надати їм нових повноважень та фінансових можливостей для розвитку та збереження своїх територій, створення сучасної освітньої, медичної, транспортної, житлово-комунальної інфраструктури.

Основним центральним органом управління водними ресурсами України є Державне агентство водних ресурсів України [15] що підпорядковане Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України. Адміністративно-територіальний підхід (A) тривав в країні досить довгий період (практично весь період незалежності України), базувався на основі управління адміністративно-територіальних одиниць (областей, районів). При даному управлінні якість води з роками все погіршувалася, розвиток індустрії зростає, попит на водопостачання збільшувався у рази. Такий принцип управління не відповідав сучасним вимогам вискоєфективного водокористування, відповідно й європейським стандартам і вимагав суттєвих змін у сфері управління.

Основною передумовою та поштовхом в інтеграції управління водними ресурсами став підписаний Закон України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони» (від 16 вересня 2014 р. № 1678-VII» [2]. Початок набуття чинності даної Угоди припав на 2017 рік, який і став маркером змін у системі управління водними ресурсами (рис. 1.2).

Дані зміни у законодавстві спонукали до створення нової системи управління водними ресурсами з використанням *басейного підходу (B)*, де основною одиницею управління виступає річковий басейн, який є системою із екологічними, соціальними та економічними зв'язками [13]. Відповідно у структурі державного агентства водних ресурсів України було створено водогосподарські організації (басейнові управління водними ресурсами в розрізі басейнів річок, управління каналів, технічні школи) та басейнові ради [7], які сприяють залученню всіх водокористувачів у процес розробки, впровадження, моніторингу і реалізації принципів управління водними ресурсами.

У системі Державного агентства водних ресурсів нині функціонує 9 *басейнових та 19 обласних управлінь водних ресурсів* (рис. 1.3), які реалізують державну водну політику на місцях, і зона їх діяльності охоплює всю територію країни. Зважаючи на початок системної роботи з проведення Урядом структурних реформ у різних сферах державної політики, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, залучивши всіх заінтересовані сторони, експертів, науковців та міжнародних партнерів, розробило «Концепцію реформування управління водними ресурсами», спрямовану на досягнення доброго стану вод шляхом створення законодавчих та інституційних засад впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за

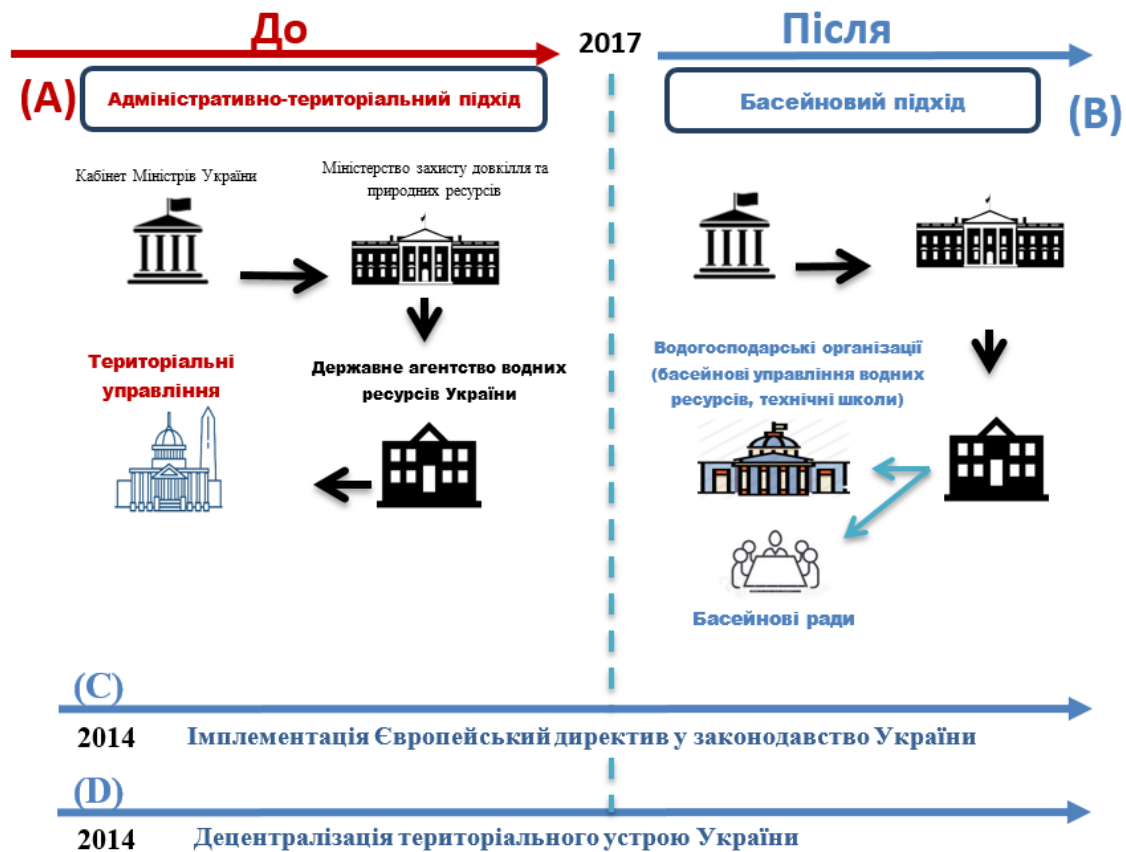


Рис. 1.2. Структура управління водними ресурсами (схема побудована за результатами наукової літератури за категоріями – A – [1, 2], B – [5-9, 11, 23, 42, 45, 46, 47], C – [32-36, 39], D – [4, 13, 24, 43]

басейновим принципом на основі рівноправного залучення всіх заінтересованих сторін до процесу управління з урахуванням кращого світового досвіду. Як результат при басейновому принципі управління уже розроблено конкретний План управління в річкових басейнах [5, 6], виділено суббасейни та водогосподарські ділянки у межах встановлених районів річкових басейнів [8], затверджено конкретний перелік забруднюючих речовин у поверхневих водах, підземних водах, для екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод [9], розписаний новий порядок здійснення моніторингу вод [10].

Уряд України з 2014 року поступово почав переходити до *імплементції європейських стандартів до національного законодавства України (C)*, що у свою чергу, спонукало до переходу на інтегроване басейнове управління водними ресурсами України [32-36]. Вагомим підходом було те, що Уряд України в *Національній доповіді «цілі Сталого Розвитку: Україна» [37]* визначив базові показники та результати адаптації 17-ти глобальних цілей сталого розвитку для умов України, в тому числі і для цілі 6 — «Чиста вода та належні санітарні умови», яка передбачає виконання завдань, направлених на забезпечення доступності якісних послуг з постачання безпечної питної води, будівництво та реконструкцію систем централізованого питного водопоста-

чання, сучасних систем водовідведення, підвищення ефективності водокористування та впровадження інтегрованого управління водними ресурсами. Національне законодавство України з управління водними ресурсами суттєво почало вдосконалюватися у бік збалансованого природокористування. В Україні, за ініціативи Європейського Союзу впроваджується Проект EUWI+, який покликаний сприяти реформуванню водної політики водних ресурсів на прикладі Дніпровського басейну, річки якого належать до транскордонних річок. Зокрема, завданнями Програми у напрямі екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро та поліпшення якості питної води є наступні: забезпечення екологічно безпечного функціонування дніпровських водосховищ, запобігання забрудненню підземних вод, створення більш чистого виробництва замкнених (безстічних) систем виробничого водопостачання, впровадження мало- і безводних технологій, забезпечення повторного використання стічних вод, удосконалення нормативно-правової бази та організаційної структури водогосподарського комплексу для забезпечення екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро [21, 48, 53].

У зв'язку з тим, що сьогодні демократія є найзатребуванішою формою політичного устрою суспільства, що дає можливість людям не тільки обирати керівників, а й контролювати владу в реалізації програм як розвитку так і збереження навколишнього середовища в Україні з 2014 року почала діяти *реформа децентралізації територіального устрою країни (D)*. Вона покликана впершу чергу зупинити деградацію сільської місцевості, покращити якість надання послуг, підвищити ефективність управлінських рішень. Відповідно до неї до кінця 2020 року в Україні з 490 районів в областях повинно утворитися приблизно 130 районів об'єднаних територіальних громад, яким буде надано право самостійно користуватися фінансовими інструментами для забезпечення підвищення рівня розвитку громад та управління спільними об'єктами водного, лісового та сільського господарства.



Рисунок 1.3. Райони річкових басейнів України [4]

SWOT-аналіз

SWOT-аналіз при управлінні водними ресурсами України вимагає конкретизації розробки стратегій розвитку водної галузі. З цією метою пропонуємо розглянути чотири основні стратегії розвитку водної галузі, які базуються на басейновому управлінні, що у свою чергу включають імплементації Європейських директив та децентралізацію територіального устрою. В основу розробки даних стратегій були покладені принципи «забруднювач платить» та екологічної відповідальності [63]. Загалом SWOT-аналіз при управлінні водними ресурсами представлений у таблиці 2.

Стратегія 1: *Перехід від адміністративно-територіального до басейнового підходу управління водними ресурсами.* Україна знаходиться на шляху змін в системі управління водними ресурсами (див.рис.1.2). Перехід до басейнового управління водними ресурсами дає можливість адаптувати водну політику регіонів до їх територіальних особливостей [1]. Дана стратегія в майбутньому передбачає повну реалізацію планів управління річковими басейнами (що розроблені відповідно до європейських стандартів), що дозволить: підвищити якість водних ресурсів, змінити підхід до водокористування, що у свою чергу призведе до зменшення викидів у річки та скидів неочищених вод; покращити співпрацю у транскордонному значенні.

Відповідно до цього у національному законодавстві відбулися *суттєві зміни щодо регулювання діяльності* зацікавлених сторін (суб'єкти господарювання, адміністративні одиниці управління) у процесі управління водними ресурсами [13]. Позитивним моментом є те, що розроблено Водну стратегію України до 2025 року [1], визначено структуру плану управління річковим басейном [6], створено басейнові ради, які розробляють Плани управління річковим басейном, розроблено водогосподарські баланси використання водних ресурсів [5, 7], виділено межі районів річкових басейнів [11] та у їх межах виділено суббасейни (рис.5) та водогосподарські ділянки [8], розписаний новий порядок здійснення моніторингу вод [10]. Також сильною стороною є те, що з 2019 року в Україні запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви [10, 32]. Зокрема визначено чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень, введено нові показники моніторингу, які в Україні до цього часу не вимірювались – пріоритетні, гідроморфологічні та біологічні. Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюються такі процедури: процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод; процедура моніторингу морських вод [10]. Нова система моніторингу передбачає шестирічний цикл моніторинг та класифікацію стану вод за 5 класами екологічного стану і 2 класами зімічного стану [40]. Басейновий принцип управління посилює рівень *співпраці у сфері реалізації планів управління річковими басейнами* між адміністративними одиницями регіонів, водогосподарськими організаціями (басейнові управління у розрізі річок) та басейновими радами. Так, територіальні органи державного агентства водних

ресурсів України спільно із басейновими управліннями водних ресурсів та басейновими радами формують плани управління річковими басейнами [13, 14]. Важливим аргументом даної стратегії є *міжнародна та національна координація* водогосподарських організацій з неурядовими організаціями. Відкрилися нові можливості до співпраці у міжнародних проектах. Зокрема неурядова організація «Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного партнерства» спільно з водогосподарськими організаціями України, а також за підтримки Професійної асоціації екологів України впроваджує Проект EUWI+, який покликаний сприяти реформуванню водної політики на прикладі Дніпровського басейну в рамках транскордонного співробітництва. Програма націлена на забезпечення екологічно безпечного функціонування дніпровських водосховищ, запобігання забрудненню підземних вод, створення більш чистого виробництва замкнених (безстічних) систем виробничого водопостачання, впровадження мало- і безводних технологій, забезпечення повторного використання стічних вод, удосконалення нормативно-правової бази та організаційної структури водогосподарського комплексу для забезпечення екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро. Основним результатом програми є розроблені національні цільові показники до Протоколу про воду та здоров'я в Україні [21] та розроблений План управління річковим басейном річки Дніпра. Також Центр екологічних ініціатив «Екодія» разом із експертами та науковцями розробили інтернет-карту в рамках проекту «Вода близько. Підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату» [41], яка продемонструє можливі наслідки для України від підняття рівня моря через зміни клімату на період до 2100 року.

Впровадження нових нормативних документів чи удосконалення існуючих відповідно до басейнового принципу управління потребує більш ефективної організації співпраці між територіальними органами управління та суб'єктами водокористування у реалізації планів управління річковими басейнами, а також фінансової підтримки з боку держави. На даний час, через брак коштів з стратегії «Водна стратегія України до 2025 року» [1] в Україні виконано лише 30 % запланованих заходів. *Суттєву загрозу* реалізації даної стратегії можуть викликати такі чинники: зміна у структурі управління як водними ресурсами так і в цілому у державі, що може призвести до зворотнього переходу, тобто до адміністративно-територіального управління водними ресурсами; загострення економічної ситуації, що може призвести до фінансових проблем в реалізації планів управління річками; відсутність фінансування на наукові розробки.

Стратегія 2: Доступ громадськості до інформування про водні ресурси України та їх якість. Ця стратегія дає можливість всім верствам населення (громадяни України, науковці, адміністратори, студенти, представники організацій) мати доступ до достовірної інформації про стан водних ресурсів України, а також про якість питної води, яку вони споживають. Стратегія направлена на: покращення обізнаності населення про причини погіршення якості води та шляхи їх збереження; підвищення рівня свідомості громадян щодо збереження якості водних ресурсів та водокористування в цілому;

підвищення рівня науковості та достовірності поданих наукових статей та проектів за рахунок використання достовірних даних про стан водних ресурсів.

Позитивними сторонами є запровадження он-лайн інтерактивних карт, які відображають екологічні дані водних ресурсів. Розробка та реалізація таких карт стала можливим за рахунок спільної співпраці між бізнесом, громадянськими організаціями і Урядом у сфері екологічної політики та захисту навколишнього природного середовища. Завдяки проекту «Open Access» («Відкритий доступ») у 2019 році в Україні стартувала геоінформаційна система «Відкрите довкілля» з пілотними мапами «Водні ресурси», «Атмосферне повітря» та «ЕкоФінанси» (<https://openaccess.org.ua/>). Проект реалізувала група експертів під керівництвом українського аналітичного центру «Фундація «Відкрите суспільство» (діяльність якого фокусується на забезпеченні доступу громадськості до державних даних) та за рахунок співпраці з Міністерством екології та природних ресурсів України. Ключовими моментами геоінформаційної системи «Відкрите довкілля» те, що вона наповнюється як даними з державних установ, що відображають стан забруднення води та атмосферного повітря в Україні так і з даними з альтернативних джерел, що збираються громадськими мережами моніторингу довкілля. Окремо відображаються дані по екологічному податку, видаткам місцевих та обласних бюджетів, обсягам фінансування на природоохоронні заходи до районного рівня. Державне агентство водних ресурсів України та Агенція журналістики даних у 2018 році презентували інтерактивну он-лайн карту забрудненості річок в Україні «Чиста вода» (<https://texty.org.ua/water/>). Ця карта відображає 5-ти річні дані державного моніторингу річок в межах басейну. За цією картою можна оцінити якість води, переглянути до 16 параметрів забруднення, а також з'ясувати, як його рівень змінювався протягом п'яти років. З метою об'єктивного інформування громадськості про водні об'єкти з 2019 року створений та працює геопортал «Водні ресурси України» (<http://geoportal.davr.gov.ua:81/>) - це сучасна ІТ-платформа, яка містить багато різних даних про річкові басейни України (включає: річкові суббасейни, водогосподарські ділянки, поверхневі води та їх масиви, екорегіони, перехідні та прибережні води, антропогенні впливи, екологічний та хімічний стан, населені пункти та кадастровий поділ). Під егідею Державного агентства водних ресурсів України створено он-лайн карту «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» (<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>).

Відмінністю від інших карт є те, що вона показує окремо дані державного моніторингу вод за: адміністративно-територіальним принципом, водогосподарською організацією, ознакою транскордонного створу, районом річково басейну або суббасейну. Окрім он-лайн карт в Україні громадські організації за ініціативи державних установ проводять різноманітні інформаційні заходи, пов'язані із підвищенням рівня свідомості громадян, обізнаності їх у проблемі. Наприклад екологічні проекти на регіональному рівні «Екологічна стежка», «Допоможемо річці», «Навколишні струмки в небезпеці»; створення

інфографіки різними громадськими організаціями (на тему «збережемо воду», «забруднена вода» та інші).

Хоча із запровадженням басейнового принципу управління водними ресурсами доступність до інформації покращилася через створені он-лайн карти та різноманітні організовані заходи, проте є й *слабкі сторони*. Це зумовлено тим, що он-лайн карти не містять повної інформації, яка наведена у їх характеристичі, оскільки вони перебувають у тестовому режимі і відбувається поступове їх наповнення (термін кінцевого наповнення не відомий). Недоліком цих карт є: не відображують інформацію за видами забруднення (хімічне, фізичне, теплове, бактеріологічне, нітратне та інші); не містять показників бактеріологічного забруднення; не подають інформацію про якість питної води для різних видів водокористування. Також, деяка участь у навчальних тренінгах та семінарах є платною, що унеможливує участь громадян у зв'язку із відсутністю коштів. Суттєвими *загрозами* в реалізації даної стратегії є соціальні та фінансові бар'єри, які можуть виникнути за рахунок економічно нестабільної ситуації в країні.

Стратегія 3: Впровадження європейських директив в національне законодавство України. В Україні нині основні реформи у сфері охорони довкілля та покращення якості життя відбуваються на виконання екологічної складової Угоди про асоціацію між Україною та ЄС [43]. Власне ця Угода і стала основним рушієм у зміні структури управління водними ресурсами (див.рис.1.2). Тому реалізація даної стратегії є важливою для України, оскільки *сприятиме* створенню європейської системи моніторингу вод, покращенню якості питної води та забезпеченню централізованого водопостачання у сільських місцевостях, а також забезпеченню в Україні сучасної водної політики, зокрема у сферах управління річками, міськими стічними водами, морським середовищем, сільськогосподарським забрудненням вод та паводками.

Процес впровадження Директив ЄС у національне законодавство, пов'язане із управлінням водних ресурсів відбувається за рахунок спільних міжнародних проектів та програм у співпраці між організаціями Європейського Союзу, територіальними органами управління, водогосподарськими організаціями та басейновими радами. Урядом України було внесено низка змін до національного законодавства щодо управління водними ресурсами), які сприяли отриманню наступних результатів: Водна рамкова директива ЄС (Директива 2000/60/ЄС [32]) – створення басейнів річок, їх суббасейнів, водогосподарських меж [5,6,7,8,9, 11] та розроблено методичку гідрографічного та водогосподарського районування території України [23]; Директива про міські стічні води (Директива ЄС 91/271/ЄС [34]) – внесені зміни до системи очищення стічних вод з промислових підприємств та житлово-комунального сектору [45]; Паводкова директива (Директива 2007/60/ЄС [35]) – розроблено та затверджено методичку розроблення карт загроз і ризиків затоплення, відповідно до якої розроблено два види карт: карти ризику затоплення, що характеризують загрозу для людей та карти ризику затоплення, що характеризують загрозу для довкілля, культурної спадщини та господарської діяльності [5, 46]; Рамкова Директива про морську стратегію (Директива

2008/56/ЄС [33]) – потребує спільних програм транскордонного значення [42], на обговоренні проект Морської стратегії України та розпочало консультації з громадськістю, ухвалено урядом розпорядження про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту («дорожньої карти») [47]; Директива про питну воду (Директива ЄС 98/83/ЄС [36]) – внесені зміни до показників якості води [45]; Нітратна Директива (Директива Ради 91/676/ЄЕС [39]) – є інтегральною частиною нової системи управління водними ресурсами за басейновим принципом [5], в процесі розробки документи «Методика визначення зон вразливих до нітратного забруднення» та «Кодекс кращих сільськогосподарських практик», які дозволяють збалансувати господарські потреби з необхідністю забезпечення доброго стану води та водних екосистем, мінімізувати рівень забруднення нітратами [48].

Стратегія 4: Зменшення впливу антропогенних чинників на стан водної екосистеми із застосуванням інноваційних технологій. Стратегія спрямована на покращення стану водної екосистеми через мінімізацію рівня забруднення внаслідок антропогенного навантаження. Вона пов'язана із трьома попередніми стратегіями, які забезпечують її інституційною (стратегія 1), інформаційною (стратегія 2) та нормативною складовою (стратегія 3). Лише поєднання трьох складових дозволяє спрогнозувати можливе зменшення рівня забруднення водойм та приведення національних стандартів якості води до європейських. Слід зазначити, що рівень забруднення залежить від інтенсивності використання водних ресурсів певним сектором. У зв'язку із збільшенням виробництва продукції тваринництва на ринку України [30] та розширенням житлово-комунального сектору (урбанізація, індустрія, побутові відходи), основними видами забруднення водних ресурсів виступають нітратне, бактеріологічне, біологічне, хімічне та теплове. У таблиці наведено основні антропогенні чинники забруднення водойм та інноваційні підходи до запобігання забрудненню водойм. Загалом нітратне та бактеріологічне забруднення зумовлене аграрним сектором: розвитком тваринництва, птахівництва та нераціональним використанням земельних угідь. До основних технологій щодо зменшення надходження до водойм пестицидів, фосфатів, нітратів можна віднести часткову заміну хімізації сільського господарства біологічними методами боротьби із шкідниками та хворобами рослин, чітке дотримання сівозмін та уведення більш стійких до хвороб сортів рослин [29, 51]. Також в Україні визначення зон, вразливих до нітратного забруднення є одними із основних напрямків щодо запобігання забрудненню нітратами водойм [48].

Басейнове управління водними ресурсами України знаходиться на етапі реорганізації, що включає імплементацію європейських директив за рахунок переходу на басейновий принцип, а також застосування інноваційних інструментів управління водними ресурсами та їх моніторингу за станом якості.

SWOT-аналіз управління водними ресурсами дозволяє виокремити позитивні та негативні сторони у реалізації стратегії управління, а також визначити перспективи удосконалення системи управління водними ресурсами.

Таблиця 1. - SWOT-аналіз управління водними ресурсами

Стратегії	Strengths (сильні сторони)	Weaknesses (слабкі сторони)	Opportunities (можливості для майбутнього)	Threats (загрози, які можуть передувати реалізації)
<p>Перехід від адміністративного територіального до басейнового підходу управління водними ресурсами</p>	<p>Удосконалення національного законодавства. Співпраця між територіальними органами управління та водогосподарськими організаціями у розрізі річок. Міжнародна та національна координація з неурядовими організаціями</p>	<p>Важко застосувати плани управління річковими басейнами через недостатній рівень координації між територіальними органами управління та суб'єктами водокористування. Лімітована кількість проєктів із залученням міжнародних організацій</p>	<p>Реалізація планів управління річковими басейнами дозволить: - підвищити якість водних ресурсів, змінити підхід до водокористування, що у свою чергу призведе до зменшення викидів у річки та скидів неочищених вод; - покращити співпрацю у транскордонному значенні</p>	<p>Зміни у структурі управління як водними ресурсами так і в цілому у державі (зміна влади) можуть призвести до зворотнього переходу, тобто до адміністративно-територіального управління водними ресурсами. Загострення економічної ситуації може призвести до фінансових проблем в реалізації планів управління річками. Відсутність фінансування на наукові розробки</p>
<p>Доступ громадськості до інформування про водні ресурси України та їх якість</p>	<p>Створення он-лайн карт, які відображають екологічні дані водних ресурсів: - геоінформаційна система «Відкрите довкілля»; - інтерактивна карта зарудненості річок в Україні «Чиста вода»; - геопортал «Водні ресурси України» - он-лайн карта «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України». Створення інфографіки на</p>	<p>Он-лайн карти не містять повної інформації, яка наведена у їх характеристистичі, оскільки вони перебувають у тестовому режимі і відбувається поступове їх наповнення. Жодна з он-лайн карт: - не відображає інформацію за видами забруднення (хімічне, фізичне, теплове, бактеріологічне, нітратне та інші); - не містить показників</p>	<p>Покращити обізнаність населення про причини погіршення якості води та шляхи їх збереження. Підвищити рівень свідомості громадян щодо збереження якості водних ресурсів та водокористування в цілому. Підвищити рівень науковості та достовірності поданих наукових статей та проєктів за рахунок</p>	<p>Соціальні бар'єри: - відсутність можливості приймати участь у інформаційних заходах. Фінансові бар'єри призведуть до: - зменшення кількості інформаційних заходів (семінарів, навчальних тренінгів, воркшопів та інших) з інформування населення та підвищення рівня їхньої свідомості; - відмови від участі у</p>

	<p>екологічні тематики. Проведення навчальних тренінгів, семінарів.</p>	<p>бактеріологічного забруднення; - не подає інформацію про якість питної води для різних видів водокористування Платний доступ до участі в навчальних тренінгах чи семінарах</p>	<p>використання достовірних даних про стан водних ресурсів. Приймати участь у спільних міжнародних проєктах</p>	<p>проєктах; - призушення наповнення он-лайн карт</p>
<p>Впровадження європейський директив в національне законодавство України</p>	<p>Удосконалення національного законодавства відповідно до європейських вимог. Розвиток спільних регіональних планів розвитку водного басейну та міжнародних програм з адаптації стандартів ЄС до умов України</p>	<p>Слабке виконання національних законодавчих документів. Нестабільне фінансування природоохоронних заходів у розрізі програм управління водними ресурсами</p>	<p>Створення європейської системи моніторингу води як для питних цілей, так і для технологічних та господарсько-побутових. Адаптувати Ціль Сталого розвитку №6 «Чиста вода та належні санітарні умови» до умов України, зокрема у галузі забезпечення централізованого водопостачання у сільських місцевостях</p>	<p>Скорочення фінансової підтримки ЄС. Відсутність координації між Європейськими організаціями та урядом України. Зміна структури влади України</p>
<p>Зменшення впливу антропогенних чинників на стан водної екосистеми із застосуванням інноваційних технологій</p>	<p>Приведення національного законодавства про якість води до європейських вимог</p>	<p>Відсутній чіткий план з управління водними ресурсами для зменшення рівня забруднення водойм. Інноваційні технології по запобіганню забруднення прописані не чітко, також не реалізовані</p>	<p>Покращення стану водної екосистеми в річкових басейнах шляхом мінімізації рівня забруднення внаслідок антропогенного навантаження</p>	<p>Відсутність фінансування природоохоронних заходів.</p>

Список літератури

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – К.: Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і меліорації, 2015. – 46 с. http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf
2. Закон України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами- членами, з іншої сторони» (від 16 вересня 2014 р. № 1678-VII) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1678-18>
3. Стратегія водної політики України: проект – наукові обґрунтування Міністерства енергетики та захисту довкілля: <https://menr.gov.ua/news/33021.html>
4. Стратегічні підходи до формування водної політики України / Володимир Білоконь, команда підтримки реформ Міністерства енергетики та захисту довкілля: https://drive.google.com/file/d/1xN67aKYdIZ7xNvW2uCqmBRo4WI5CQ_6S/view
5. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (від 04.10.2016 № 1641-VIII) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном» від 18.05.2017 р. № 336: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF>
7. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження типового положення про басейнові ради» від 26.01.2017 № 23: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-17>
8. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про виділення суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах встановлених районів річкових басейнів» від 26.01.2017 № 25: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0208-17>
9. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» від 06.02.2017 № 45: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17>
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» від 19.09.2018 р. № 758: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF>
11. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» від 03.03.2017 № 103: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>
12. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Порядку розроблення водогосподарських балансів» від 26.01.2017 № 26: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-17>
13. О. М. Климчик, Т. В. Пінкіна, А. А. Пінкін. Впровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом / Scientific Journal «ScienceRise» №4(45)2018, С. 36-40

14. М.І. Ромащенко, М.В. Яцюк, О.О. Дехтяр. Концептуальні засади реформування водогосподарської галузі України / Вісник аграрної науки, 2018, №12 (789), С. 9-18

15. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році, Міністерство розвитку громад та територій України під егідою Державного підприємства «Науково-дослідний та конструкторськотехнологічний інститут міського господарства» 351 с. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/Proekt-Nats.-dop.-za-2018.pdf>

16. Jerzy Kozyra, Греков В.О., Краковська С.В. Заключний звіт завдання Служби експертної підтримки Clima East CEEF2016-083-UA «Розробка концепції національної політики адаптації ісільського господарства України до зміни клімату», Clima East, 2017, 102 с. http://1067656943.n159491.test.prositehosting.co.uk/wp-content-sec/uploads/2017/05/CEEF-083-UA-final-report-UKR_v7.pdf

17. Під ударом стихії: міграція кліматичних зон України на північ, сонячні аномалії. Сайт аграрних новин «Landlord». 2019 р. <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iaak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/>

18. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / С. М. Степаненко, А. М. Польовий, Є. П. Школьний [та ін.] ; за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польовий - Одеса : Екологія , 2011. - 696 с.

19. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986– 2005рр.): Монографія /Під редакцією В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко.– К.: Ніка–Центр,2006.–312 с.

20. Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 року (ратифікований Законом України від 09.07.2003 № 1066-IV) та затверджених наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 вересня 2011 року № 324. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030

21. Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного партнерства (ІІЕС+): Результат 1 «Національні цільові показники до Протоколу про воду та здоров'я в Україні та заходи їх досягнення», UNECE, 2019 р. 52 с. <https://www.euwipluseast.eu/ru/component/content/article/425-all-activities-2/activites-ukraine-6/reports-of-ukraine/718-ukrajina-natsionalni-tsilovi-pokazniki-do-protokolu-provodu-ta-zdorov-ya-v-ukrajini-ta-zakhodi-jikh-dosyagnennya?Itemid=429>

22. Гребінь В.В., Яцюк М.В., Чунар'ов О.В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2012, Т.2, С.8-16 http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2012_2_3

23. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу/ В.В.Гребінь, В.Б. Мокін, В.А. Сташук, В.К. Хільчевський, М.В. Яцюк, О.В. Чунар'ов, Є.М. Крижановський, В.С. Бабчук, О.Є. Ярошевич-К.: Інтерпрес ЛТД, 2013. –55с. http://geo.univ.kiev.ua/images/doc_file/navch_lit/kafedra_gidrol_lit/7_n_lit_gidrol.pdf.pdf

24. Євдокимов В.О., Жук В.М. Державне регулювання розвитку водогосподарського комплексу шляхом впровадження інтегрованого підходу до управління водними ресурсами за басейновим принципом. Актуальні проблеми державного управління. 2015, №1 (47). С.139-145 <http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/apdu/2015-1/doc/2/09.pdf>

25. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. – К. : Генеза, 2000. – 456 с.

26. Гриценко А.В. Васенко О.Г., Кресін В.С. Удосконалення правил охорони поверхневих вод України від забруднення зворотними водами. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: збірник наукових праць. УкрНДІЕП, 2016. Випуск 28. С.3-13

27. Рябець К.А. Формування сутності поняття «водне господарство України: наукові, політичні, правові чинники». Національна академія державного управління при Президенті України. Методологія, теорія та історія державного управління. Bulletin of the NAPA. Series “Public Administration” №3. 2018. С. 19-25 <http://visnyk.academy.gov.ua/pages/dop/81/files/40bb3c99-2bbb-4ed0-9cfe-e3eec61ba1ea.pdf>

28. Voitenko, L., Stokal, V. & Slobodian, A. Risk assessment of surface water pollution by municipal wastewater effluent (the case of Ikva River) (in Ukrainian) *Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics* 28, С.39-50, (2018).

29. Войтенко Л.В., Строкаль В.П., Миронюк О.О. Екологічна оцінка локальних водних ресурсів на прикладі міста Кам'янець-Подільського / Таврійський науковий вісник. – Т. 1, № 100. – С. 287-292. http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_1/43.pdf

30. Звіт про результати дослідження загальнодержавного ринку м'яса курячого (2016-2018 роки). Антимонопольний комітет України, відділ ринків агропромислового комплексу Департаменту виробничої сфери. 81 с. <https://amcu.gov.ua/storage/app/sites/1/%20%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf>

31. Мельник В.О. Екологічні проблеми сучасного птахівництва. Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Птахівництво», Інститут птахівництва УААН, Випуск 63. <http://avianua.com/archiv/ptahivnictvo/63/1.pdf>

32. Водна рамкова директива ЄС (Директива 2000/60/ЄС «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики»): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962

33. Рамкова Директива про морську стратегію (Директива 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері політики з морського середовища): <https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2056%20%D0%84%D0%A1.pdf>

34. Директива 91/271/ЄС «Про очистку міських стічних вод»: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911

35. Повенева директива (Директива 2007/60/ЄС «Про оцінку та управління ризиками затоплення»): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b29

36. Директива про питну воду (Директива 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963

37. Національна доповідь 2017 року «Цілі Сталого Розвитку: Україна». Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. 176 с. http://www.un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf

38. Геополітичне положення України: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/713-geopolitichne-polozhennya-ukrajini>

39. Директива Ради 91/676/ЄЕС стосовно охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел: <https://menr.gov.ua/files/docs/91%20676%20%D0%84%D0%95%D0%A1.pdf>

40. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України «Про затвердження Методики 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» № 5 від 14.01.2019 р.. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>
41. Звіт проекту «Вода близько: підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату» / Олександр Голубцов, Антон Біатов, Олег Селіверстов, Соф'я Садогурська. Режим доступу: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/11/voda_blyzko_report_full-c.pdf
42. Інституціональні передумови впровадження директиви 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища в Україні / Н. Коржунова // Науковий журнал «Економіка природокористування і охорони довкілля». - 2015. - С. 44-53. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2015_2015_7
43. Імплементация принципів інтегрованого управління в системі галузевих підкомплексів водного господарства / Г.С. Штогрин// Науковий журнал «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища». – 2018. – Випуск 19. – С. 413-420. Режим доступу: http://www.market-infr.od.ua/journals/2018/19_2018_ukr/70.pdf
44. Romashchenko, M. et al. Scientific principles of restoration and development of irrigation in Ukraine in the current conditions (in Ukrainian). Land Reclamation and Water Management 106, 3-14, (2017)
45. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»» від 18 травня 2017 року № 2047-VIII.- Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2047-19>
46. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Методики розроблення карт загроз і ризиків затоплення» № 153 від 28.02.2018 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0350-18#Text>
47. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту (“дорожньої карти”))» від 11 жовтня 2017 р. № 747-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/747-2017-%D1%80#Text>
48. Технічний звіт: розробка проекту Плану управління річковим басейном Дніпра в Україні: фаза1, крок2 –Визначення територій(зон), які підлягають охороні; пропозиції щодо екологічних цілей / Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного Партнерства (EUWI+), 2019. – Режим доступу: https://www.euwipluseast.eu/images/2019/12/PDF/EUWI_UA_Dnipro_Protected_Aras_UA.pdf.
49. Оцінка якості використання водних ресурсів в умовах забруднення навколишнього середовища / Унрод В.І., Касзмареk В., Хилик Я.О // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання» : 21–22 березня 2019 року, м. Черкаси [Електронний ре-сурс]: у 2-х томах. Секція «Інноваційні технології в харчовій промисловості» / М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – С.157-162.

50. Water Quality Indices – Important tools for water quality assessment: A Review / Poonam T., Tanushree B. [et al.] // International Journal of Advances in Chemistry. – 2015. – Vol.1, No.1. – P. 19–29. Available at: <http://airccse.com/ijac/papers/1115ijac02.pdf>.
51. Voitenko L.V., Kopilevich V.A., Strokal M.P. The Conception Of Water Quality Assessment Used Harrington's Desirability Function For Different Kinds Of Water Consumption // Біоресурси і природокористування. – 2015. – Т. 7, No 1–2. – С. 25–36.
52. Abbasi T., Abbasi S.A. Water quality indices. – Amsterdam: Elsevier Sci Ltd, 2012. – 384 p.
53. Заключний звіт «Ідентифікація та розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна» / Водна ініціатива плюс ЄС для країн Східного партнерства (EUWI+): результат 2 і 3 – ENI/2016/372-403, 2019 – 117 с.
54. Строкаль В. П. Антропогенне навантаження на стан водних та земельних ресурсів: проблеми локальних територій України / Науково-практичний журнал «Збалансоване природокористування», Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Вид-во: ТОВ «Екоінвестком», 2020. – №2(2020). – С. 119-128 <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/208822/213059>
55. Строкаль В.П., Курочка Т.Л. УПРАВЛІННЯ ДНІПРОВСЬКИМ БАСЕЙНОМ В УМОВАХ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ / Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку», (Полтава, Полтавська державна аграрна академія, 26 червня 2020 р.). Полтава – С. 61-64
56. Курочка Т.Л., Строкаль В.П. Басейн річки Дніпро: вимоги до управління / Тези доповідей студентського науково форуму «Студентська молодь і науковий прогрес в АПК» (Львів, 22-24 вересня 2020 р.). – Львів. – 2020. – С.47-48 file:///C:/Users/user/Downloads/studentaska_molod_i_naukovii_progres_v_apk_tezi_dop_mizhnar_s.pdf
57. Li, A., Strokal, M., Bai, Z., Kroeze, C. & Ma, L. How to avoid coastal eutrophication - a back-casting study for the North China Plain. Science of The Total Environment 692, 676-690, (2019).
58. Strokal, M. et al. Cost-effective management of coastal eutrophication: A case study for the yangtze river basin. Resources, Conservation and Recycling 154, 104635, (2020).
59. Nazarov, N., Cook, H. & Woodgate, G. Water pollution control issues in an independent Ukraine. Water and Environment Journal 14, 117-123, (2000).
60. Strokal, M. & Kroeze, C. Nitrogen and phosphorus inputs to the Black Sea in 1970–2050. Regional Environmental Change 13, 179-192, (2013).
61. Miladinova, S., Macias, D., Stips, A. & Garcia-Gorriz, E. Identifying distribution and accumulation patterns of floating marine debris in the Black Sea. Marine Pollution Bulletin 153, 110964, (2020).
62. SWOT-аналіз – основа формування маркетингових стратегій: Навчальний посібник/За ред. Л.В.Балабанової. – 2-ге вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2005.–301 с.– (Вища освіта XXI ст.).
63. Принципи Acquis Communautaire як передумова покращення водного законодавства України / Демиденко А., Шутяк С. (розділ 2 та Додаток 1), Дьяков О., Закорчевна Н. (розділи 3, 4), Шутяк С. (розділи 1, 5, 6 та Додатки 1, 2, 3, 4). За заг. ред. Кравченко О. – Львів, 2014, с. 82 http://epl.org.ua/images/pdf/people/1676_EPL_Maket_Posibnyk.pdf

64. Tarariko, O., Iliencko, T., Kuchma, T. & Velychko, V. Long-term prediction of climate change impact on the productivity of grain crops in Ukraine using satellite data. *Agricultural science and practice* 4, 3-13, (2017).

65. Vasylytsiv, T. & Tesliuk, R. Demographic dimension of sustainable development of Ukraine *Ekonomika ta derzhava* 4, 33-38, (2020).

Питання для контролю рівня знань

1. Назвіть відмінності між адміністративно-територіальним та басейновим управлінням водними ресурсами

2. Опишіть структуру управління водними ресурсами

3. Назвіть основні структурні компоненти управління водними ресурсами та їх функції (водогосподарські організації, технічні школи тощо)

4. Який принцип імплементації європейських директив щодо покращення розвитку водної стратегії в країні?

5. Назвіть основні нормативно-правові документи, що регулюють управління водними ресурсами та забезпечують охорону та збереження водної екосистеми

6. Назвіть основні басейни та суббасейни річок України. Надайте характеристику специфіки поділу на басейни.

7. Надайте характеристику управління водними ресурсами в розрізі басейнів річок України.

8. Що собою являє «*SWOT-аналіз*»?

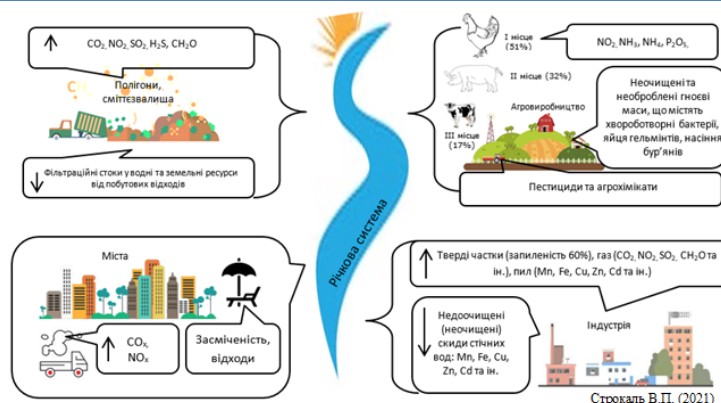
9. Опишіть основні п'ять стратегій розвитку водної технологій, базуючись на складових SWOT-аналізу

10. Надайте пропозиції щодо удосконалення системи управління водними ресурсами. Які зокрема функції та повноваження мають бути наділені органи виконавчої влади? Чи є ефективним нині впровадження системи управління водними ресурсами на основі басейного принципу?

Розділ 2. Вплив сільськогосподарської та урбанізованої діяльності та чинники ризику забруднення річкової системи

2.1. Головні причини погіршення якості водних ресурсів України

- Основні чинники забруднення водних ресурсів
- Причинно-наслідкові зв'язки забруднення біогенними елементами (на прикладі басейну річки Дніпра)



Термінологія	
Забруднювач	будь-який природний або антропогенний агент, який потрапляє у довкілля в кількостях, які перевищують фонові значення та викликає тим самим його забруднення (також забруднювачем іменують і джерело забруднення, наприклад, завод або полігон ТПВ)
Забруднення довкілля	процес зміни складу і властивостей однієї або декількох сфер Землі внаслідок діяльності людини
Забруднення вод	насичення вод, водотоків і водойм речовинами в таких кількостях або сполученнях, які погіршують якість води та зумовлюють несприятливі наслідки, а також потрапляння різного бруду у води річок, озер, підземних вод
Якість води	поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води водного об'єкта, яке зумовлює її придатність для певних видів використання
Показник якості води	сукупність біологічних і фізико-хімічних характеристик води: трофосапробності, солоності, твердості, водневого показника рН, концентрації шкідливих речовин
Нормативи якості води	встановлені (нормовані) значення показників якості води (фізичні, хімічні, біологічні), що відповідають певним вимогам, при яких надійно захищається здоров'я людей, створюються сприятливі умови для водокористування, охорони вод та екологічного благополуччя водного об'єкта

2.1.1. Основні чинники забруднення водних ресурсів

Основними джерелами забруднення річкових вод прийнято вважати:

Стічні води. Забруднення водойм стічними водами з різними шкідливими домішками неорганічного (кислоти, луги, мінеральні солі) та органічного (нафта й нафтопродукти, миючі засоби, пестициди тощо) складу. Крім того, із стічними водами до річок потрапляють різні мікроорганізми, спори грибів, яйця гельмінтів, багато з яких є хвороботворними для людей, тварин і рослин.

Фермерські господарства. Забруднення великою кількістю хімічних добрив, отрутохімкатів, гербіцидів, інсектицидів і органічних відходів, які вимиваються і потрапляють в поверхневі і підземні води, а також забруднення від великих тваринницьких комплексів.

Промислові відходи. До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, гірничорудна промисловість, комунально-побутові стоки. Ртуть, мідь, фтор, радіоактивні частки, залізо – «подарунки» річкам від промислових підприємств. Серед забруднювачів води особливе місце посідають синтетичні миючі засоби, які є надзвичайно стійкі, зберігаються у воді роками.

Витоки нафти. Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообмінові між водою та атмосферою й знижує вмісту воді кисню. В результаті розливу 1 т нафти плівкою покривається 12 км² води. Згустки мазуту, осідають на дно, вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у процесі самоочищення води. Внаслідок гниття даних осадів, забруднених органічними речовинами, виділяються шкідливі сполуки, зокрема сірководень, що отруюють усю воду в річці.

Тверді відходи. Забруднення води відбувається внаслідок накопичення в ній нерозчинних домішок – пластикових пляшок, пакетів, гравію, піску, глини, мулу, який змивається з дощовими водами з розораних ділянок (полів). Замулення річок відбувається внаслідок розорювання заплав і вирубування лісових смуг. Тверді частинки знижують прозорість води, пригнічують розвиток водяних рослин, забивають зябра риб та інших водяних тварин, погіршують смакові якості води, а іноді роблять її взагалі непридатною для споживання.

Теплове забруднення. Забруднення води відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та інших енергетичних об'єктів. Тепла вода змінює термічний і біологічний режими водойм і шкідливо впливає на їхніх мешканців. Вода, нагріта до температури 26-30°C, діє на риби та інших мешканців водойм пригнічуючи, а якщо температура води піднімається до 36°C, риба гине. Крім того, злив теплої води у річки призводить до евтрофікації, тобто прискореного заростання водойми водоростями і мору живності.

Атмосферне забруднення. Наявність у повітрі золи, попелу, сажі та різних газів, які з опадами потрапляють до річки. Оксиди азоту і сірки, з'єднуючись з киснем і вологою стають причиною кислотних дощів, які забруднюють природне середовище.

Якість води знижується з кожним роком що пояснюється збільшенням рівня захворюваності населення та із причини забрудненості довкілля [15]. *Загальними джерелами забруднення довкілля* в Україні визначено [4]: стаціонарні (промисловість та сільське господарство, міські очисні споруди, зливові води міст, енергетичні установки), дифузні (промисловість гірничовидобувна, сільське господарство, населення, що не підключене до стаціонарного водовідведення, системи централізованого водовідведення, мулові майданчики, місця зберігання відходів, скидання забруднюючих речовин і сміття із суден). Проте існує ряд факторів, які безпосередньо впливають на якість водних ресурсів в Україні – *чинники забруднення води* (рис.2.1) - це розвиток індустрії (збільшення технічно очищених або неочищених скидів стічних вод), розширення урбанізаційних територій навколо великих міст (збільшення житлово-комунальних стоків), неконтрольване внесення агрохімікатів на поля та недостатньо обробка гноєвих масив перед внесенням (потрапляння у річкову систему великої кількості пестицидів, фосфатів, нітратів), збільшення кількості птахофабрик (Україна увішла у ТОП-5 по виробництву птиці, що у свою чергу зумовило виробництво значної кількості неконтрольованих відходів у довкілля), перезавантаженість полігонів по зберігання побутових відходів та відсутність заводів по переробці цих відходів (утворилася велика кількість несанкціонованих відходів по всій території України, а на офіційних полігонах фільтраційні води практично неочищені скидаються у водні системи) [25]. Слід виокремити ситуацію із тваринництвом в Україні, яка зараз набула широкого розповсюдження через вагоме збільшення виробників і виробництва птиці. До складу тваринництва України входить скотарство, свинарство, птахівництво, вівчарство. Упродовж останніх десятиріч спостерігається значний спад скотарства, свинарства та вівчарства. Так, за даними [30] за 1990 – 2018 роки кількість поголів'я сільсько-господарських тварин скоротилась у середньому на 80 %. Зокрема, поголів'я ВРХ скоротилось на 86 % (корів – на 76 %), поголів'я свиней – на 69 %, овець та кіз – майже на 91 %. Провідні позиції в галузі тваринництва в Україні на сьогодні займає птахівництво. Проте з 1991 року по 2001 рік відбувалося суттєве скорочення виробництва птиці. У зв'язку із збільшення споживчого попиту на м'ясо птиці та за рахунок низької собівартості на сьогодні простежується активне відновлення та розвиток галузі, про що свідчить загальна тенденція до нарощування обсягів поголів'я птиці в Україні. За даними [30], протягом 2016 – 2017 років в Україні було вироблено 4 642 тис. тонн м'яса (всіх видів), з яких 2 352 тис. тонн м'яса птиці (51%), 1 484 тис. тонн м'яса свинини (32%) та 740 тис. тонн м'яса яловичини й телятини (17%). Виходячи з наведених даних, в Україні відбувається збільшення відходів саме від галузі птахівництва, що стає вагомими фактором забруднення повітря, ґрунтів та води. В процесі життєдіяльності однієї курки утворюється 0,2 – 0,3 кг посліду, до цього варто додати забруднену підстилку, відходи інкубації, загиблу птицю та ін. В 1 м³ забруднених викидів міститься 3-20 мг аміаку, 1-3 мг сірководню, 0,10-0,30% вуглекислого газу, 3-5 мг пилу, 70-900 тис. мікробних тіл [31]. Дані забруднювачі є чинниками погіршення якості води [65].

Всі вище перераховані фактори зумовлюють рівень забрудненості водних ресурсів України. Так, у національному документі «Стратегічні підходи до формування водної політики України» [4] зазначено, що за ступенем забрудненості води річок – відповідають 3 класу якості вод («помірно забруднені»), за середніми значеннями індексу сапробності для всіх водних об'єктів спостерігається *помірне забруднення* води. Також зазначено, що найбільш спостерігається небезпечна ситуація таких параметрів якості води, як БПК₅ – в басейнах Дністра і Сіверського Донця; NH₄–Дніпра, Південного Бугу і Західного Бугу; NO₂ – річок Приазов'я і Західного Бугу; NO₃–Сіверського Донця і Західного Бугу; PO₄–Дніпра і Сіверського Донця [4, 59, 61].

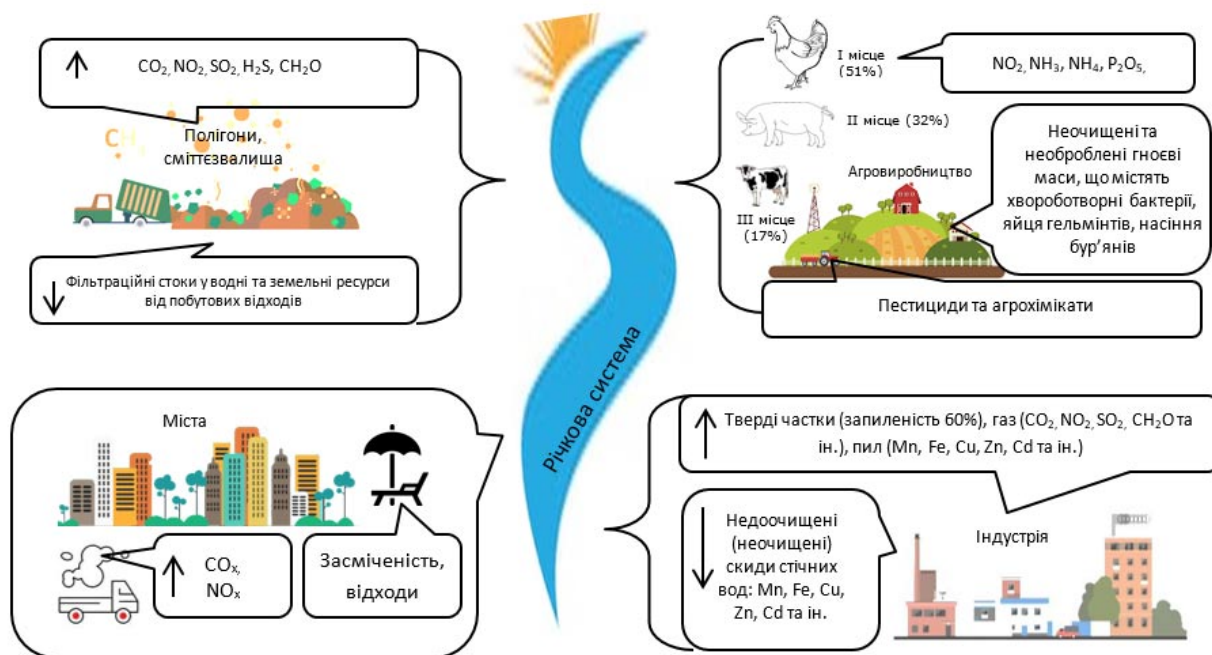


Рисунок 2.1. Основні чинники забруднення води в Україні [4, 15, 18, 28-31, 54, 59, 61, 65]

Значним фактором стало те, що з підвищенням рівня температури на планеті, змінилися погодні умови в Україні через аномальні коливання температури [16, 64]. Україна складається з трьох агрокліматичних зон: Степ, Лісостеп, Полісся. Така класифікація була проведена за співвідношенням кількості опадів до кількості накопиченого тепла. Тепер же, зі зміною середньорічної температури і кількості накопиченого тепла, ці агрокліматичні зони зміщуються. Значно зросла кількість днів із надзвичайно високими температурами, так званими «хвилями тепла», коли температура повітря вдень перевищує 30-35°C. За даними синоптиків, вони поступово мігрують на північ. Підвищення температури на 1°C зсуває межу агрокліматичних зон в середньому на 100 км на північ. А температура зросла на цілих 2°C! Тож межа кліматичних зон змістилася на цілих 200 км. [17]. Як бачимо з рисунку 2.2. практично зникає зона *Полісся* – зона достатнього зволоження й не таких високих температур. Нині ця зона теплішає швидше за південь. Тобто, якщо Кіровоградська область раніше відносилася до Північного степу (зона

посушлива, дуже спекотна), то зараз її можна віднести до Південного степу (дуже посушлива, спекотна) - зони, до якої раніше належали Херсон, Запоріжжя й Одеса. Кіровоградщина ж за кліматичними показниками стає такою, якою 30 років тому була Херсонщина. А Херсонщина в свою чергу наразі не має аналогу в країні – вже ближча до сухих субтропіків. Та кількість тепла, які отримують Херсонська, а також південні частини Запорізької та Миколаївської областей, уже дозволяє вирощувати такі теплолюбні культури як рис чи бавовник [16, 17, 64].

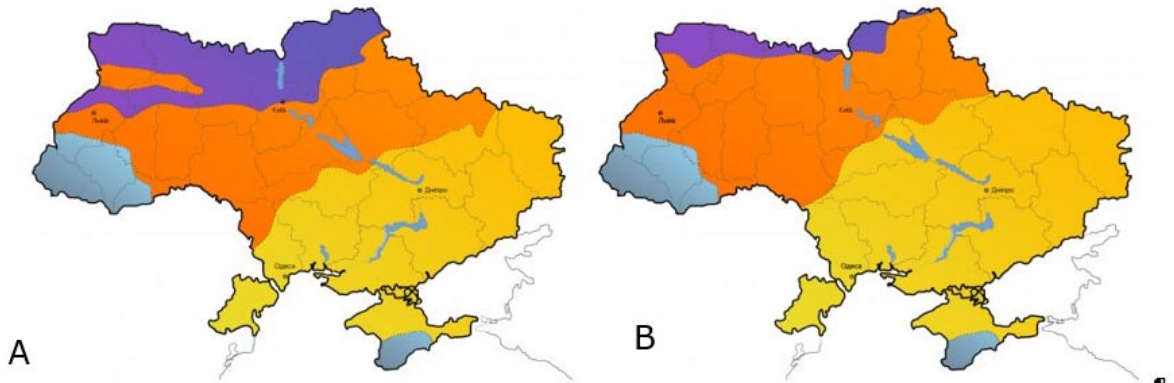


Рис. 2.2. Агрокліматична мапа до впливу глобального потепління. Жовтим виділено степову зону, помаранчевим – лісостепову, фіолетовим – Полісся. А – звичайна ситуація до змін клімату, В – після впливу змін клімату (Інфографіка Landlord [17])

У заключному звіті проекту *Clima East*, який фінансується Європейським Союзом «Розробка концепції національної політики адаптації сільського господарства України до зміни клімату» [16] наведені сценарії розвитку України під впливом змін клімату. Наприклад, річна сума опадів до 2050 року суттєво не зміниться (3-5%), проте змінюється структура опадів: збільшується кількість небезпечних і стихійних опадів, зростає їх зливова складова, особливо в теплий період [18, 19]. Також до 2050 року очікується значне зростання потенційного випаровування в середньому до 1200 мм (зараз цей середній показник 700-850 мм), а до 2010 року – до 1600 мм на рік. Такий ріст випаровуваності відбуватиметься за рахунок значного підвищення максимальної річної температури в майбутньому [16, 64]. Річні суми опадів як основне джерело вологи та річна випаровуваність є найпростішими узагальнюючими характеристиками змін клімату, різниця яких показує дефіцит (або баланс) зволоження відповідно.

Таблиця 2.1. – Вплив антропогенних чинників на стан водної екосистеми та шляхи мінімізації забруднення (базуючись про причини забруднення води, рис.2.1

Антропо-генний чинник	Вид забруднення	Забруднювачі	Наслідки забруднення	Технології запобігання забрудненню	Європейський нормативний документ регулювання
Аграрний сектор	Нітрагнне забруднення	Тваринництво: гній та його стоки. Сільське господарство: пестициди й агрохімікати, сівозна	Евтрофікація водойм. Забруднення річок важкими металами	Визначення зон, вразливих до нітратного забруднення [48]. Безпечне поводження із гноєм, об'єми та умови будівництва резервуарів для його зберігання, що забезпечує непотрапляння нітратів у землю, воду та повітря [50]. Раціональне поводження з добривами [29]. Запобігати ерозії ґрунту	Нітрагна Директива [39]
	Бактеріологічне забруднення	Тваринництво: гній та його стоки	Зменшення вмісту кисню у воді	Використовуйте якомога менше хімічних засобів при прибиранні. Сортування небезпечних відходів (окремо фарби, моторне масло, розчинники та очищувачі, аміак, хімікати). Відмова від користування пластиком . Нормування якості води з розробкою критеріїв придатності її для різних видів водокористування. Скорочення обсягів скидів забруднень у водойми шляхом удосконалення технологічних процесів [49]	Директива про питну воду [36] Директива про очистку стічних вод [34]
Індустрія та урбанізація	Хімічне забруднення	Скиди стічних вод: хімічні домішки неорганічного походження (нафта, нафтопродукти, пестициди, миючі засоби)	Евтрофікація водойм (за рахунок миючих засобів) Зникнення донних мікроорганізмів (приймають участь у самоочищенні) за рахунок накопичення нафтопродуктів		
	Біологічне забруднення	Комунально-побутові стоки: різні мікроорганізми (бактерії, віруси), спори грибків	Поява збудників небезпечних хвороб, як холера, дизентерія, гепатит		
	Теплове забруднення	Спуск у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та енергетичних установок:	Змінюються термічні й біологічні режими водойми. Відбувається пригнічення риб та інших мешканців водойм		

Список літератури

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – К.: Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і меліорації, 2015. – 46 с. http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf
2. Закон України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами- членами, з іншої сторони» (від 16 вересня 2014 р. № 1678-VII) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1678-18>
3. Стратегія водної політики України: проект – наукові обґрунтування Міністерства енергетики та захисту довкілля: <https://menr.gov.ua/news/33021.html>
4. Стратегічні підходи до формування водної політики України / Володимир Білоконь, команда підтримки реформ Міністерства енергетики та захисту довкілля: https://drive.google.com/file/d/1xN67aKYdIZ7xNvW2uCqmBRo4WI5CQ_6S/view
5. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (від 04.10.2016 № 1641-VIII) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном» від 18.05.2017 р. № 336: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF>
7. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження типового положення про басейнові ради» від 26.01.2017 № 23: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-17>
8. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про виділення суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах встановлених районів річкових басейнів» від 26.01.2017 № 25: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0208-17>
9. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» від 06.02.2017 № 45: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17>
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» від 19.09.2018 р. № 758: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF>
11. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» від 03.03.2017 № 103: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>
12. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Порядку розроблення водогосподарських балансів» від 26.01.2017 № 26: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-17>
13. О. М. Климчик, Т. В. Пінкіна, А. А. Пінкін. Впровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом / Scientific Journal «ScienceRise» №4(45)2018, С. 36-40
14. М.І. Ромащенко, М.В. Яцюк, О.О. Дехтяр. Концептуальні засади реформування водогосподарської галузі України / Вісник аграрної науки, 2018, №12 (789), С. 9-18

15. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році, Міністерство розвитку громад та територій України під егідою Державного підприємства «Науково-дослідний та конструкторськотехнологічний інститут міського господарства» 351 с. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/Proekt-Nats.-dop.-za-2018.pdf>
16. Jerzy Kozyra, Греков В.О., Краковська С.В. Заключний звіт завдання Служби експертної підтримки Clima East CEEF2016-083-UA «Розробка концепції національної політики адаптації і сільського господарства України до зміни клімату», Clima East, 2017, 102 с. http://1067656943.n159491.test.prositehosting.co.uk/wp-content-sec/uploads/2017/05/CEEF-083-UA-final-report-UKR_v7.pdf
17. Під ударом стихії: міграція кліматичних зон України на північ, сонячні аномалії. Сайт аграрних новин «Landlord». 2019 р. <https://landlord.ua/wp-content/page/pid-udarom-stykhii-iaak-mihruuiut-klimatychni-zony-v-ukraini/>
18. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / С. М. Степаненко, А. М. Польовий, Є. П. Школьний [та ін.] ; за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польовий - Одеса : Екологія , 2011. - 696 с.
19. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986– 2005pp.): Монографія /Під редакцією В.М. Липінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко.– К.: Ніка–Центр,2006.–312 с.
20. Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 року (ратифікований Законом України від 09.07.2003 № 1066-IV) та затверджених наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14 вересня 2011 року № 324. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030
21. Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного партнерства (ІІЕС+): Результат 1 «Національні цільові показники до Протоколу про воду та здоров'я в Україні та заходи їх досягнення», UNECE, 2019 р. 52 с. <https://www.euwipluseast.eu/ru/component/content/article/425-all-activities-2/activites-ukraine-6/reports-of-ukraine/718-ukrajina-natsionalni-tsilovi-pokazniki-do-protokolu-pro-vodu-ta-zdorov-ya-v-ukrajini-ta-zakhodi-jikh-dosyagnennya?Itemid=429>
22. Гребінь В.В., Яцюк М.В., Чунарьов О.В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2012, Т.2, С.8-16 http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2012_2_3
23. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу/ В.В.Гребінь, В.Б. Мокін, В.А. Сташук, В.К. Хільчевський, М.В. Яцюк, О.В. Чунарьов, Є.М. Крижановський, В.С. Бабчук, О.Є. Ярошевич-К.: Інтерпрес ЛТД, 2013. –55с. http://geo.univ.kiev.ua/images/doc_file/navch_lit/kafedra_gidrol_lit/7_n_lit_gidrol.pdf.pdf
24. Євдокимов В.О., Жук В.М. Державне регулювання розвитку водогосподарського комплексу шляхом впровадження інтегрованого підходу до управління водними ресурсами за басейновим принципом. Актуальні проблеми державного управління. 2015, №1 (47). С.139-145 <http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/apdu/2015-1/doc/2/09.pdf>
25. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорева. – К. : Генеза, 2000. – 456 с.
26. Гриценко А.В. Васенко О.Г., Кресін В.С. Удосконалення правил охорони поверхневих вод України від забруднення зворотними водами. Проблеми охорони

навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: збірник наукових праць. УкрНДІЕП, 2016. Випуск 28. С.3-13

27. Рябець К.А. Формування сутності поняття «водне господарство України: наукові, політичні, правові чинники». Національна академія державного управління при Президентіві України. Методологія, теорія та історія державного управління. Bulletin of the NAPA. Series "Public Administration" №3. 2018. С. 19-25 <http://visnyk.academy.gov.ua/pages/dop/81/files/40bb3c99-2bbb-4ed0-9cfe-e3eec61ba1ea.pdf>

28. Voitenko, L., Strokal, V. & Slobodian, A. Risk assessment of surface water pollution by municipal wastewater effluent (the case of Ikva River) (in Ukrainian) *Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics* 28, С.39-50, (2018).

29. Войтенко Л.В., Строкаль В.П., Миронюк О.О. Екологічна оцінка локальних водних ресурсів на прикладі міста Кам'янець-Подільського / Таврійський науковий вісник. – Т. 1, № 100. – С. 287-292. http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_1/43.pdf

30. Звіт про результати дослідження загальнодержавного ринку м'яса курячого (2016-2018 роки). Антимонопольний комітет України, відділ ринків агропромислового комплексу Департаменту виробничої сфери. 81 с. <https://amcu.gov.ua/storage/app/sites/1/%20%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf>

31. Мельник В.О. Екологічні проблеми сучасного птахівництва. Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Птахівництво», Інститут птахівництва УААН, Випуск 63. <http://avianua.com/archiv/ptahivnictvo/63/1.pdf>

32. Водна рамкова директива ЄС (Директива 2000/60/ЄС «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики»): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962

33. Рамкова Директива про морську стратегію (Директива 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері політики з морського середовища): <https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2056%20%D0%84%D0%A1.pdf>

34. Директива 91/271/ЄС «Про очистку міських стічних вод»: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911

35. Повенева директива (Директива 2007/60/ЄС «Про оцінку та управління ризиками затоплення»): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b29

36. Директива про питну воду (Директива 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною): https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963

37. Національна доповідь 2017 року «Цілі Сталого Розвитку: Україна». Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. 176 с. http://www.un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf

38. Геополітичне положення України: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/713-geopolitichne-polozhennya-ukrajini>

39. Директива Ради 91/676/ЄЕС стосовно охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел: <https://menr.gov.ua/files/docs/91%20676%20%D0%84%D0%95%D0%A1.pdf>

40. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України «Про затвердження Методики 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» № 5 від 14.01.2019 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>

41. Звіт проекту «Вода близько: підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату» / Олександр Голубцов, Антон Біатов, Олег Селіверстов, Соф'я Садогурська. Режим доступу: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/11/voda_blyzko_report_full-c.pdf

42. Інституціональні передумови впровадження директиви 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності співтовариства у сфері екологічної політики щодо морського середовища в Україні / Н. Коржунова // Науковий журнал «Економіка природокористування і охорони довкілля». - 2015. - С. 44-53. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2015_2015_7

43. Імплементация принципів інтегрованого управління в системі галузевих підкомплексів водного господарства / Г.С. Штогрин// Науковий журнал «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища». – 2018. – Випуск 19. – С. 413-420. Режим доступу: http://www.market-infr.od.ua/journals/2018/19_2018_ukr/70.pdf

44. Romashchenko, M. et al. Scientific principles of restoration and development of irrigation in Ukraine in the current conditions (in Ukrainian). Land Reclamation and Water Management 106, 3-14, (2017)

45. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»» від 18 травня 2017 року № 2047-VIII.- Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2047-19>

46. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Методики розроблення карт загроз і ризиків затоплення» № 153 від 28.02.2018 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0350-18#Text>

47. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту (“дорожньої карти”» від 11 жовтня 2017 р. № 747-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/747-2017-%D1%80#Text>

48. Технічний звіт: розробка проекту Плану управління річковим басейном Дніпра в Україні: фаза1, крок2 –Визначення територій(зон), які підлягають охороні; пропозиції щодо екологічних цілей / Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного Партнерства (EUWI+), 2019. – Режим доступу: https://www.euwipluseast.eu/images/2019/12/PDF/EUWI_UA_Dnipro_Protected_Aras_UA.pdf

49. Оцінка якості використання водних ресурсів в умовах забруднення навколишнього середовища / Унрод В.І., Касцmarek В., Хилик Я.О // Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання» : 21–22 березня 2019 року, м. Черкаси [Електронний ре-сурс]: у 2-х томах. Секція «Інноваційні технології в харчовій промисловості» / М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – С.157-162.

50. Water Quality Indices – Important tools for water quality assessment: A Review / Poonam T., Tanushree B. [et al.] // International Journal of Advances in Chemistry. – 2015. –Vol.1, No.1. – P. 19–29. Available at: <http://airccse.com/ijac/papers/1115ijac02.pdf>.

51. Voitenko L.V., Kopilevich V.A., Stokal M.P. The Conception Of Water Quality

Assessment Used Harrington's Desirability Function For Different Kinds Of Water Consumption // Біоресурси і природокористування. – 2015. – Т. 7, No 1–2. – С. 25–36.

52. Abbasi T., Abbasi S.A. Water quality indices. – Amsterdam: Elsevier Sci Ltd, 2012. – 384 p.

53. Заключний звіт «Ідентифікація та розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна» / Водна ініціатива плюс ЄС для країн Східного партнерства (EUWI+): результат 2 і 3 – ENI/2016/372-403, 2019 – 117 с.

54. Строкаль В. П. Антропогенне навантаження на стан водних та земельних ресурсів: проблеми локальних територій України / Науково-практичний журнал «Збалансоване природокористування», Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Вид-во: ТОВ «Екоінвестком», 2020. – №2(2020). – С. 119-128 <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/208822/213059>

55. Строкаль В.П., Курочка Т.Л. УПРАВЛІННЯ ДНІПРОВСЬКИМ БАСЕЙНОМ В УМОВАХ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ / Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку», (Полтава, Полтавська державна аграрна академія, 26 червня 2020 р.). Полтава – С. 61-64

56. Курочка Т.Л., Строкаль В.П. Басейн річки Дніпро: вимоги до управління / Тези доповідей студентського науково форуму «Студентська молодь і науковий прогрес в АПК» (Львів, 22-24 вересня 2020 р.). – Львів. – 2020. – С.47-48 file:///C:/Users/user/Downloads/studentaska_molod_i_naukovii_progres_v_apk_tezi_dop_mi_zhnar_s.pdf

57. Li, A., Stokal, M., Bai, Z., Kroeze, C. & Ma, L. How to avoid coastal eutrophication - a back-casting study for the North China Plain. Science of The Total Environment 692, 676-690, (2019).

58. Stokal, M. et al. Cost-effective management of coastal eutrophication: A case study for the yangtze river basin. Resources, Conservation and Recycling 154, 104635, (2020).

59. Nazarov, N., Cook, H. & Woodgate, G. Water pollution control issues in an independent Ukraine. Water and Environment Journal 14, 117-123, (2000).

60. Stokal, M. & Kroeze, C. Nitrogen and phosphorus inputs to the Black Sea in 1970–2050. Regional Environmental Change 13, 179-192, (2013).

61. Miladinova, S., Macias, D., Stips, A. & Garcia-Gorriz, E. Identifying distribution and accumulation patterns of floating marine debris in the Black Sea. Marine Pollution Bulletin 153, 110964, (2020).

62. SWOT-аналіз – основа формування маркетингових стратегій: Навчальний посібник/За ред. Л.В.Балабанової. – 2-ге вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2005.–301 с.– (Вища освіта XXI ст.).

63. Принципи Acquis Communautaire як передумова покращення водного законодавства України / Демиденко А., Шутяк С. (розділ 2 та Додаток 1), Дьяков О., Закорчевна Н. (розділи 3, 4), Шутяк С. (розділи 1, 5, 6 та Додатки 1, 2, 3, 4). За заг. ред. Кравченко О. – Львів, 2014, – с. 82 http://epl.org.ua/images/pdf/people/1676_EPL_Maket_Posibnyk.pdf

64. Tarariko, O., Iliencko, T., Kuchma, T. & Velychko, V. Long-term prediction of climate change impact on the productivity of grain crops in Ukraine using satellite data. Agricultural science and practice 4, 3-13, (2017).

65. Vasylytsiv, T. & Tesliuk, R. Demographic dimension of sustainable development of Ukraine Ekonomika ta derzhava 4, 33-38, (2020).

2.1.2. Причинно-наслідкові зв'язки забруднення біогенними елементами (на прикладі басейну річки Дніпра)

Виклики сьогодення створюють значні перешкоди у регулювання якості водних ресурсів в Україні. З одного боку – це політичні та економічні аспекти, з іншого боку – це недосконале розуміння проблем та шляхів їх вирішення. Аграрний бізнес прагне отримати високі врожаї та мати економічно вигідний дохід, при цьому забуваючи про наслідки нераціонального застосування мінеральних та органічних добрив, а також про можливості забруднення природних об'єктів. Відповідно в першу чергу під антропогенний тиск потрапляють земельні ділянки, які знаходяться в обробітку. Проте, не варто забувати, що внаслідок вітрової та водної ерозії відбувається змив з полів різних елементів до водойм, в тому числі і мінеральних та органічних добрив, які включають різний спектр біогенних речовин та важких металів. Потрапляючи до водойм, вони чинять негативний вплив на якість води та безпосередньо на гідробіоти.

Ще одним негативним чинником є діяльність аграрно-тваринницьких комплексів (великі комплекси по розведенню ВРХ, ферми, птахофабрики) [3]. Їхній вплив на водні екосистеми визначається наступним чином: відсутність відповідних санітарно-гігієнічних умов по зберіганню органічних відходів (гноєсховища, відстійники) що призводить до забруднення води; скидання неочищених та необроблених гноєвих мас та стічних вод, що містять хвороботворні бактерії, яйця гельмінтів, насіння бур'янів та повний спектр біогенних елементів (NO_2 , NH_3 , NH_4 , P_2O_5) [4].

Поява біогенних елементів у водних об'єктах є основною причиною виникнення процесів евтрофікації у водоймі, які зумовлюють негативний вплив на гідробіоти та всю водну екосистему в цілому. Слід зазначити, що антропогенна евтрофікація настає набагато швидше чим природна евтрофікація, яка може тривати тисячоліттями [26]. Це пояснюється тим, що у природній евтрофікації внаслідок неповної мінералізації водних рослин спостерігається поступове накопичення органічних речовин і збільшення концентрації біогенних елементів [26]. Тоді як внаслідок швидкого потрапляння у водойми біогенних речовин через скиди стоків від промислових та тваринницьких комплектів, внаслідок зливу з полів мінеральних та органічних добрив виникає у водоймі явище антропогенної евтрофікації, наслідки якого загрожують зменшенню різноманіття водної біоти та забрудненню водойми біогенними речовинами, зокрема фосфат-іонами та нітрат-іонами [3, 4].

У Водній стратегії України на період до 2025 року [8] виокремлені основні водні проблеми України, серед яких є значний обсяг забруднювальних речовин, що надходять у річки внаслідок скидів і площинного змиву. У Технічному звіті Проєкту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372-403)» [27] значну увагу наголошено на тому, що особливу небезпеку для водних об'єктів басейну Дніпра становлять біогенні елементи, зокрема мінеральні сполуки азоту та фосфору, надлишковий уміст яких призводить до евтрофікації. Поява цих біогенних

елементів до водойм басейну зумовлена двома основними шляхами: сільським господарством та промисловістю [4]. Так у звіті [27] вказано, що 69% (16005,76 тис. га) із земельного фонду басейну Дніпра переважно знаходиться під оброблюваними сільськогосподарськими угіддями (рілля), 27% (9304 тис. га) – задіяні під сіножатті, пасовища, ліси, забудовані території, і лише до 4% (1915,5 тис. га) території водозбору знаходиться під водними об'єктами. Відповідно для забезпечення запланованої урожайності на сільськогосподарських угіддях виробниками різних форм власності вносяться мінеральні та органічні добрива. За даними 2017 року [27] серед середні значення внесених мінеральних та органічних добрив на рілля складають: 101 кг N/га (43-239 кг N/га по областях), 23 кг P₂O₅/га (10-82 кг P₂O₅/га), 700 кг органічних добрив/га (від 100 кг/га до 2т/га). Промисловими підприємствами на територію басейну Дніпра відведено 3713 тон N_{total} (78% домінували сполуки NO₃) та 246,5 тон P_{total} [27].

Виходячи з вище викладеного матеріалу, проблема забруднення річки Дніпро біогенними елементами є нині актуальною й набирає значного поширення. Дана проблема носить інноваційний характер, оскільки пов'язана з основними практичними завданнями, які перетинаються у Положенні про Державне агентство водних ресурсів України.

Проблемі забрудненню біогенними елементами водних екосистем присвячено чимало публікацій та наукових досліджень, як в вітчизняній, так і в зарубіжній науці. Зокрема, у своїх публікаціях Степова О.В. та Рома В.В. [26] розкривають зміст надходження та розподілу у водах місцевого стоку на Полтавщині вмісту біогенних речовин, особливо сполук азоту та фосфору, які є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод. Вони звертають увагу, що надходження поживних біогенних речовин антропогенного генезису призводить до збільшення біомаси водоростей, вищої водної рослинності, фітопланктону, що у свою чергу призводить до дефіциту кисню у воді і являє значну загрозу для життєдіяльності гідробіонтів [26]. Багаторічні зміни у стоці біогенних елементів та їх вплив на компоненти водних екосистем досліджували Денисова О.І. [10] та Нахшина О.П. [18]; про вміст біогенних речовин (азоту, фосфору, калію) у водах річок присвячені праці Кононенко А.Д., Гарасевича І.Г., Енакі І.Г. [15]; гідрохімічні особливості біогенних речовин Нижнього Дніпра наведені у праці Журавльової Л.О. [11]; особливості формування річкового стоку біогенних речовин річки Дніпра представлені у праці Сніжка С.І. [24, 25]; оцінку емісій біогенних елементів та органічних речовин у поверхневі води від дифузних джерел досліджували Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М., Голубцов О.Г. [19]; формування вмісту сполук та розподілу їх у річках присвячені праці В. Грубінко та О. Скиба [28]; кінетичні характеристики нітрифікації у водоймах розглянуті у науковій праці вчених Юрченко В.О., Радіонов М.П., Мельнікова О.Г. [14]; загрозам антропогенного евтрофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування присвячені праці вітчизняних вчених Дмитрієвої О.О., Колдоба І.В., Хоренжя І.В. [16].

Проблемі дослідження річкових стоків на вміст біогенних речовин та вплив їх на водну екосистему присвячено чимало наукових праць, однак

залишається не вирішеним питання щодо причинно-наслідкових зв'язків забруднення біогенними речовинами басейну річки Дніпро.

В ході теоретичного аналізу були виокремлені основні причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм (рис. 2.3). Рисунок демонструє основні три причини, які зумовлюють надходження біогенних елементів (N,P) до водойм: сільське господарство, що розділене на тваринництво та рослинництво, житлово-комунальне господарство.

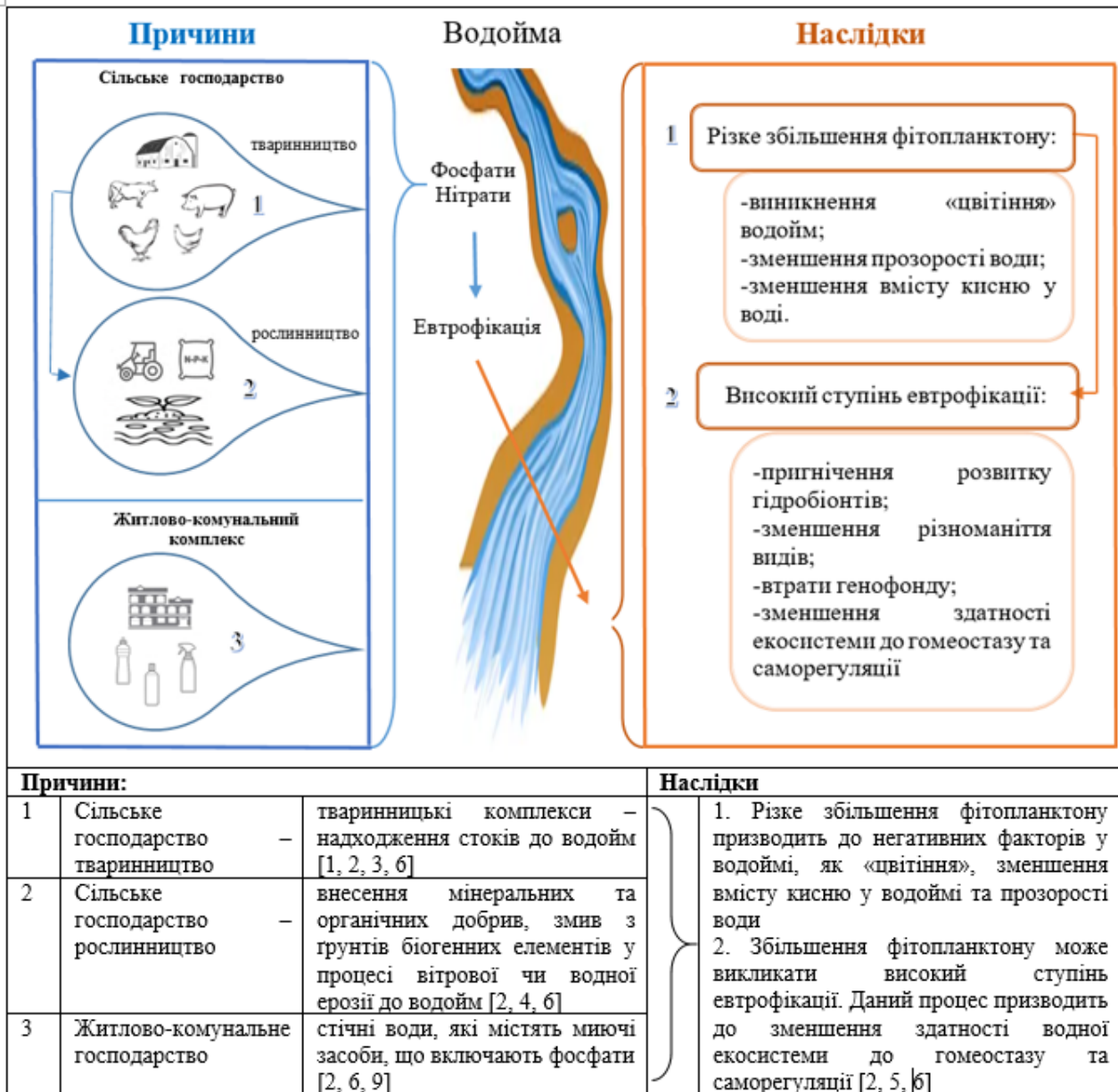


Рис. 2.3. Причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм (власна розробка на основі синтезу теоретичних даних [1-9])

Виникає питання чому саме ці три причини були виокремлені? Потрібно розглянути специфіку цих галузей для того щоб надати відповідь. Зокрема сільське господарство має дві основні галузі (рослинництво, тваринництво),

кожна з яких чинить прямий чи опосередкований вплив на водну екосистему. Рослинництво, через вирощування сільськогосподарських культур, висока урожайність яких потребує внесення значної кількості мінеральних та органічних добрив, може впливати на якість водойм через інтенсивні ерозійні процеси (змив з ґрунтів, який містить у своєму складі елементи мінеральних та органічних добрив). Слід зазначити, що сільськогосподарські угіддя (рілля) у складі земельного фонду території басейну Дніпра становить 69% [27], відповідно внесення мінеральних та органічних добрив на цих територіях відбувається постійно, частка внесення азотних складає 43-239 кг N/га, фосфорних – 10-82 кг P₂O₅/га по областях. Виходячи з цих даних, можна стверджувати, що у зв'язку із появою вітрової чи водної ерозії до водойми може надійти значна частина сполук азоту та фосфору, які у процесі хімічних реакцій можуть спричинити виникнення евтрофікації або посили її процес, якщо він є наявним у даній водоймі.

Тваринництво, через розведення тварин що супроводжується накопиченням гноєвих складів, чинить опосередкований вплив за рахунок недотримання умов зберігання гноєсховищ та неконтрольованим надходженням стоків від тваринницьких комплексів до водойм [3].

Житлово-комунальний комплекс містить у своїй структурі ряд негативних аспектів для довкілля, зокрема: по-перше за рахунок постійного використання миючих засобів, які містять фосфати у своєму складі, зі стічними каналізаційними водами до водойм надходить велика кількість фосфатів у різних сполуках; по –друге каналізаційні стічні води, які утворюються у процесі життєдіяльності людини, містять у складі бактерії та мікроорганізми, які є шкідливими для водної екосистеми [4, 5, 9].

Виконуючи синтез теоретичних даних щодо рівня забруднення вод басейну річки Дніпро, в першу чергу слід звернути увагу на теоретичні дані моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України, які наведені на офіційному сайті Державного агентства водних ресурсів України [13, 17].

Зокрема на території Суббасейну Верхнього Дніпра та річки Десни основними елементами забруднення вод виступають показники: амоній-іони, нітрит-іони, нітрат-іони та фосфат-іони (поліфосфати). Так, ключовими точками, де спостерігається перевищення даних показників відносно їх ГДК є:

- р. Білоус (0,5 км. від м. Чернігів) – вміст амоній-іонів перевищує у 4,46 раз від нормативів (2,23 мг/дм³ при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 5 раз (0,4 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 05.12.2018 рік;
- р. Кізка (5 км. від с. Демидів, поблизу знаходиться вплив зворотних вод «Агромарс») – вміст амоній-іонів перевищує у 43,2 рази від нормативів (21,6 мг/дм³ при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 57,5 раз (4,6 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 22.10.2019 р.;
- р. Дніпро (поблизу смт. Вишеньки, Київська обл., Скидний канал БСА) – вміст амоній-іонів перевищує у 20,2 рази від нормативів (10,1 мг/дм³ при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 13,75 раз

(1,1 мг/дм³ при нормі 0,08), вміст нітрат-іонів перевищує у 1,08 раз (43,2 мг/дм³ при нормі 40), дані за 27.11.2018 р.

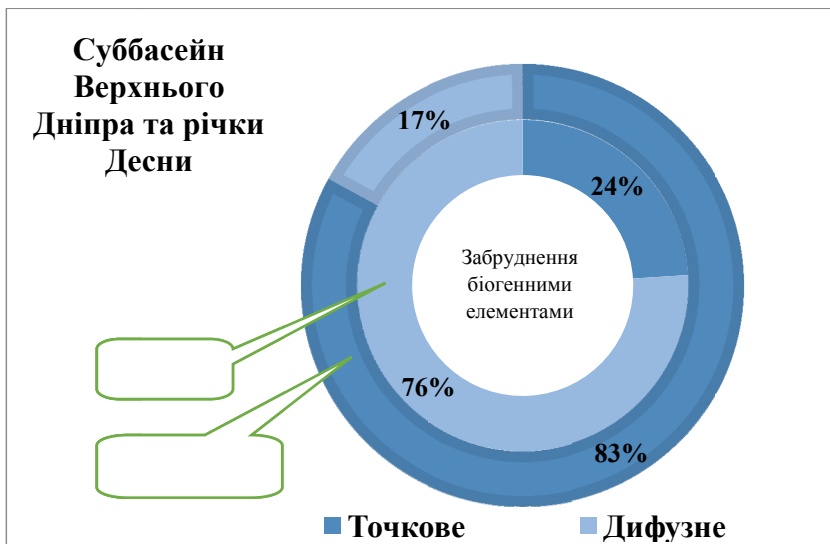
Аналізуючи теоретичні дані системи моніторингу водних ресурсів України [13, 17] на території Суббасейну річки Прип'ять та Суббасейну Середнього Дніпра слід зазначити, що ситуація краща а ніж у Суббасейні Верхнього Дніпра та річки Десни, перевищення спостерігається за показниками NO₃ NO₂ NH₄ лише у кілька раз відносно норм (в середньому від 1 до 2,5 раз).

У зв'язку із значним антропогенним навантаженням на водну екосистему, інтенсивними проявами ерозійних процесів на сільськогосподарських ділянках, які призводять до значного змиву мінеральних та органічних речовин у водойми – водойми територія Суббасейну Нижнього Дніпра мають суттєве забруднення біогенними та органічними речовинами. Критичними точками забруднення водойм біогенними речовинами даного Суббасейну є [13, 17]:

- канал Дніпро-Донбас, р. Орілька (1,5 км. від гирла) – вміст амоній-іонів перевищує у 2,44 рази від нормативів (1,22 мг/дм³ при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 1,06 раз (0,085 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 06.12.2018 р.;
- р. Жовта (22 км. нижче скиду ТОВ «Восток-Руда») – вміст нітрит-іонів перевищує у 80,38 раз (6,43 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 17.10.2018 р.;
- р. Інгулець (с. Іскрівка, нижче впадіння р. Жовта) – вміст нітрит-іонів перевищує у 103,37 раз (8,27 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 17.10.2018 р.;
- р. Інгулець (с. Калінінське) – вміст нітрит-іонів перевищує у 2,5 рази (0,2 мг/дм³ при нормі 0,08), дані за 16.10.2018 р.

Виходячи з вище наведених показників, слід зазначити, що найбільшу занепокоєність викликають дані за показниками вмісту нітритів та амонійного азоту, які у деяких ділянках навіть мають перевищення більше ніж у 100 разів. Наявність цих показників у водоймах є результатом як дифузних джерел (сільське виробництво та господарство, інтенсивні прояви ерозійних процесів тощо) забруднення так і точкових (стічні води житлово-комунального господарства, промисловість).

У звітах Проекту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства виокремлені основні еколого-водні проблеми відповідно до Суббасенів р. Дніпра [7, 20-23, 27]. Зробивши синтез даних звітів, можна стверджувати, що вплив дифузних та точкових джерел забруднення на стан надходження біогенних речовин до водойм басейну р. Дніпра відрізняється залежно від самих речовин. Так, дифузне забруднення N_{заг} перевищує над точковим, тоді як точкове забруднення P_{заг} перевищує над дифузним. Більш детально забруднення біогенними речовинами (N_{заг}; P_{заг}) суббасенів р. Дніпро та основні причини й наслідки наведені на рисунках 1.6-1.10, а співвідношення дифузного та точкового забруднення в розрізі суббасейнів р. Дніпро представлено на рисунках 2.4-2.4.



Причини – Нзаг.,Рзаг.:

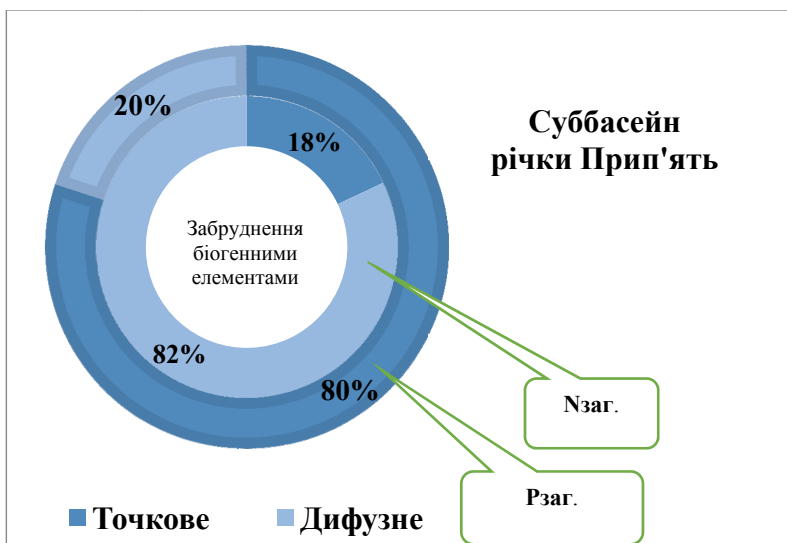
Точкові джерела: стічні води ЖКГ (до 99%, з яких 46% припадає на м. Чернігів).

Дифузні джерела: с.г. виробництво (мінеральні добрива, гній, ерозія внаслідок розорення - 50-70%), природний фон (7-12%).

Наслідки виникнення евтрофікації:

1. Збіднення видового різноманіття.
2. Погіршення якості води для різних потреб користування

Рис. 2.4 Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Верхнього Дніпра та річки Десни (діаграму побудовано на основі теоретичних й аналітичних даних [7, 12, 21, 27])



Причини – Нзаг.,Рзаг.:

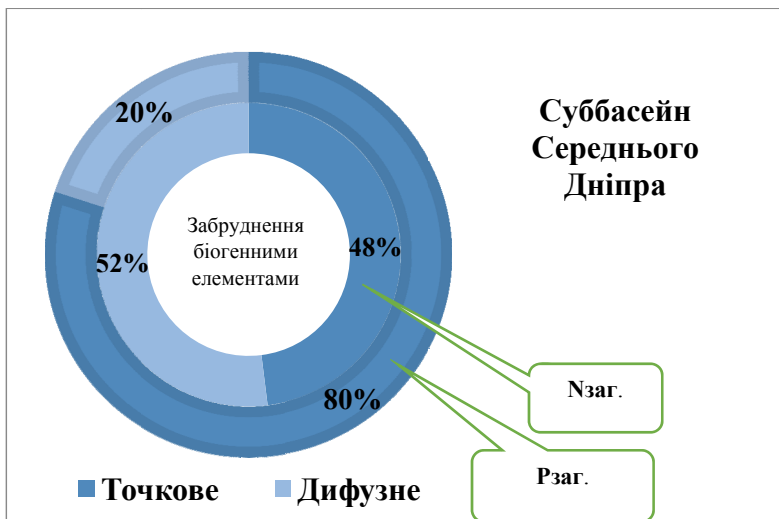
Точкові джерела: стічні води ЖКГ (91-98%), промисловість (до 9%).

Дифузні джерела: сільське населення (31-34%), фоновий вміст (7-16%), сільське господарство, домінує ерозія (50-62%).

Наслідки – виникнення евтрофікації:

1. Збіднення видового різноманіття.
2. Погіршення якості води для різних потреб користування

Рис. 2.5. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну річки Прип'ять (діаграму побудовано на основі теоретичних й аналітичних даних [7, 12, 23, 27])



Причини – Nzag.,Pzag.:

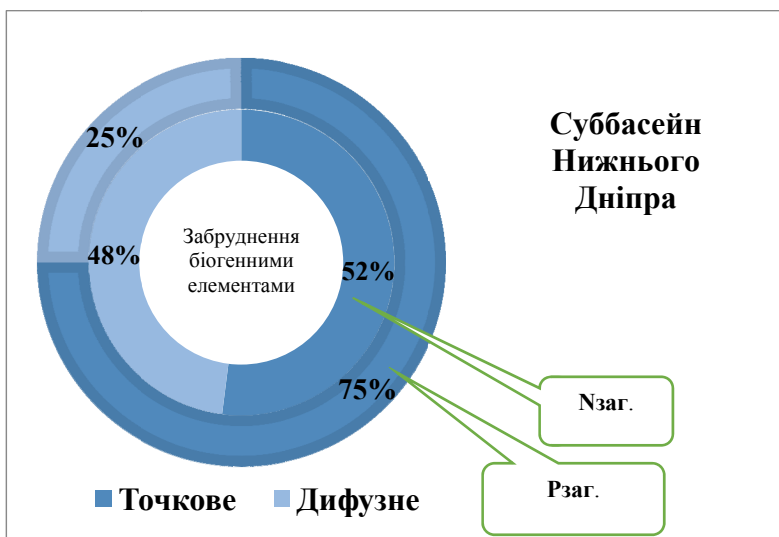
Точкові джерела: стічні води ЖКГ (91-94%), промисловість (до 9%).

Дифузні джерела: сільське населення (20-34%), фоновий вміст (7-27%), сільське господарства (20-52%).

Наслідки – виникнення евтрофікації

1. Збіднення видового різноманіття.
2. Погіршення якості води для різних потреб користування

Рис. 2.6. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Середнього Дніпра (діаграму побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7, 12, 20, 27])



Причини – Nzag.,Pzag.:

Точкові джерела: стічні води ЖКГ (до 99%).

Дифузні джерела: відсутність каналізаційних систем (16-20%), іригація та змив з ґрунту в залежності від інтенсивності опадів (61%), природний фон (8-12%)

Наслідки – виникнення евтрофікації

1. Збіднення видового різноманіття.
2. Погіршення якості води для різних потреб

Рис. 2.7. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Нижнього Дніпра та річки Десни (діаграму побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7, 12, 22, 27])

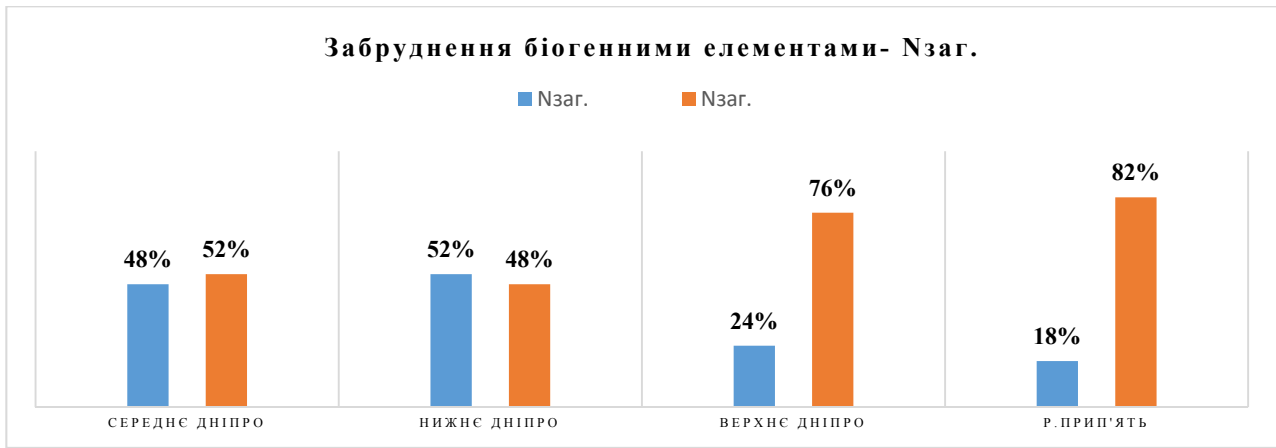


Рис. 2.8. Графік співвідношення забрудненості територій басейну Дніпра за показником $N_{\text{заг}}$ (графік побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7, 12, 20-23, 27])

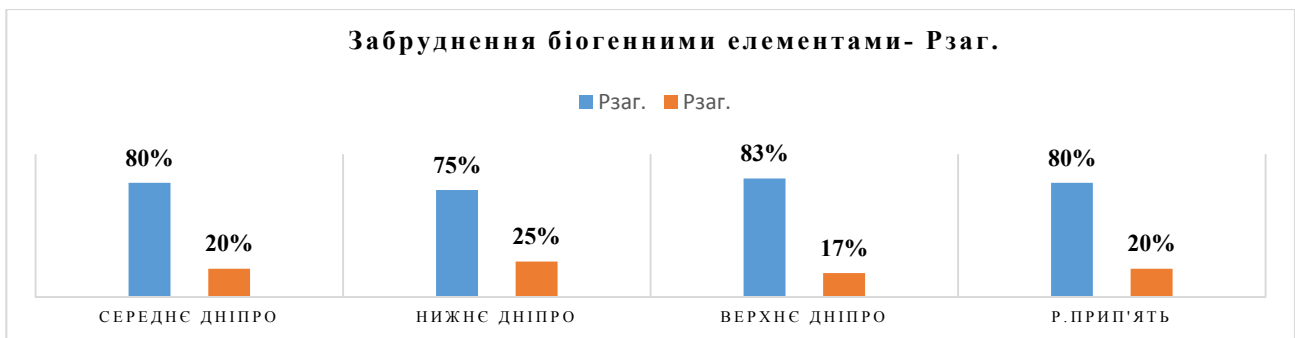


Рис. 2.9. Графік співвідношення забрудненості територій басейну Дніпра за показником $P_{\text{заг}}$ (графік побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7, 12, 20-23, 27])

В підсумку представленого синтезу теоретичних даних можна виокремити наступні висновки:

1. На території басейну р. Дніпро простежується вторинне забруднення за рахунок акумуляції шкідливих речовин. Зокрема на території Суббасейну Верхнього Дніпра, який є найменшим за площею суббасейном, основним маркером антропогенного впливу на стан водойм виступає міська агломерація. Територія Суббасейну річки Прип'ять має антропогенне навантаження через сільськогосподарську діяльність та міські системи. Водойми, що знаходяться на території Суббасейну Середнього Дніпра страждають через велику кількість розміщених на території Суббасейну промислових та сільськогосподарських підприємств. Суббасейн Нижнього Дніпра є єдиний де точкове забруднення показником азоту переважає частку дифузного, відповідно 52% і 48%.

2. Виокремлені наступні причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм: 1) через сільське господарство – рослинництво – вирощування с.г. культур – внесення мінеральних та органічних добрив на поля – ерозійні процеси – змив з полів продукції та

елементів – надходження у водойми біогенних елементів, зокрема сполук азоту та фосфору; 2) сільське господарство – тваринництво – розведення худоби (тварин) – накопичення органічних добрив – не контрольоване утримання гноєсховищ – надходження через ґрунтові води або за рахунок стічних вод до водойм сполук азоту, фосфору та різних бактерій та мікроорганізмів; 3) житлово-комунальне господарство – використання миючих засобів різної консистенції, що містять фосфати – через стічні води – надходження фосфатів до водойм; 4) житлово-комунальне господарство – стічні води, що утворюються у процесі життєдіяльності людини – надходження до водойм різних сполук, у тому числі фосфатів та азоту.

3. Обґрунтовано характеристику вмісту біогенних елементів ($N_{\text{заг}}$, $P_{\text{заг}}$) на територіях Суббасейну річки Дніпро відповідно до співвідношень між точковим та дифузним джерелами забруднення. Суббасейн Верхнього Дніпра має співвідношення щодо азоту наступне – 24% (точкове – житлово-комунальне господарство) та 76% (дифузне – сільськогосподарське виробництва (внесення мінеральних та органічних добрив, розораність). Фосфорне навантаження розподіляється наступним чином: точкове становить 83% (с.г. виробництво, зокрема розораність земель), дифузне лише 17%. Суббасейн Середнього Дніпра має наступне співвідношення: $N_{\text{заг}}$ – 52% точкове, 48% – дифузне; $P_{\text{заг}}$ – 80% точкове, 20% – дифузне. Суббасейн Нижнього Дніпра, є єдиним де точкове забруднення азотом переважає частку дифузного – 52% і 48% відповідно; дифузне надходження сполук азоту більшою мірою визначається сільським населенням; фосфатне навантаження наступне – 75% точкове, 25%-дифузне.

Список літератури

1. Bouwman, L. et al. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 2013. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108>
2. Li, A., Strokal, M., Bai, Z., Kroeze, C. & Ma, L. How to avoid coastal eutrophication - a back-casting study for the North China Plain. *Science of The Total Environment*. 2019. – P. 676-690. URL: DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.07.306/file:///C:/Users/user/Downloads/How_to_avoid_coastal_eutrophication_-_a_back-casti.pdf
3. Serdiuk V.V., Maksin V.I. Challenging in environmental monitoring of groundwater quality in rural areas of Kyiv's region. *Journal of water and water purification technologies. Scientific and technical news, Kyiv* – № 2(27), 2020. DOI: 10.20535/2218-93002722020203178
4. Strokal V.P., Kovpak A.V. The basin approach for water resources management in Ukraine: the SWOT analysis. *Scientific journal «Biological Systems: Theory and Innovation»* 2020. – p. 35-56. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.04.004>
5. Strokal, M. & Kroeze, C. Nitrogen and phosphorus inputs to the Black Sea in 1970–2050. *Regional Environmental Change* 13. 2013. - p. 179-192 DOI 10.1007/s10113-012-0328-z. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-012-0328-z.pdf>

6. Strokal, M. et al. Cost-effective management of coastal eutrophication: A case study for the yangtze river basin. *Resources, Conservation and Recycling* 154, 104635, (2020). URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104635>
7. Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країн Східного партнерства. URL: <https://euwipluseast.eu/ru/euwi/strany-partnery/ukraina>
8. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – К.: Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і меліорації, 2015. – 46 с. URL: http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf
9. Войтенко Л, Строкаль В, Слободян А. Оцінювання екологічного ризику забруднення поверхневих вод комунальними стічними водами на прикладі річки Іква. *Подільський вісник*, 2018. – С. 39-50.
10. Денисова А. И. Многолетние изменения в стоке биогенных и органических веществ при зарегулировании Днепра / А. И. Денисова. – *Гидробиол. журнал*, 1978. – Т. 14, №2. – С. 80–86.
11. Журавлєва Л. А. Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в условиях зарегулированного стока / Л. А. Журавлєва. – К. : Наук. думка, 1988. – 175 с.
12. Заклучний звіт «Ідентифікація та розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна» / Водна ініціатива плюс ЄС для країн Східного партнерства (EUWI+): результат 2 і 3 – ENI/2016/372-403, 2019 – 117 с.
13. Інтерактивна карта забрудненості річок в Україні на основі даних Державного агентства водних ресурсів. URL: <https://texty.org.ua/water/>
14. Кінетичні характеристики нітрифікації у водоймі – джерелі питного водопостачання / Юрченко В.О., Радіонов М.П., Мельнікова О.Г. – *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, Випуск 1 (24) том 1, 2019. – С.121-126. URL: http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part_1/23.pdf
15. Коненко А. Д. Азот, фосфор и калий в воде рек правобережного Украинского Полесья / А. Д. Коненко, И. Г. Гарасевич, И. Г. Енаки. – *Гидробиол. журнал*, 1974. – Т. 10, №5. – С. 14–20.
16. Концептуальні напрями дослідження умов життя населення в зоні евтрофованих водних об'єктів / Дмитрієва О.О., Колдоба І.В., Хоренжя І.В. - – *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, Випуск 4 (27), 2019. – С. 134-145. URL: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/4/22.pdf>
17. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України / Офіційний сайт Державного управління водними ресурсами України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>
18. Нахишна Е. П. Ионный и биогенный сток рек бассейна Верхнего Днепра / Е. П. Нахишна. – *Гидрохим. материалы*, 1981. – Т. 78. – С. 57–64.
19. Оцінка емісій біогенних елементів та органічних речовин у поверхневій воді басейну річки Сіверський Донець від дифузних джерел / Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М., Голубцов О.Г.. – *Коллективна монографія: Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології*. – Київ: Ніко-центр, 2019. – С. 192-201
20. План управління річковим басейном Дніпра: Суббасейн Середнього Дніпра – головні водно-екологічні проблеми. URL: https://drive.google.com/file/d/1ZkUyUa6zcGgC_eAd5_j8Q5UcZLQpmDRD/view
21. Про головні водно-екологічні проблеми суббасейну верхнього Дніпра та річки Десни - Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного

партнерства». URL: https://www.davr.gov.ua/fls18/upperdnipro-desna_summary_21072020.pdf

22. Про головні водно-екологічні проблеми Суббасейну Нижнього Дніпра - Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства». URL: <https://www.davr.gov.ua/news/pro-golovni-vodnoekologichni-problemi-subbasejnu-nizhnogo-dnipro>

23. Про головні водно-екологічні проблеми суббасейну Прип'ять - Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства». URL: <https://drive.google.com/file/d/19JIP8mVQII9kmZRPTpI1Wr2fwBkZcNqn/view>

24. Снежко С. И. Особенности формирования речного стока биогенных веществ на примере бассейна р. Днепр в пределах УССР : автореф. дисс. ... к.геогр.н. / С. И. Снежко. – Ростов-наДону, 1989. – 24 с.

25. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підручник / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с.

26. Степова О, Рома В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області. Вісник Полтавської державної аграрної академії 2016. – С. 93-97.

27. Технічний звіт: опис характеристик району басейну річки Дніпро / Проект «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372-403)», 2020. – 40 с. URL: https://euwipluseast.eu/images/2020/01/PDF/EUWI_UA_Dnipro_Characteristic_Summary_UA_2020.pdf

28. Формування вмісту та розподіл сполук фосфору у річках Тернопільщини – притоках Дністра у зв'язку із ступенем антропогенного навантаження / Грубінко Василь, Скиба Олена. URL: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/55-59_19.pdf

2.2. Вплив сільського господарства на стан якості водних ресурсів:

2.2.1. Рослинництво



Головними забруднювачами навколишнього середовища ми звикли вважати промисловість та транспорт, але запевняємо: не менш шкідливого впливу докільню завдає *сільське господарство*.

Традиційні технології виробництва сільськогосподарської продукції суттєво порушують природну рівновагу та забруднюють навколишнє середовище. Сьогодні вже важко перерахувати всі **екологічні проблеми**, що виникають у результаті здобування людиною харчових продуктів рослинного та тваринного походження, назвемо хоча б деякі з цих проблем.

- Забруднення ґрунтів, ґрунтових та поверхневих вод, а також і питної води залишками мінеральних добрив та засобів захисту рослин.
- Промислове забруднення при виробництві агрохімікатів.
- Забруднення навколишнього середовища відходами тваринницьких ферм (бактеріальне зараження ґрунту, забруднення атмосферного повітря метаном, сірководнем, аміаком).
- Зменшення видового різноманіття рослинного й тваринного світу.
- Виснаження, заболочення, засолення ґрунтів.
- Зростання дефіциту водних ресурсів.
- Негативний вплив на здоров'я людини від уживання в їжу культурних рослин, у яких накопичилися небезпечні речовини (зокрема, залишки мінеральних добрив та отрутохімікатів).
- Ризики для здоров'я людини у разі вживання в їжу продуктів харчування, отриманих з генетично модифікованих організмів.

У ФАО наводять деякі факти негативного впливу сільського господарства на навколишнє середовище:

- зрошення – найбільший за обсягами виробник стічних вод в світі;
- 20% внесених мінеральних азотних добрив накопичується в ґрунтах і біомасі, а 35% потрапляє в океани;
- щорічно в навколишнє середовище по всьому світу розпоршується 4,6 млн. тонн хімічних пестицидів;
- на країни, що розвиваються, припадає 25% пестицидів, які використовуються в світовому сільському господарстві;
- економічний збиток, що наноситься пестицидами нецільовим видам в країнах, що розвиваються, становить майже \$8 млрд/рік;
- майже 24% зрошуваних площ в світі схильні до засолення;

- наразі в списку речовин, виявлених в європейському водному середовищі, – понад 700 нових забруднювачів, їх метаболіти і продукти трансформації.

У водних об'єктах більшості країн уміст сполук азоту й фосфору значно перевищує їхні природні концентрації, що зумовлено інтенсифікацією культурного землеробства, ростом урба-нізованих територій, значними обсягами скидів стічних вод очисних споруд.

На сучасному етапі збільшення продуктивності сільськогосподарського виробництва пов'язане лише з його інтенсифікацією. Інноваційні технології землеробства ґрунтуються на застосуванні добрив, серед яких найбільшу ефективність з підвищення врожайності виявляють мінеральні добрива. Водночас, зростання рівня застосування мінеральних добрив несе за собою низку ризиків, зокрема, забруднення довкілля. Особливості застосування мінеральних добрив у значній мірі залежать від водного режиму та типології ґрунтів, кількості атмосферних опадів. Небезпека втрат азоту з добрив у межах басейну Дніпра в першу чергу характерна для Полісся та західної і центральної провінцій лісостепової зони, у межах яких поширені різні відміни сірих та чорноземних ґрунтів з промивним режимом. Після значного спаду на початку 1990 рр. кількісні показники застосування добрив протягом останнього десятиріччя поступово збільшуються, однак до цього часу не досягли рівня 1990 р, коли рівень їхнього застосування становив 140 кг/га, та значно менші від інших європейських країн. Через хронічний дефіцит коштів у сільгоспвиробників та практично неможливе кредитування фермери використовують локально найдешевші види добрив такі як аміачна селітра, нітрат кальцію амонію і сечовину, що легко вимиваються опадами і потрапляють у поверхневі і підземні води.

Роль сільського господарства в умовах дефіциту води є складним питанням і його слід розглядати в контексті сталого розвитку. На сільське господарство припадає третина використання води в Європейському Союзі. Аграрна галузь впливає на кількість та якість води, яка є необхідною для інших цілей. У деяких районах Європи забруднення сільськогосподарськими пестицидами та добривами є основною причиною низької якості води². Ставлення до водних та земельних ресурсів залишається споживчим, а їх раціональному використанню й охороні та меліоративному стану зрошуваних земель не приділяється належна увага на всіх рівнях ієрархії управління³. Очікується, що до 2050 року чисельність населення збільшиться до понад 10 мільярдів, населення планети потребуватиме їжі та води для задоволення своїх основних потреб, внаслідок чого до 2050 року сільськогосподарське виробництво може збільшитися приблизно на 70% [4].

Внаслідок частих посух та зміни клімату, фундаментальну роль у забезпеченні виробництва продуктів харчування відіграє зрошення, найбільш ефективним з точки зору водокористування є крапельне зрошення. Однак, також варто зосередити увагу на інших аспектах, таких, як види сільськогосподарських культур, які найкраще відповідають місцевим умовам вирощування. Існує також хороша сільськогосподарська практика, яка

допомагає оптимізувати структуру ґрунту, наприклад, глибоке розпушування ґрунту, створення борозен, з метою уникнення просочування води в підземні джерела, встановлення сенсорних датчиків вимірювання кількості опадів для регулювання інтенсивності зрошення [5].

Відповідно до статті 65 Водного кодексу України, користування водами для потреб сільського господарства здійснюється у порядку як загального, так і спеціального водокористування. Під час зрошення земель сільськогосподарського призначення водокористувачі зобов'язані здійснювати заходи щодо попередження підтоплення, заболочення, засолення та забруднення цих земель. Якість води, що використовується для зрошення земель сільськогосподарського призначення, повинна відповідати встановленим нормативам. Зрошення сільськогосподарських угідь та скидання дренажних вод у водні об'єкти здійснюються на підставі дозволу на спеціальне водокористування, який видається власнику зрошуваних угідь у встановленому порядку [6].

Регулювання дифузного забруднення водних об'єктів пов'язане зі скороченням непродуктивних втрат добрив (зокрема небезпека забруднення вод нітратними сполуками, що містяться в добривах, пояснюється їхньою високою розчинністю) і полягає у максимальному пристосуванні їхнього внесення до потреб розвитку рослин.

Ефективність застосування добрив визначається:

- регулюванням дози внесення відповідно до норм споживання окремими рослинами на розрахункову урожайність та продуктивність ґрунту для конкретної ділянки; понаднормове застосування добрив призводить до їхнього накопичення у товарній продукції, зниження її якості та забруднення довкілля.

- регулювання втрат добрив шляхом вибору оптимального шляху та способу внесення, застосування органічних добрив та сівозмін; найбільше зниження втрат азотних добрив може бути досягнуто шляхом роздрібного їх внесення.

На відміну від сполук азоту, забруднення вод фосфором, передусім, зумовлено ерозією ґрунту. Ефективне зменшення забруднення вод фосфором пов'язане з проведенням протиерозійних заходів на схилах та облаштування захисних смуг.

Забезпечення ефективного природоохоронного управління у зазначеній сфері потребує комбінованого застосування як регулюючих, так і стимулюючих заходів для сільгоспвиробників, а також удосконалення законодавчої бази відповідно до положень Нітратної директиви.

Загальним екологічним показником контролю ефективності заходів з регулювання нітратного забруднення вод є моніторинг загального балансу азоту та фосфору у ґрунтах. Існуюча в Україні методика визначення такого балансу не відповідає цілям Нітратної директиви і потребує доопрацювання. Отримані на підставі існуючої методики показники мають від'ємні значення і демонструють хронічний дефіцит біогенних елементів у ґрунтах. Внаслідок хімічних особливостей азоту його природні концентрації у ґрунтах є невисокими, що потребує додаткового його внесення для отримання

сільськогосподарської продукції. Надлишкове та неоптимальне застосування добрив спричиняє забруднення водних екосистем. На платформі ICPDR у даний час розпочався проект щодо розробки універсальної формули визначення балансу біогенних елементів у ґрунтах, у зв'язку з чим Україною ініційовано включення її окремих полігонів у якості тестових об'єктів в рамках реалізації вказаного проекту.

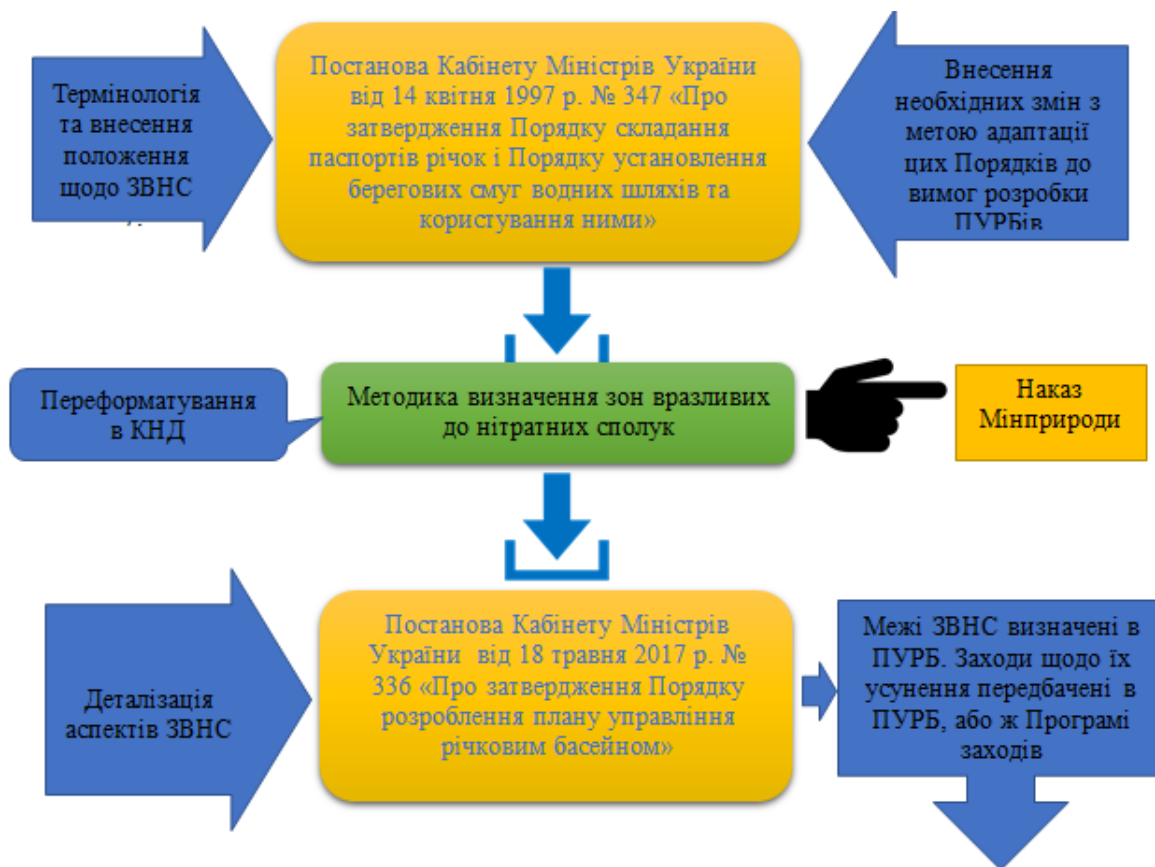


Рис. 2.10. Алгоритм визначення зон, придатних до нітратного забруднення

Отже, нижче наведемо приклади заходів, які сприяють зменшенню обсягів-використання води в сільськогосподарському виробництві [7]:

Використання систем крапельного зрошення. Системи крапельного зрошення доставляють воду безпосередньо до коріння рослини, зменшуючи випаровування води, яке відбувається при використанні звичайних систем поливного розпилення. Таймери можна використовувати для планування поливу в прохолодніші частини дня, додатково зменшуючи втрати води. Правильно встановлений крапельний полив може заощадити на 80% більше води, ніж звичайне зрошення, і навіть, може сприяти збільшенню врожайності сільськогосподарських культур.

До прикладу, у США під системами краплинного зрошення знаходиться 1,5 млн га земель. Американські вчені проводили дослідження еколого-економічної ефективності мікрозрошення порівняно із звичайними способами поливу. Так, використання краплинного методу забезпечує економію зрошувальної води до 70% та підвищення врожайності на 20-90% [8].

Накопичення та зберігання води. Багато ферм використовують воду із комунальних мереж або колодязей (підземні води), тоді як деякі побудували власні водойми, щоб накопичувати та зберігати дощову воду для використання протягом року.

Планування зрошення. Розумне управління водою полягає не тільки в тому, яким чином доставляється вода, але також залежить від періодичності та кількості. Щоб уникнути недостатнього або надмірного поливу своїх сільськогосподарських культур, фермери ретельно стежать за прогнозом погоди, а також за вологістю ґрунту та рослин та пристосовують свій графік зрошення до поточних умов.

Посухостійкі культури. Вирощування сільськогосподарських культур, що відповідають клімату регіону, є ще одним способом отримання фермерами більшого врожаю. Види сільськогосподарських культур, які є звичними для посушливих регіонів, є природно посухостійкими.

Сухе землеробство. Метод вирощування сільськогосподарських культур без спеціального зрошення в регіонах з обмеженою вологістю. Успішність застосування даного методу залежить від ефективного зберігання обмеженої вологи в ґрунті, правильного підбору культур та методів вирощування, які найкраще використовують цю вологу. Сухе землеробство стало нормою в деяких регіонах Австралії, США, Іспанії, Італії та Греції. Перевагою даної технології є те, що за посушливих умов на полях немає бур'янів, грибкові патогени та шкідники, як правило, також не фіксуються в сухих посівах. Сухе землеробство, як правило, покращує смакові якості, але дає менший урожай, ніж зрошувані культури. Винний виноград, оливки, картоплю та яблуні також можна успішно вирощувати в сухих умовах [9].

Компост і мульча. Встановлено, що компост або розкладена органічна речовина, яка використовується як добриво, покращує структуру ґрунту, збільшуючи його водоутримуючу здатність. Мульча – це матеріал, що розкидається поверх ґрунту для збереження вологи. Мульчування зменшує фізичне випаровування вологи з ґрунту. В умовах посухи непродуктивні втрати вологи зменшуються в 1,7 рази, а при достатньому зволоженні — втричі. Мульчування також поліпшує температурний режим, агрофізичний стан ґрунту, агрохімічні та біологічні показники. Крім того, мульчування істотно підвищує ефективність дії мінеральних добрив, особливо в посушливих умовах вирощування [10].

Покривні культури. Посаджені для захисту ґрунту, покривні культури, зменшують кількість бур'янів, підвищують родючість ґрунту та вміст органічних речовин, допомагають запобігти ерозії та ущільненню. Це дозволяє воді легше проникати в ґрунт і покращує її водоутримуючу здатність. Опитування фермерів показали, що поля, засіяні покривними культурами, були на 11-14% продуктивнішими, ніж звичайні поля в роки посухи.

Органічне вирощування. Кукурудза, вирощена на органічних полях, має на 30% більший урожай, ніж звичайні поля в роки посухи. На додаток до того, що токсичні пестициди не потраплятимуть у підземні горизонти, органічне вирощування допомагає утримувати вологість ґрунту. Здоровий ґрунт, багатий

на органічні речовини та мікроорганізми, служить губкою, яка постачає рослинам вологу. Оорганічні поля можуть заповнювати запаси підземних вод до 20% [11].

Список літератури

1. Електронний ресурс: <https://agroelita.info/2016/04/29/osoblyvosti-vodokorystuvannya-v-ahrarnij-haluzi-problemy-i-perspektyvy/>
2. Електронний ресурс: <https://www.iaea.org/topics/agricultural-water-management>
3. Електронний ресурс: [http://ecops.kiev.ua/files/2019\(6\)/17-Ryzhova.pdf](http://ecops.kiev.ua/files/2019(6)/17-Ryzhova.pdf)
4. <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>
5. Електронний ресурс: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/AP20_06/AP_Water_in_Agriculture_EN.pdf
6. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#top>
7. Електронний ресурс: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources-3/assessment-4>
8. Електронний ресурс: http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/13_10_98-104.pdf
9. Електронний ресурс: <https://superagronom.com/articles/511-suhe-zemlerobstvo-yak-instrument-adaptatsiyi-do-zmin-klimatu>
10. Електронний ресурс: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%87%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>
11. Електронний ресурс: <https://cuesa.org/article/10-ways-farmers-are-saving-water>

2.2.2. Тваринництво



Виробники тваринницької галузі переважно спеціалізуються на короткостроковому бізнесі з розведення птиці і свиней. На підприємствах інтенсивного тваринництва на обмеженій території одночасно можуть утримуватись тисячі тварин. Утворена ними маса відходів перевищує можливості для утилізації на локальному рівні. Без належного управління такі промислові ферми створюють серйозні ризики для забруднення води.

При зберіганні великої кількості побічних продуктів тваринного походження у лагунах, можливе потрапляння гноївки у довкілля через розгерметизацію лагун, змив, перевищення лімітів наповнення лагун. Як наслідок – виникають супутні проблеми, такі як забруднення поверхневих та підземних вод азотом, фосфором та іншими речовинами. Крім того, гній або послід можуть вноситися у ґрунт із частотою та в обсягах, що перевищують норму та без попередньої витримки для перетворення у органічне добриво. При понаднормативному внесенні гною та посліду у ґрунт, без дотримання норм та вимог, відбувається забруднення підземних та поверхневих вод [1]. Також відбувається забруднення води внаслідок неналежної організації очищення стічних вод на фермах. Адже діяльність тваринницьких ферм супроводжується утворенням великих об'ємів гноївки та забруднених висококонцентрованих стічних вод, що створює значну загрозу навколишньому середовищу [2]. Недостатньо очищені скиди при потрапленні у питну воду, впливають на колір, запах, присмак води та можуть стати причиною спалахів інфекційних захворювань людей [3]. На промислових тваринницьких комплексах стічні води утворюються у приміщеннях для персоналу, в результаті миття приміщень та обладнання для утримання тварин, приміщень для виготовлення чи зберігання кормів, в результаті стоків із дворів та відкритих бетонних ділянок, забруднених гноем, тощо і відповідно поділяються на господарсько-побутові, виробничі і рідкий гній. Стічні води можуть містити залишки гною та сечі, залишки підстилки та відходи кормів, а також миючі та дезінфікуючі засоби, технічну воду від миття тварин з наявністю жиру та вовни. До того ж, такі стічні води мають надзвичайно неприємний запах. Гній та послід багатий на азот, фосфор та інші поживні речовини, які при потрапленні у великих кількостях у воду роблять її саме непридатною для питного водопостачання, а також завдають шкоди водно-болотним угіддям та водним екосистемам. Зокрема, перенасичення поживних речовин у воді спричиняє евтрофікацію – надлишок азоту, фосфору та інших поживних речовин. Відтак, починають активно рости та розмножуватися водорості, відбувається «цвітіння» водоростей, які живляться киснем у воді. За відсутності кисню гине риба та інші

живі організми водою [4]. Забруднення підземних вод нітратами, що потрапляють з гною, може створити серйозну небезпеку для здоров'я населення. Наприклад, високий вміст нітратів у колодязній воді поблизу тваринницьких ферм є причиною виникнення викиднів у вагітних жінок. У важких випадках, забруднення нітратами може викликати метгемоглобінемію, або так званий «синдром синьої дитини», отруєння у дітей. У такому випадку, здатність еритроцитів крові переносити кисень значно знижується, викликаючи синюшність шкіри, в особливо критичних випадках це може закінчитися смертю. Гній також містить патогенні мікроорганізми, які можуть викликати захворювання у людей. Наприклад, гній з промислових тваринницьких ферм може забруднювати воду кишковою паличкою, патогеном, що знаходиться у фекаліях тварин. У Мічигані (США) у 2001 році, зразки води взяті нижче за течією місця розташування ферми великої рогатої худоби, показали перевищення федерального максимального стандарту для кишкової палички у поверхневих водах у 1900 разів. Відходи тваринництва на промислових тваринницьких фермах також можуть містити цілу низку різних фармацевтичних препаратів, включаючи антибіотики і гормони. Зокрема, 75% препаратів можуть виділятися сільськогосподарськими тваринами з калом і сечею у незмінному вигляді, що може стати причиною забруднення підземних вод і ґрунтів. Гормони використовують як стимулятори росту продуктивних тварин і їх залишки знаходять в яйцях, м'ясі та молочних продуктах, а також, вони виділяються з калом і сечею. Дослідники виявили, що деякі з цих гормонів руйнують ендокринну систему і можуть впливати на репродуктивну систему тварин і людей [5]. З метою зменшення забруднення від впливу діяльності сільськогосподарських підприємств та, зокрема, тваринницьких комплексів, в Європейському Союзі прийнято так звану «нітратну директиву» (Директива 91/676/ЄС від 21 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел) [6]. Впровадження директиви дозволяє зменшити забруднення води, спричиненого або викликаного нітратами й іншими поживними речовинами з сільськогосподарських джерел, а також запобігання такому забрудненню у майбутньому. Директива передбачає використання декількох документів, зокрема: методики визначення зон, вразливих до нітратного забруднення та кодексу кращих сільськогосподарських практик, які б дозволили збалансувати господарські потреби з необхідністю забезпечення доброго стану води та водних екосистем. Власне, нітратна директива заснована на принципі – зменшення шкоди через попередження забруднення. Обмеження щодо забруднення води нітратами передбачені Рамковою водною директивою 2000/60/ЄС [7]. Громадяни держав-членів ЄС відносять забруднення води до однієї з найнебезпечніших екологічних загроз, і тому, Європейська Комісія включила охорону вод до пріоритетних напрямів своєї роботи. Рамкова водна директива – це один із найперших законодавчих актів ЄС, спрямованих на боротьбу з забрудненням води і підвищенням її якості. Зважаючи на інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва в Україні, зокрема, розвиток великих тваринницьких комплексів, виникнення ризиків забруднення водних ресурсів, а також зміну

клімату, важливо актуалізувати законодавче регулювання поводження з органічними та синтетичними добривами, яке б відповідало масштабам виробництва та запобігало забрудненню довкілля. Хоча вплив агроіндустрії на якість води значний, його порівняно із іншими джерелами забруднення досить складно визначити. Справа в тому, що таке забруднення належить до неточкових (дифузних) джерел. На відміну від точкових (конкретне місце в просторі – труба заводу чи каналізації), неточкові (наприклад, комплекси з відгодівлі тварин чи поля) – розосереджені у просторі чи займають велику площу. З таких джерел забруднення може потрапляти у водоносні горизонти, забруднюючи їх. В Україні таке забруднення недостатньо контролюється, а реагування контролюючих та правоохоронних органів на факти забруднення водних ресурсів не призводить до реального покарання винних суб'єктів господарювання.

Тваринництво вважається стратегічно важливою галуззю у загальній структурі сільськогосподарського виробництва і представляє собою важливу галузь національної економіки, яка забезпечує задоволення потреб населення у продуктах харчування. Адже, чисельність населення Землі постійно зростає, а це означає, що і зростає необхідність у виробництві більшої кількості продукції і, в свою чергу, збільшується антропогенне навантаження на довкілля. І, якщо раніше вважалося, що основними причинами забруднення природи є промисловість, автотранспорт, виробництво електричної енергії, то тепер поряд з усіма цими факторами йде і сільське господарство, зокрема, тваринництво. Діяльність великих промислових ферм та інтенсифікація тваринницької галузі загалом призводить до споживання великої кількості природних ресурсів та є причиною виникнення ряду екологічних проблем, таких як: викиди забруднюючих речовин та зміна клімату, забруднення поверхневих та підземних вод (евтрофікація водойм), деградація ґрунтів, утворення та накопичення значної кількості побічних продуктів тваринного походження (гній, послід, падіж тварин), втрата біорізноманіття тощо.

Однією з найбільших екологічних проблем тваринницьких ферм є утворення великої кількості гною та посліду внаслідок життєдіяльності тварин. Кількість тваринних комплексів зростає з кожним роком у всьому світі. Не виключенням є і Україна, де станом на 2020 рік налічується близько 13 млн. голів худоби, загальне поголів'я свиней становить 5,7 млн., курей – 1,5 млн¹. Якщо в середньому одна тварина утворює 10 кілограмів гною на добу, за рік може утворитися до 50 млн тонн гною. Поголів'я 1,5 млн курей дає на добу понад 100 тонн посліду. Усього в Україні щороку утворюється близько 500 тис. тонн пташиного посліду. Поточна ситуація свідчить про повний колапс із належним поводженням із побічними продуктами тваринного походження: через низькі штрафи та неефективний державний контроль за тваринницькими комплексами гній вноситься фермерами неконтрольовано на поля, без дотримання вимог щодо його витримування, стерилізації, норм та методів внесення в ґрунт, що призводить до забруднення ґрунтів та водних ресурсів продуктами життєдіяльності тварин, поширення забруднення та смороду на сусідні домоволодіння. Після підписання Угоди про асоціацію з Європейським

Союзом у 2014 році Україна зобов'язана адаптувати національне законодавство, зокрема, й у сфері поводження з гноєм від діяльності сільсько-господарських комплексів.

На сьогодні проблема утилізації відходів тваринництва, птахівництва постає дуже гостро, адже щорічне зростання обсягів виробництва продукції призводить до збільшення обсягів утворення побічних продуктів тваринного походження, зокрема падежу тварин. Відсутність належного поводження з такими відходами, розкладання решток тварин може нести епідеміологічну, токсикологічну загрозу, призводити до зараження та забруднення ґрунтів, ґрунтових вод. Забруднена вода в свою чергу служить фактором передачі збудників багатьох інфекційних захворювань. Відповідно до Закону України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною»¹³ побічними продуктами тваринного походження, не призначеними для споживання людиною вважаються туші або частина туш забитих, загиблих тварин, сировина та продукти тваринного походження, що не призначені або визнані непридатними для споживання людиною.

Основними джерелами викидів забруднюючих речовин на тваринницьких фермах є: приміщення для утримання тварин, витяжна вентиляція, паливні теплові установки, споруди зберігання та обробки гною, місця зберігання та обробки кормів, майданчики для вигулювання свиней. Під час зберігання, обробки гною та під час його внесення у ґрунти в атмосферне повітря виділяється небезпечний безбарвний газ – аміак. Аміак утворюється в основному з сечі, яка розкладається під впливом анаеробних бактерій, при гнитті азотовмісних органічних речовин у ґрунті, гноєсховищах. Аміак викликає сльозотечу, печію, подразнення слизових оболонок носоглотки, біль в горлі при ковтанні, головну біль, загальну слабкість, запаморочення, порушення ходи, нудоту, блювоту, пришвидшене серцебиття, судоми, порушення діяльності серцево-судинної системи. Джерелом забруднення атмосферного повітря сірководнем є гниючі сірковмісні органічні речовини, що нагромаджуються у тваринницьких приміщеннях, де створюються сприятливі умови для їхнього гниття. Сірководень може також надходити із збирачів гноївки, каналізаційної системи. Сірководень безбарвний, дуже отруйний, горючий газ з характерним неприємним запахом тухлих яєць. Цей газ викликає сльозотечу, нежить, задишку, кашель, біль за грудиною, тахікардію, слабкість, судоми, втрату свідомості, смерть від припинення дихання або паралічу серця. У місцях зберігання твердого або рідкого гною (наприклад, у відкритих лагунах, баках або в ямі) гній в анаеробних (без доступу кисню) умовах розкладається і може виробляти значну кількість метану. Викиди метану, внаслідок впливу на людину, спричиняють набряк легень, задуху, пришвидшене серцебиття, головний біль. Основними джерелами викидів оксиду азоту N_2O є приміщення утримання тварин, місця зберігання та обробки гною, процес внесення його в ґрунти. Оксиди азоту є отруйними газами. Характер їх дії на організм людини залежить від вмісту різних оксидів азоту в повітрі. Високі концентрації можуть стати причиною астматичних проявів та набряку легень. Окрім цього, метан (CH_4) та оксид азоту (N_2O) є основними парниковими газами, що призводять до

глобального потепління та зміни клімату на Землі. Крім газоподібних забруднюючих речовин у повітря великими обсягами потрапляють мікроорганізми та пил від приміщень обробки та зберігання кормів, шкіри тварин. До факторів, що впливають на викиди пилу, належать вентиляція, активність тварин, тип і кількість підстилки, вид і консистенція кормів, вологість у приміщеннях утримання тварин. Тип корму та техніка годівлі можуть впливати на концентрацію викидів. Викиди від стаціонарних джерел тваринницьких комплексів, наприклад, від гноєсховищ і тваринницьких приміщень, несправність або відсутність системи очищення викидів, неправильне зберігання і використання безпідстилкового гною є основними причинами утворення неприємних запахів в атмосферному повітрі. Утворені газоподібні продукти розпаду зумовлюють неприємний запах. Пил, що викидається з ферми у повітря сприяє транспортуванню неприємного запаху. Присутність неприємного запаху поблизу свинокомплексу може свідчити також про недотримання підприємством встановлених меж санітарно-захисної зони.

В Україні кількість тваринницьких комплексів та ферм щороку збільшується, відповідно зростає і кількість тваринних відходів. На більшості тваринних комплексів гній зберігається у відкритих лагунах, що в свою чергу призводить до численних екологічних ризиків, а також викидів метану, та інших забруднюючих речовин. На сьогодні працює лише шість біогазових заводів, які переробляють відходи тваринництва з утворенням біогазу, що свідчить про відсутність економічних стимулів в фермерів встановлювати таке обладнання, а також низьку екологічну свідомість та неналежний контроль за поведінням із гноєм з боку контролюючих органів. Лише в результаті дотримання санітарно-захисної зони та реалізації заходів з охорони атмосферного повітря, можна в значній кількості зменшити викиди забруднювальних речовин від свинокомплексів та відповідно покращити санітарно-епідеміологічну та екологічну ситуацію на прилеглий до підприємства території. З метою запобігання забруднення водних ресурсів від тваринницьких комплексів необхідно обладнати бетонні гноєсховища непроникними мембранами з щільного поліетилену або полівінілхлориду. Також, слід очищати стічні води від тваринницьких ферм та вносити органічні добрива з дотриманням законодавчих норм.

Список літератури

1. Електронний ресурс: <http://epl.org.ua/announces/hto-vidpovidaye-zanormuvannya-ta-otsinku-vykydiv/>
2. Електронний ресурс: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/Biogaz_A4_web-2.pdf
3. Електронний ресурс: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf
4. Електронний ресурс: https://stud.com.ua/101895/geografiya/stoki_tvarinnitskih_ferm
5. Електронний ресурс: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/Policy-paper-ukrainian_007s.pdf
6. Електронний ресурс: <https://ciwf.in.ua/?p=137>

7. Електронний ресурс: https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html
8. Електронний ресурс: https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

Питання для контролю рівня знань

1. Назвіть основні дифузні та точкові джерела забруднення водних ресурсів
2. Яке навантаження мають точкові джерела забруднення на водну екосистему. Чи впливають дані джерела на водну біоту та якість води в цілому? Назвіть приклади точкових джерел забруднення.
3. Яке навантаження мають дифузні джерела забруднення на водну екосистему. Чи впливають дані джерела на водну біоту та якість води в цілому? Назвіть приклади дифузних джерел забруднення.
4. Надайте характеристику біогенному забрудненню вод
5. Назвіть основні наслідки забруднення вод біогенними речовинами.
6. Евтрофікація водойм – причини, наслідки та шляхи попередження.
7. Рослинництво – основні шляхи забруднення водних ресурсів, наслідки та шляхи попередження.
8. Тваринництво – основні шляхи забруднення водних ресурсів, наслідки та шляхи попередження.
9. Нітратне забруднення річок – причини, наслідки та шляхи попередження.
10. Наведіть пропозиції щодо покращення якості водних ресурсів регіонів країни. Назвіть основні шляхи попередження забрудненню вод та уникнення небезпечних ситуацій у водній акваторії.

Розділ 3. Інтегральне оцінювання якості поверхневих вод (індекси/індикатори)

3.1. Метод комплексних індексів

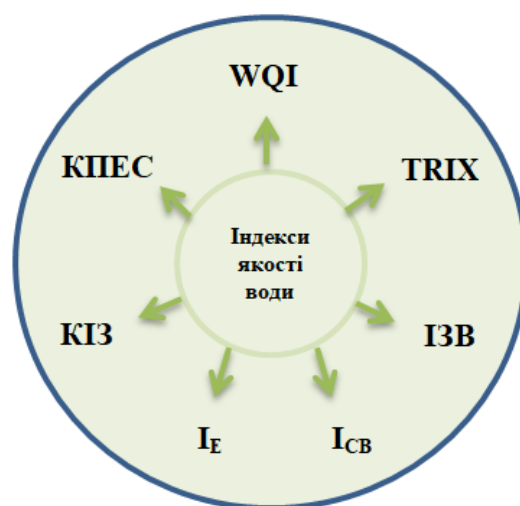
3.2. Біоіндикація водного середовища

3.3. Біотестування водного середовища

Термінологія	
Індекс якості вод	узагальнена числова оцінка якості вод за сукупністю показників, котра визначається відповідно до класів і категорій якості вод. Розрізняють індекси за окремими групами показників, блокові індекси та інтегральний (комплексний) екологічний індекс та інші
Біоіндикація прісних вод	система оцінки екологічного стану водойми і якості води, що базується на вивченні якісного та кількісного складу видів індикаторів
Індикатори	це види рослин і тварин, у тому числі і риби, за допомогою яких можна оцінити ступінь забруднення навколишнього середовища, здійснювати постійний контроль її якості і змін. Наприклад, дзеркальний короп і золота рибка стають неспокійними за наявності у воді стоків нафтової і хімічної промисловості. Висока чутливість щуки до забруднення робить її надійним індикатором стану питної води.
Токсобність вод	кількість токсичних речовин у воді, здатних впливати на водну флору й фауну. За вмістом токсичних речовин води можуть бути оліго-, мезо- та політоксобними. Мезотоксобні води мають дві підгрупи: β -мезотоксобні та α -мезотоксобні. Відповідно оцінка токсобності вод виконується по наявності у водному об'єкті видів-індикаторів різної токсобності
Біотестування	це метод, який дозволяє досліджувати сумісний вплив усіх речовин, що містяться у воді (в т.ч. і забруднювальних), на представників живої природи, які в ній мешкають

3.1. Метод комплексних індексів

- ✚ Індекс забруднення вод (ІЗВ)
- ✚ Комплексний індекс забруднення (КІЗ)
- ✚ Коефіцієнт забруднення χ
- ✚ Комплексний показник екологічного стану (КПЕС)
- ✚ Узагальнений екологічний індекс ІЕ
- ✚ Узагальнений індекс стану вод І_{СВ}
- ✚ Трофічний індекс (ТРИХ)
- ✚ Індекс якості води (WQI)



Комплексна оцінка якості вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, може бути вона використана так само для зіставлення стану водного середовища різних водних об'єктів. Комплексні індекси, на основі яких здійснюється оцінка, розраховуються за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Вони характеризують стан води в цілому, при цьому інформація по окремих показниках губиться. Послідовність виконання оцінки складається із двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому – за розрахованим значенням індексу й за шкалою якості дається словесна характеристика води. Оцінка має декілька балів. Розглянемо деякі з методик.

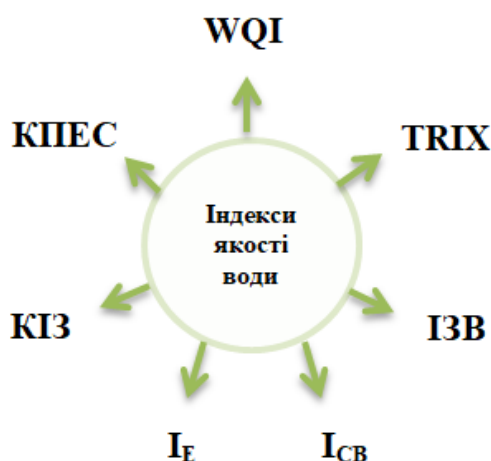


Рис. 3.1. Індекси якості води, які використовуються для екологічної оцінки стану водної екосистеми

3.1.1. Індекс забруднення вод (ІЗВ)

ІЗВ розраховується за шістьма показниками [2] (NH_4^+ , NO_2^- , НП, феноли, O_2 , БСК₅) згідно з формулою:

$$IЗВ = (1/6) \sum (C_i / ГДК_i), \quad (3.1)$$

де C_i – середнє арифметичне значення показника якості води;
 $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація.

У формулі (3.1) для O_2 , ГДК ділиться на середнє значення його концентрації.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки якості вод за ІЗВ [1, 22]

Клас якості води	Характеристика класу	Значення ІЗВ
Для поверхневих вод суші		
I	Дуже чиста	$\leq 0,30$
II	Чиста	0,31 – 1,00
III	Помірно забруднена	1,01 – 2,50
IV	Забруднена	2,51 – 4,00
V	Брудна	4,01 – 6,00
VI	Дуже брудна	6,01 – 10,0
VII	Надзвичайно брудна	$> 10,0$
Для морських вод		
I	Дуже чиста	$\leq 0,25$
II	Чиста	0,26 – 0,75
III	Помірно забруднена	0,76 – 1,25
IV	Забруднена	1,26 – 1,75
V	Брудна	1,76 – 3,00
VI	Дуже брудна	3,01 – 5,00
VII	Надзвичайно брудна	$> 5,00$

Модифікований ІЗВ [3] розраховується теж за шістьма показниками: БСК₅ і O_2 є обов'язковими, а інші чотири показники беруть за найбільшими відношеннями до ГДК зі списку: SO_4^{2-} , Cl^- , ХСК, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Fe загальне, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , НП, СПАР. Критерії оцінки якості вод за ІЗВ наведені в табл. 3.1.

3.1.2. Комплексний індекс забруднення (КІЗ)

Умовний коефіцієнт комплексності [8, 22] розраховується за формулою

$$K_{\%} = (m' / m) * 100\%, \quad (3.2)$$

Де m' – кількість речовин, вміст яких перевищує ГДК;
 m – загальне число нормативних інгредієнтів, обумовлених програмою досліджень.

При $K < 10\%$ проводиться обстеження по конкретних забруднювальних речовинах. Визначаються максимальні концентрації і забезпеченість перевищень ГДК (1, 10, 100 ГДК).

При оцінці якості води за (КІЗ) проводиться триступенева класифікація [3, 22].

Перший ступінь класифікації заснований на встановленні міри стійкості забруднення (повторюваності P випадків перевищення ГДК)

$$P_i = N_{ГДК_i} / N_i, \quad (3.3)$$

де $N_{ГДК_i}$ – число результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його гранично допустиму концентрацію;

N_i – загальне число результатів аналізу i -го інгредієнта.

Другий ступінь класифікації ґрунтується на встановленні рівня забруднення, мірою якого є кратність K перевищення ГДК

$$K_i = C_i / ГДК_i. \quad (3.4)$$

Оціночні бали визначаються за табл. 3.2 і 3.3.

Таблиця 3.2 – Класифікація водних об'єктів за повторюваністю забруднення

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 – 10	одиничне	a	1
10 – 30	нестійке	b	2
30 – 50	стійке	c	3
50 – 100	характерне	d	4

Таблиця 3.3 – Класифікація водних об'єктів за рівнем забруднення

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забруднення	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 – 2	низький	a_1	1
2 – 10	середній	b_1	2
10 – 50	високий	c_1	3
50 – 100	дуже високий	d_1	4

Таблиця 3.4 – Оцінка стану вод водних об'єктів за окремими показниками

Комплексна характеристика стану забруднення води водних об'єктів		Загальні оціночні бали		Характеристика якості води водних об'єктів
		виражені умовно	абсолютні значення	
Одинична забрудненість низького рівня		$a \times a_1$	1	слабо забруднена
– “ –	середнього рівня	$a \times b_1$	2	забруднена
– “ –	високого рівня	$a \times c_1$	3	брудна
– “ –	дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	брудна
Нестійка забрудненість низького рівня		$b \times a_1$	2	забруднена

– “ –	середнього рівня	$v x v_1$	4	брудна
– “ –	високого рівня	$v x c_1$	6	дуже брудна
– “ –	дуже високого рівня	$v x d_1$	8	дуже брудна
Стійка забрудненість низького рівня		$c x a_1$	3	брудна
– “ –	середнього рівня	$c x v_1$	6	дуже брудна
– “ –	високого рівня	$c x c_1$	9	дуже брудна
– “ –	дуже високого рівня	$c x d_1$	12	неприпустимо брудна
Характерна забрудненість низького рівня		$d x a_1$	4	брудна
– “ –	середнього рівня	$d x v_1$	8	дуже брудна
– “ –	високого рівня	$d x c_1$	12	неприпустимо брудна
– “ –	дуже високого рівня	$d x d_1$	16	неприпустимо брудна

При визначенні першого і другого ступенів класифікації води по кожному з інгредієнтів розраховують узагальнені оцінки якості води (табл. 3.4).

Для заключного, третього ступеня класифікації $KI3$ розраховується шляхом складання узагальнених оціночних балів S_i по усіх n показниках

$$KI3 = \sum S_i . \quad (3.5)$$

Класифікація якості води (табл. 3.5) виконується у залежності від значення $KI3$ і кількості лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ). До ЛПЗ води відносять будь-який показник, по якому значення S_i дорівнює 12 чи 16.

Таблиця 3.5 – Класифікація якості води водних об'єктів за значенням $KI3$

Клас якості води	Розряд класу якості	Характеристика забрудненості води	Значення $KI3$ з урахуванням ЛПЗ					
			без ЛПЗ	1ЛПЗ ($k=0,9$)	2ЛПЗ ($k=0,8$)	3ЛПЗ ($k=0,7$)	4ЛПЗ ($k=0,6$)	5ЛПЗ ($k=0,5$)
I	–	Слабо забруднена	$1n$	$0,9n$	$0,8n$	$0,7n$	$0,6n$	$0,5n$
II	–	Забруднена	$1n-2n$	$0,9n-1,8n$	$0,8n-1,6n$	$0,7n-1,4n$	$0,6n-1,2n$	$0,5n-1,0n$
III	–	Брудна	$2n-4n$	$1,8n-3,6n$	$1,6n-3,2n$	$1,4n-2,8n$	$1,2n-2,4n$	$1,0n-2,0n$
III	а	Брудна	$2n-3n$	$1,8n-2,7n$	$1,6n-2,4n$	$1,4n-2,1n$	$1,2n-1,8n$	$1,0n-1,5n$
III	б	Брудна	$3n-4n$	$2,7n-3,6n$	$2,4n-3,2n$	$2,1n-2,8n$	$1,8n-2,4n$	$1,5n-2,0n$
IV	а	Дуже брудна	$4n-6n$	$3,6n-5,4n$	$3,2n-4,8n$	$2,8n-4,2n$	$2,4n-3,6n$	$2,0n-3,0n$
IV	б	Дуже брудна	$6n-8n$	$5,4n-7,2n$	$4,8n-6,4n$	$4,2n-5,6n$	$3,6n-4,8n$	$3,0n-4,0n$
IV	в	Дуже брудна	$8n-10n$	$7,2n-9,0n$	$6,4n-8,0n$	$5,6n-7,0n$	$4,8n-6,0n$	$4,0n-5,0n$
IV	г	Дуже брудна	$10n-11n$	$9,0n-9,9n$	$8,0n-8,8n$	$7,0n-7,7n$	$6,0n-6,6n$	$5,0n-5,5n$

3.1.3. Коефіцієнт забруднення χ

Коефіцієнт забруднення χ розраховується за формулою (3.6), наведеною у [4, 22]

$$\chi = \Sigma [(N_i / C_{i,d})\varphi(i)] / \Sigma \varphi(i), \quad (3.6)$$

де N_i – значення показника забрудненості;
 i – номер показника забрудненості в ранговій послідовності з m показників;

$C_{i,d}$ – норматив (ГДК) показника;

$\varphi(i) = i / 2^{i-1}$ – вагова функція;

$\Sigma \varphi(i)$ – приведена кількість показників.

Як основні беруться такі показники забрудненості з відповідною ранговою послідовністю (i): БСК₅ ($i = 1$); NH⁺ ($i = 2$); нафтопродукти ($i = 3$); O₂ ($i = 4$). Ранги іншим показникам встановлюють експертно або за співвідношенням $N_i / C_{i,d}$.

В залежності від значення коефіцієнта χ складено атестаційну шкалу оцінки ступеня забрудненості водного середовища (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Інтегральна оцінка забрудненості водного середовища [22]

Коефіцієнт забруднення вод χ	Якісна оцінка ступеня забрудненості
до 1,00	Нешкідлива (чиста)
1 – 1,99	Мала
2 – 2,99	Припустима
3 – 3,99	Істотна
4 – 5,00	Інтенсивна
Більш 5,00	Катастрофічна

3.1.4. Комплексний показник екологічного стану (КПЕС)

Середнє значення $КПЕС_{СЕР}$ розраховується за формулою (3.7), наведеною у [5, 22]

$$КПЕС_{СЕР} = (1/ m) \Sigma КПЕС_j, \quad (3.7)$$

де m – кількість блоків показників якості вод (значень $КПЕС_j$).

З m блоків показників якості вод до першого входять показники, які не мають ефекту спільної дії, до інших блоків входять показники, які мають цей ефект.

Для першого блоку комплексний показник розраховується за формулою

$$КПЕС_1 = (1/n) \Sigma ПЕС_i, \quad (3.8)$$

де n – кількість показників у першому блоці;

$ПЕС_i$ – показник екологічного стану, розрахований для i -го показника якості.

Значення $ПЕС_i$ для i -го показника розраховуються за формулами:

$$ПЕС_i = a_i (H_i - П_i) / H_i, \quad (3.9)$$

$$ПЕС_i = a_i (П_i - H_i) / H_i, \quad (3.10)$$

де a_i – коефіцієнт вагомості i -го показника;

$П_i, H_i$ – значення показника (концентрація речовини) і його норматив.

Формула (3.9) використовується при обмеженні значень показника зверху. Для показників, обмежених знизу (O_2), використовується формула (3.10). При нормуванні показника (рН) у вигляді допустимого інтервалу [$H_{min} < П_i \leq H_{max}$] значення $ПЕС_i$ розраховується за формулою (3.9), якщо значення показника перевищує H_{max} ; якщо значення показника нижче за H_{min} , то $ПЕС_i$ розраховується за формулою (3.10). Якщо показник знаходиться в середині інтервалу, то розрахунок виконується за формулами (3.9) і (3.10), а як $ПЕС_i$ береться мінімальне з одержаних значень.

Коефіцієнт вагомості a_i i -го показника пов'язаний з класом небезпеки. Якщо ступінь небезпеки зростає зі збільшенням номера класу ($кл$), то $a_i = кл$; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу – $a_i = 1/кл$. Якщо клас небезпеки не вказано, то береться клас на один розряд нижче від мінімально небезпечного класу.

Для блоків з показниками якості, які мають ефект спільної дії, $КПЕС_j$ розраховується за формулою

$$КПЕС_j = 1 - \sum (П_i / H_i). \quad (3.11)$$

За санітарними нормами ефект сумарної дії мають показники 1 і 2 класів небезпеки з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ), за рибогосподарськими – з однаковою ЛОШ (без врахування класу небезпеки).

Екологічний стан водного об'єкта класифікується таким чином: при $КПЕС_{МИН} < 0$ і $КПЕС_{СЕР} < 0$ стан нестійкий; при $КПЕС_{МИН} > 0$ і $КПЕС_{СЕР} > 0$ – стійкий; при $КПЕС_{МИН} < 0$ і $КПЕС_{СЕР} > 0$ – стійкий з ознаками нестійкості.

3.1.5. Узагальнений екологічний індекс I_E

Оцінка якості поверхневих вод суші за узагальненим екологічним індексом I_E [7, 22] повинна обов'язково включати три блоки показників:

- сольового складу;
- трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні); специфічні токсичної і радіаційної дії.

Вихідні дані аналізуються по кожному блоку окремо. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, яка складається із заключних висновків по трьох блоках.

Екологічна оцінка якості води може бути орієнтовною і ґрунтовною. **Орієнтовна екологічна оцінка** виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, які найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідно цьому стану якість води. Ці разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації. На основі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками, взятими для разового виміру. Об'єднання результатів разових вимірів для узагальненої оцінки якості води не допускається. Клас і категорія води в цілому встановлюються за показником з найбільшим номером категорії.

Процедура виконання **ґрунтовної екологічної оцінки** якості поверхневих вод складається з чотирьох послідовних етапів, а саме [22]:

- а) **етап групування** і обробки вихідних даних;
- б) **етап визначення класів і категорій** якості води за окремими показниками;
- с) **етап узагальнення оцінок якості** води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;
- д) **етап визначення об'єднаної оцінки** якості води (з визначенням класів і категорій) для певного водного об'єкта в цілому чи окремих ділянок за визначений період спостережень.

а) Вихідні дані за окремими показниками *грунуються* у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень, або ж вкупі (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта, або ж для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу (місяць, сезон, рік, кілька років підряд тощо).

Вихідні дані про якість води за окремими показниками грунуються в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчислюються середньоарифметичні значення, визначаються мінімальні та максимальні (найгірші) значення, які всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень.

Серед вихідних даних трапляються поодинокі дані, котрі з своїми екстремальними значеннями виходять за межі окресленого діапазону мінливості величин цієї вибірки, досить далеко від максимальних (найгірших) значень.

Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу: з'ясуванню природних чи антропогенних причин, які могли спричинити їх появу. Після такого аналізу приймаються рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

б) **Етап визначення класів та категорій** якості води для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

– середньоарифметичні (середні) значення для кожного показника окремо зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи її екологічної класифікації;

– найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед цих показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;

– на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо;

– зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізованих класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками теж (як і на першому етапі) виконується в межах відповідних блоків.

с) *Етап узагальнення оцінок якості* води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконується лише на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це *узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води*, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дій (I_3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: $I_{1СЕР}$ та $I_{1МАХ}$; $I_{2СЕР}$ та $I_{2МАХ}$; $I_{3СЕР}$ та $I_{3МАХ}$. Маючи значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації.

Середні значення для трьох блокових індексів якості води *визначаються шляхом обчислення середнього номера категорії* за всіма показниками даного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т.д.

Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. Це дозволяє диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, які відповідають середнім значенням блокових індексів, треба весь діапазон десятичних значень номерів (поміж цілими числами) розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Середні значення якості вод	Позначення відповідних субкатегорій блокових індексів
1,0 – 1,2	1
1,3 – 1,4	1 (2)
1,5 – 1,6	1 – 2
1,7 – 1,8	2 (1)
1,9 – 2,2	2
2,3 – 2,4	2 (3)

і т.д. для категорії 3 – 7.

Найгірші значення для трьох блокових індексів якості води визначаються за відносно найгіршим показником (з найбільшим номером категорії) серед всіх показників даного блоку.

d) Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального або екологічного індексу I_E . Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування і опрацювання водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого-економічного районування, екологічного картографування тощо. Значення екологічного індексу якості води ви- значається за формулою (3.12):

$$I_E = \{I_1 + I_2 + I_3\} / 3, \quad (3.12)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо–сапробіологічних показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси (п. с), обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо. Він може бути дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на основі екологічного індексу здійснюється так само, як для блокових індексів.

Сольовий склад поверхневих вод суші та естуаріїв оцінюється за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників.

Клас води визначається за переважаючими аніонами (Cl^- ; SO_4^{2-} ; HCO_3^-), група – за переважаючими катіонами (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ + K^+), тип води визначається за співвідношеннями між іонами (в еквівалентах):

I – $\text{HCO}_3^- > (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$;

II – $\text{HCO}_3^- < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$;

III – $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ або $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$;

IV – $\text{HCO}_3^- = 0$.

Один грам-еквівалент Cl^- дорівнює **35,45 г**; SO_4^{2-} – **48,03 г**; HCO_3^- – **61,02 г**; Ca^{2+} – **20,04 г**; Mg^{2+} – **12,15 г**; Na^+ – **22,99 г**; K^+ – **39,10 г**.

Для позначення видів природних вод вживаються символи, наприклад [22]:

- гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий – $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$;
- сульфатно–хлоридно–кальцієві води другого типу – $\text{SCl}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$.

Прісні гіпо- і олігогалинні та солонуваті β-мезогалинні води оцінюються також за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за *трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними)* критеріями виконується на основі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. Для цього блоку бажана узагальнена оцінка, оскільки більшість показників є взаємопов'язаними і в кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути меншою, ніж 10. Інтегрування показників при узагальненій оцінці пов'язане з втратою інформації. Тому поряд з узагальненою оцінкою обов'язково мають наводитись значення категорій для всіх тих показників, які перевищують узагальнені (середні) значення.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за *специфічними показниками токсичної і радіаційної дії* виконується за кожним показником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

Назви класів і категорій якості вод, дані про їх стан та ступінь їхньої чистоти (забруднення), а також ступінь трофності і зона сапробності оцінюваних поверхневих вод представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією [7, 22]

Клас якості вод	1		11		111		1У	У
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7	
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані	
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані	
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні	
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабо забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудні	
Трофність (переважно тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	гіпертрофні	
	оліготрофні оліго-мезотрофні	мезотрофні	мезо-евтрофні	евтрофні	евполітрофні	політрофні	гіпертрофні	
Сапробність	олігосапробні		β -мезосапробні		α -мезосапробні		полісапробні	
	β -олігосапробні	α -олігосапробні	β' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	α' -мезосапробні	α'' -мезосапробні	полісапробні	

Методика, що розглянута вище, має суттєві недоліки.

1. *Не враховані рибогосподарські ГДК за показниками Zn, Mn, Hg.* Права границя третьої категорії («досить чиста» вода) по Zn перевищує ГДК в 2 рази, по Mn – в 5 разів, а по Hg – в 20 разів. Тобто, вода, в якій вміст Zn буде перевищувати рибогосподарський норматив в 2 рази, Mn – в 5 разів, а Hg – в 20 разів, буде характеризуватися як «досить чиста».

Рибогосподарські ГДК наближені до екологічних, однак їх не можна вважати такими, оскільки риба не є найслабкішою ланкою водних екологічних систем. Наприклад, зоопланктон найбільш чутливо реагує на всі зміни складу й властивостей водного середовища, ніж риба. А екологічні ГДК повинні бути орієнтовані на найбільш слабкі ланки. Якщо риба є найбільш слабкою ланкою по якомусь із показників, то екологічна ГДК за цим показником буде дорівнювати рибогосподарській. Тобто, екологічна ГДК повинна бути не більш за рибогосподарську.

2. *Перелік показників якості вод у методиці досить обмежений.* При оцінці стану вод не є можливим урахувати ті показники, які не входять до цього переліку.

У переліку рибогосподарських ГДК міститься біля тисячі забруднювальних речовин, а в методиці екологічної оцінки якості поверхневих вод їх близько 30. Будь-яка забруднювальна речовина із тисячі, що не входить у методику, не буде врахована при оцінці якості води, навіть якщо значення її концентрації буде дуже великим.

3. *У методиці не ураховується ефект сумарної дії речовин.* Наприклад, наявність у воді фенолів і нафтопродуктів зі значеннями концентрації, близькими до правої границі категорії 2 дозволяє зробити висновок проте, що за даними показниками вода відноситься до категорії «чиста». Однак, відповідно до рибогосподарських норм нафтопродукти й феноли мають ефект сумарної дії (вони нормовані з рибогосподарською ЛОШ). Сума значень концентрації цих речовин у частках від ГДК складе приблизно 1,5. Таке водне середовище не відповідає вимогам рибогосподарських норм і повинно оцінюватися як «забруднене». Зазвичай групи сумачії з токсикологічною і з санітарно-токсикологічною ЛОШ об'єднують значно більше речовин, ніж наведено у прикладі.

4. *На другому етапі оцінки кожному показнику привласнюється номер категорії (індекс), що не залежить від значення показника в границях цієї категорії.* Наприклад, за показником «залізо» категорія 4 має границі від 101 до 500 мкг/дм³. Це означає, що значення показника може становити 101 мкг/дм³ або приблизно у п'ять разів більше (500 мкг/дм³), все одно, для подальшої обробки він одержить індекс 4.

5. Далі в існуючій методиці рекомендується усереднити індекси за показниками усередині блоків і поміж блоками для одержання *узагальненого індексу, значення якого розраховується з точністю до сотих часток для того, щоб «гнучко» оцінити субкатегорію якості води.*

У цьому випадку говорити про гнучкість запізно. Оцінка субкатегорії дорівнює спробі знайти середню вагу декількох предметів з точністю до одного граму, користуючись набором стограмових гир.

Наприклад, є чотири предмети вагою 2, 2, 2 й 102 г. Зважуючи предмети набором стограмових гир і прийнявши вагу цих гир за умовну 1, одержуємо – 1, 1, 1 й 2 (середнє значення – 1,25). Дійсне середнє значення ваги предметів становить 27 г і відповідає умовній 1. *При такому підході середнє значення необхідно представляти з точністю до цілого числа* (про субкатегорію мова йти вже не може).

Точний збіг оцінки із дійсним середнім значенням буде спостерігатися лише в тому випадку, якщо вага предметів буде кратною 100 г, тобто коли значення показників якості води будуть близькі до правих границь категорій якості (за винятком категорії 7).

6. *Максимальний індекс, що одержує показник якості води, використовуваний надалі при узагальненні, дорівнює 7 (відповідно до номера категорії).* Наприклад, індекс 7 одержить показник «нафтопродукти» при значенні 0,31 мг/дм³ (перевищення рибогосподарської ГДК у 6 разів). При значенні 5,0 мг/дм³ (перевищення ГДК у 100 разів) він теж одержить індекс 7. Не важливо у скільки разів перевищується норматив, аби тільки його значення було більше за ліву границю сьомої категорії. Це приводить до того, що узагальнений *індекс стає незалежним від значень показника в категорії 7* (від значень з найбільшим перевищенням ГДК).

7. Присвоєння цілого значення індексу (номера категорії) показнику якості на другому етапі повинне приводити до граничної (убік погіршення) узагальненої оцінки якості водного середовища. *Однак, відсутність урахування ефекту сумарної дії речовин, подвійне осереднення індексів (при визначенні блокових індексів й узагальненого індексу) та незалежність узагальненого індексу від значень показників в категорії 7 в підсумку покращує оцінку стану водного середовища.*

Розрахунки по ріках Дунай, Дністер, Південний Буг, Інгулець й ін. показали, що через перераховані недоліки розглянута методика не дозволяє адекватно характеризувати стан водного середовища. Оцінка прикрашується, якщо у воді є речовини з ефектом сумарної дії й з концентрацією, яка у багато разів перевищує рибогосподарські нормативи. Більш того, у деяких випадках підсумкова оцінка для одного і того ж пункту залишалася колишньою при виключенні показників з найбільшим перевищенням ГДК [14, 22].

3.1.6. Узагальнений індекс стану вод I_{CB}

Методика комплексної оцінки якості вод за допомогою *узагальненого індексу їх стану I_{CB}* (методика ОДЕКУ) [14, 22] розроблена на основі аналізу розглянутих вище методик. У ній враховано всі виявлені недоліки: використовуються рибогосподарські ГДК; перелік показників не обмежений; враховується ефект сумарної дії; узагальнюються співвідношення значень показників якості з їх ГДК. Розроблено нову шкалу категорій якості (табл. 3.8)

на основі одиниць хронічної токсичності [7, 22]. Назва категорій якості співпадає з наведеними у [7, 22].

Таблиця 3.8 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за I_{CB}

Категорія якості	1	2	3	4	5	6	7
I_{CB}	$\leq 0,25$	0,26–0,50	0,51–1,00	1,01–2,00	2,01–4,00	4,01–8,00	$> 8,00$
Характеристика якості	дуже чиста	чиста	досить чиста	слабо забруднена	помірно забруднена	брудна	дуже брудна

В методиці I_{CB} для врахування ефекту сумарної дії речовин розглядається вісім блоків показників: 1) мінералізація; 2) трофо-сапробіологічні; 3) із загальносанітарною ЛОШ; 4) із токсикологічною ЛОШ; 5) із санітарно-токсикологічною ЛОШ; 6) із органолептичною ЛОШ; 7) із рибогосподарською ЛОШ; 8) радіаційної дії.

Для другого та восьмого блоків узагальнений блоковий індекс розраховується як середнє значення ряду з n показниками за формулою (3.13), а для третього – сьомого блоків осереднення не здійснюється, і розрахунок блокового індексу виконується за формулою (3.14):

$$I_j = (1/n) \sum (C_i / ГДК_i), \quad (3.13)$$

$$I_j = \sum (C_i / ГДК_i). \quad (3.14)$$

При розрахунку I_j використовуються рибогосподарські ГДК і ЛОШ. Якщо деякий показник не нормований у рибогосподарських нормах, але він є в методиці [7, 22], то для нього як норму можна прийняти значення межі між 3 і 4 категоріями (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Критерії якості поверхневих вод [22]

Показник	Межа між 3 і 4 категоріями	ГДК _{рг}
Трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні) показники		
Індекс самоочищення–самозабруднення (A/R)	0,8–1,2	–
Чисельність бактеріопланктону, млн.кл/см ³	2,5	–
Чисельність сапрофітних бактерій, тис.кл/см ³	5,0	–
Показники з токсикологічною ЛОШ		
Мідь, мг/дм ³	0,002	фон+0,001
Показники радіаційної дії		
Сумарна β –активність, Ку/дм ³	$1,0 \cdot 10^{-11}$	–
⁹⁰ Sr, Ку/дм ³	$3,0 \cdot 10^{-12}$	–
¹³⁷ Cs, Ку/дм ³	$5,0 \cdot 10^{-12}$	–

Узагальнена оцінка визначається у результаті осереднення m блокових індексів:

$$I_{CB} = (1/m) \sum I_j. \quad (3.15)$$

Категорія якості поверхневих вод встановлюється за значенням I_{CB} і табл. 3.8.

3.1.7. Трофічний індекс (*TRIX*)

Трофічний індекс (*TRIX*) – це комплексний індекс, за допомогою якого оцінюється *трофічний статус* водного середовища [22].

Під *трофічністю* розуміють ступінь первинної біологічної продуктивності водних екосистем, який визначається вмістом у воді фосфору, азоту та інших біогенних елементів, а також комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних і інших факторів. Води можуть бути з низьким (*оліготрофні*), з середнім (*мезотрофні*), з високим (*евтрофні*), з дуже високим (*політрофні*) і з надзвичайно високим (*гіпертрофні*) первинним продукуванням.

TRIX розраховується за формулою:

$$TRIX = \lg ([Chl_a] * [D\%O] * [NT] * [PT] * 1,5) / 1,2, \quad (3.16)$$

де Chl_a – сума хлорофілу «а»;

$D\%O$ – абсолютне значення відхилення концентрації розчиненого кисню від 100% насичення;

NT – загальний азот, мкг/дм³;

PT – загальний фосфор, мкг/дм³.

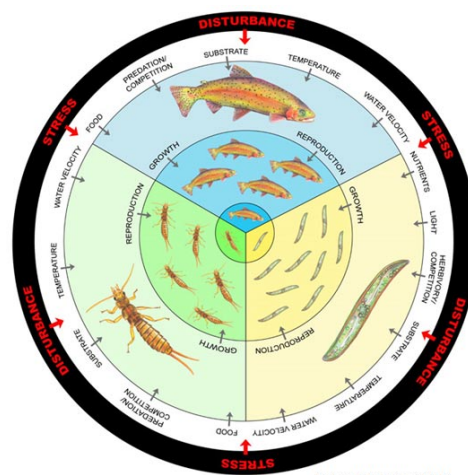
Трофічність вод визначають за значенням *TRIX* : ≤ 4 – низька (*оліготрофні*); 4–5 – середня (*мезотрофні*); 5–6 – висока (*евтрофні*); >6 – дуже висока (*політрофні*) [22].

3.2. Біоіндикація водного середовища

- Гідробіологічний аналіз поверхневих вод
- Оцінка якості вод по макрозообентосу
- Оцінка якості вод (за використанням фіто- і зоопланктону)
- Оцінка якості води за індексами багатства та різноманіття



Строгаль В.П. (2022)



Nature Education (2010)

3.2.1. Гідробіологічний аналіз поверхневих вод

Гідробіологічний аналіз якості вод дозволяє [22]:

- визначити екологічний стан водних об'єктів;
- оцінити якість вод як середовища мешкання живих організмів;
- визначити сукупний ефект впливу забруднювальних речовин;
- перевірити наявність вторинного забруднення.

Біоценоз і його біотоп існують як єдине ціле. На зміни, що відбуваються в біотопі (у тому числі антропогенні), біоценоз реагує зміною інтенсивності й характеру свого метаболізму, свого видового складу. У водної екосистемі особливості біоценозу визначають швидкість й інтенсивність процесів самоочищення (формування чистої води). Особливості біоценозу повною мірою відбивають особливості біотопу, на цьому засновані всі методи гідробіологічного аналізу якості вод і донних відкладів [12, 22].

Для гідробіологічного аналізу якості вод можуть можна використати практично всі групи організмів, що населяють водні об'єкти: планктонні й бентосні безхребетні, найпростіші водорості, макрофіти, бактерії та риби. Кожна група організмів як біоіндикатор має свої переваги і недоліки, які визначають границі її використання при вирішенні завдань біоіндикації.

Водоростям належить провідна роль в індикації зміни якості води в результаті евтрофування водного об'єкта. При евтрофуванні водного середовища й відповідному погіршенні його якості сукцесія видового складу особливо сильно проявляється в угрупованні **фітопланктону**. Однак [12] водорості не можуть бути індикаторами фекального забруднення, посередньо залежать від органічного забруднення й мають слабку чутливість до важких металів і пестицидів.

Значення **зоопланктону** як біоіндикатора дуже велике й обумовлено це в першу чергу тим, що серед зоопланктонних організмів зустрічаються представники патогенної фауни, які обмежують використання водного об'єкта з метою водопостачання та рекреації [12]. Зоопланктон має вирішальне значення при біоіндикації якості води середніх шарів пелагіалі великих озер, звідки виробляється забір води для водопостачання, а також у гирлових затоках

річок, що впадають у водоймище в його верхній частині з великими добовими коливаннями рівня.

Індикація якості вод по *найпростіших* використовується в тих випадках, коли потрібна оцінка забруднення безпосередньо в момент узяття проби й незадовго до цього. Експрес-методи оцінки якості вод по найпростіших дозволяють одержати надійну інформацію практично миттєво [12, 22].

Крім того, найпростіші є високочутливими індикаторами сапробного стану водного об'єкта (органічного забруднення).

Для одержання надійних оцінок води, що протікає, у водотоках або водних масах, розташованих вище специфічного придонного шару у водоймах, використовується *перифітон*. За своїм складом і розвитком організми перифітону відповідають середнім умовам, при яких існувало угруповання до моменту дослідження.

Зообентос є добрим й у ряді випадків єдиним біоіндикатором забруднення донних відкладів і придонного шару води. Склад біоценозів відносно постійний поки він перебуває в умовах, у яких він сформувався. У досить чистих водах донні угруповання в добре аерованих ділянках дна характеризуються високою видовою різноманітністю, що свідчить про гарний стан водної екосистеми. У забруднених водних об'єктах зникають групи тварин, найбільш чутливих до окремих забруднювальних речовин. Відбувається видозміна складу біоценозів, іноді катастрофічна, що призводить до заміни їх іншим складом. *Макрозообентос* є основою багатьох систем біоіндикації, у тому числі біотичних балів і біотичного індексу [22].

Макрофіти найчастіше використовуються при рекогносцирувальному огляді водних об'єктів з метою екологічно обґрунтованого розміщення постійних пунктів контролю забруднення. У прибережно-водній рослинності виявляється легко піддається обліку домінантна флора. При цьому [12] по підтипу *водної рослинності*, представленій гідромезофітними, гідрофітними й гідрофотофітними видами, оцінюється якість водного середовища, а по підтипу *прибережної рослинності*, представленій гідрофітними, мезофітними й ксеромезофітними видами, оцінюється забруднення донних відкладів слабозривними й малорухомими токсичними речовинами.

При забрудненні водних об'єктів змінюється видовий склад, біомаса й продукція макрофітів, виникають морфологічні аномалії, відбувається зміна домінантних видів. Однак при використанні макрофітів як біоіндикаторів якості вод і донних відкладів необхідно враховувати їхню більшу стійкість до короткочасного забруднення.

Особливість *бактеріологічного* аналізу води (як і хімічного) полягає в можливості характеризувати якість води тільки безпосередньо в момент добору проб. Бактерії є незамінними індикаторами фекального забруднення, а також можуть служити добрими індикаторами органічного й токсичного забруднення. Особливості ростової реакції деяких видів бактерій дозволяють установити [12] присутність у воді нітратних солей свинцю, міді й кадмію в концентраціях $5 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³, окису ртуті – $5 \cdot 10^{-7}$ моль/дм³ і срібла – $5 \cdot 10^{-18}$ моль/дм³.

Висока чутливість мікробіологічних показників до фекального забруднення обумовлена великою різницею у вмісті мікроорганізмів-індикаторів у стічних водах й у воді контрольованого водного об'єкта. Для ряду бактерій-індикаторів ця різниця досягає сотень тисяч і навіть десятківмільйонів разів. Це дозволяє використати бактеріологічні показники при контролі розповсюдження забруднення у водному об'єкті, а також при вивченні процесів самоочищення й розведення стічних вод. При біоіндикації якості вод за бактеріологічними показниками необхідно враховувати швидкість відновлення угруповань після тимчасового забруднення.

Дані по *іхтіофауні* важливі при оцінці стану в цілому водного об'єкта, який має рибогосподарське призначення. Випадки масової загибелі риби часто виявляються першими сигналами залпових, аварійних скидів забруднювальних речовин.

Відсутність риби у водних об'єктах, особливо в тих, де колись водилася риба, вказує на крайнє неблагополуччя в екосистемі, причиною якогоможе бути сильне (важке) забруднення. Однак наявність риби у водному об'єкті ще не свідчить про відсутність у воді або донних відкладах речовин, шкідливих для риби й людини, особливо при їхньому тривалому впливі. Тому наявність риби не може бути індикатором ні біологічної чистоти вод, ні відсутності у воді присмаку або запаху ні придатності води для питних потреб або купання, а також для яких-небудь промислових цілей [12, 22].

Біологічні наслідки забруднення вод і донних відкладів можна дослідити за допомогою кожної з перерахованих вище груп організмів, але всебічна характеристика стану екологічної системи можлива тільки на основі аналізу й узагальнення досить повних даних по різних водних угрупованнях.

Серед методів гідробіологічного аналізу поверхневих вод сапробіологічний аналіз займає одне з найважливіших місць. Спочатку під сапробністю розумілася здатність організмів розвиватися при більшому або меншому вмісті у воді органічних забруднювальних речовин. Потім експериментально було доведено, що сапробність організму обумовлена як його потребою в органічному харчуванні, так і резистентністю стосовно шкідливих продуктів розпаду й дефіциту кисню в забруднених водах.

У класичній системі організми-індикатори поділяють на три групи:

- 1) організми сильно забруднених вод – *полісапроби*;
- 2) організми помірковано забруднених вод – *мезосапроби* (із двома підгрупами α і β);
- 3) організми мало забруднених вод – *олігосапроби*.

Полісапробні води в хімічному відношенні характеризуються бідністю на кисень і більшим вмістом вуглекислоти й високомолекулярних органічних речовин, що легко розкладаються, – білків і вуглеводів. У цих водах інтенсивно протікають процеси редукції й розпаду з утворенням сірчистого заліза в мулі й сірководню. Населення полісапробних вод має малу видову різноманітність, але окремі види можуть досягати великої чисельності. Аерофільні організми повністю відсутні. Тут особливо поширені безбарвні джгутиконосці й бактерії (більше 10^6 кл/см³). Полісапробні організми можуть зустрічатися в

мезосапробних водах, але в олігосапробних водах не утворюють постійної картини й зустрічаються надзви- чайно рідко.

Характерним для *α -мезосапробних* вод є енергійне самоочищення. Воно відбувається у результаті окисних процесів за рахунок кисню, який виділяється хлорофілоносними рослинами. Серед цих рослин зустрічаються деякі синьо-зелені, діатомові й зелені водорості. Велику чисельність мають гриби й бактерії (більше 10^5 кл/см³). Тут можуть жити невимогливі до кисню види риб.

В *β -мезосапробних* водах процеси самоочищення протікають менш інтенсивно. У них домінують окисні процеси. Нерідко спостерігається пере- сичення киснем. Переважають такі продукти мінералізації білка, як амонійні сполуки, нітрити й нітрати. У цих водах різноманітно представлені тваринні й рослинні організми. Серед останніх зустрічаються діатомові, зелені й синьо-зелені. Число бактерій звичайно не перевищує 10^5 кл/см³. Багато макрофітів знаходять тут оптимальні умови для свого росту.

Олігосапробні води представляють практично чисті води великих озер. Для них характерна майже повна мінералізація органічних речовин, їхня концентрація не перевищує 1 мг/дм³. Число бактерій не більше 10^3 кл/см³, якщо не попадають випадково занесені форми. В олігосапробних водах багато представлені перидінеї, зустрічаються навіть харові водорості.

Одним з найпоширеніших і зручних методів сапробіологічного аналізу стосовно організмів планктону вважається *метод Пантле й Бука* в модифікації Сладечека. Для гідробіологічного аналізу забруднення вод і донних відкладів малих рік за складом донних макробезхребетних найбільш перспективним визнано *метод біотичних індексів* р. Трент, розроблений Вудівісом. Для оцінки стану водних екосистем у цілому використовуються також *індекси видової різноманітності*. Однак використання їх є спірним, оскільки мала видова різноманітність може спостерігатися як у дуже забруднених, так і у дуже чистих водах. Крім того, коливання видо- вої різноманітності в тих самих водах може бути пов'язане з динамікою сезонного масового вильоту імаго комах.

У системі Гідробіологічної служби СРСР був прийнятий класифікатор якості вод, що містить 6 класів (табл. 4.1). Клас якості вод визначається на основі даних по зообентосу, перифітону, фітопланктону й зоопланктону, а також по бактеріопланктону, коли цей показник використовується.

Остаточна експертна оцінка якості вод здійснюється з урахуванням таких показників: чисельність і біомаса організмів, загальне число видів, співвідно- шення різних груп організмів в окремих угрупованнях, стану макрофітів, інтенсивності продукційно-деструкційних процесів, активності мікробіоло- гічних процесів. Загальна оцінка якості вод у кожному конкретному випадку дається по сукупності гідробіологічних показників.

Таблиця 4.1 – Класи якості вод суши за гідробіологічними показниками [22]

Клас	Води	Зообентос		Фітопланктон, зоопланктон, перифітон	Мікробіологічні показники		
		Чисельність олігохет, % від загальної кількості	Біотиний індекс	Індекс сапробності по Пантле Буку (модифікація Сладечека)	Загальна кількість бактерій, млн.кл/см ³ (а)	Сапрофітні бактерії, тис.кл/см ³ (б)	а/б
I	Дуже чисті	1–20	10–8	<1,00	≤0,5	≤0,5	>10 ³
II	Чисті	21–35	7–5	1,00–1,50	0,6–1,0	0,6–5,0	>10 ³
III	Помірно забруднені	36–50	4–3	1,51–2,50	1,1–3,0	5,1–10,0	10 ² –10 ³
IV	Забруднені	51–65	2–1	2,51–3,50	3,1–5,0	10,0–50,0	<10 ²
V	Брудні	66–85	1–0	3,51–4,00	5,1–10,0	50,0–100	<10 ²
VI	Дуже брудні	86–100	0	>4,00	>10,0	>100	<10 ²

3.2.2. Оцінка якості вод по макрозообентосу

Організми зообентосу займають у водоймі два основних біотопи: ґрунт (поверхня й товщу) і рослинність. Рухливі організми можуть відриватися від поверхні субстрату й плавати у воді, займаючи третій біотоп – водну товщу в межах придонного шару або водного простору в заростях макролітів [22].

Зообентос внутрішніх водойм умовно ділять на три групи:

- 1) макробентос – більше 2–3 мм;
- 2) мезобентос – 0,5–3 мм;
- 3) мікробентос – менше 0,5 мм.

У макробентос попадають великі організми, наприклад, двостулкові молюски, личинки хірономід останніх віків, статевозрілі особини олігохет. Мезобентос поєднує тварин, які з ростом переходять до складу макрофауни, а також розміри яких і в дорослому стані не перевищують 2 мм. Мікробентос включає дрібні організми, представлені головним чином найпростішими, коловертками, турбелярїями й гастротріхами.

По макрозообентосу визначаються такі показники:

- загальне число організмів;
- загальне число видів;
- загальна біомаса;
- кількість груп по стандартному розбору;
- чисельність основних груп;
- біомаса основних груп;
- число видів у групі;
- масові види й види індикатори сапробності.

Оцінка якості вод по показниках зообентосу проводиться за багатьма методиками. Найпоширенішим є **метод біотичних індексів**, у якому об'єднані принцип індикаторного значення окремих таксонів і принцип зміни різноманітності фауни в умовах забруднення.

Таблиця 4.2 – Робоча шкала для визначення біотичного індексу [22]

Показові організми	Видове розмаїття	Біотичний індекс за наявністю загального числа «груп»				
		0–1	2–5	6–10	11–15	≥16
Личинки веснянок	Більше одного виду	–	7	8	9	10
	Тільки один вид	–	6	7	8	9
Личинки одноденок (вкл. <i>Baëtis rodani</i>)	Більше одного виду	–	6	7	8	9
	Тільки один вид	–	5	6	7	8
Личинки ручейників (вкл. <i>Baëtis rodani</i>)	Більше одного виду	–	5	6	7	8
	Тільки один вид	–	4	5	6	7
Гамаруси	Всі вищеназвані види відсутні	3	4	5	6	7
Водяний ослик	Те ж	2	3	4	5	6
Тубіфіциди і (або) (червоні) личинки хірономід	Те ж	1	2	3	4	–
Всі вищеназвані групи відсутні	Можуть бути присутні деякі види, невимогливі до кисню	0	1	2	–	–

У робочій шкалі біотичного індексу (табл. 4.2) використовується найбільш часто зустрічаема послідовність зникнення тварин у міру збільшення забруднення. Для врахування різноманітності фауни запропоновано умовне поняття «група» тварин, під яким для одних тварин розуміються окремі види, для інших груп, що важко визначаються, більш великі таксони. За сумою «груп» і якісним складом тварин визначаються значення біотичного індексу.

Робота зі шкалою починається з визначення позиції в першій графі при русі зверху вниз у міру відсутності в розглядуваній пробі показових організмів. Потім урахується видова різноманітність у показовій групі (друга графа). Після цього за сумою «груп» в останній графі «Біотичний індекс...» перебуває стовпець із відповідним числом «груп» у пробі та у цьому стовпці на перетині з лінією показової групи визначається значення біотичного індексу. Далі по табл. 4.1 оцінюється стан водного середовища донних відкладів.

Для гідробіологічного контролю якості вод використовують також біоіндикатори великих таксонів. Методика Гуднайта й Уїтлея (табл. 4.3) побудована на оцінці стану придонного шару води і донних відкладів по відносній чисельності олігохет (малоцетинкових черв'яків).

Таблиця 4.3 – Оцінка стану водного середовища за методикою Гуднайта і Уїтлея [22]

Стан річки	Добрий	Сумнівний	Сильно забруднений
Олігохети, % від загального числа донних організмів	<60	60–80	>80

Відносна чисельність олігохет як і біотичний індекс використовується в класифікаторі якості вод (табл. 4.1). Існують методики оцінки стану водотоків, засновані на обліку відносної чисельності олігохет і тубіфіцид, а також личинок хірономід, ортокладин і таніподин.

Поряд з викладеними методиками при визначенні якості вод по організмах зообентосу, у деяких випадках використовують метод індикаторних організмів, оснований на системі сапробності. Індекс сапробності можна розрахувати по одній якій-небудь групі організмів, що домінують при даних екологічних умовах.

3.2.3. Оцінка якості вод (за використанням фіто– і зоопланктону)

Під *перифітоном* розуміють угруповання, що живуть на твердому субстраті за межами специфічного придонного шару води. У нього входять як угруповання на предметах, уведених у воду людиною (судна, буї, гідротехнічні споруди й т.п.), так і на природних субстратах: каменях, корчах і макрофітах.

У прісних водоймах до складу перифітону входять бактерії, водорості, найпростіші, коловертки, личинки хірономід, нематоди, олігохети. Рідше зустрічаються моховинки, губки, гриби, молюски та інші групи організмів. Для угруповань перифітону характерна перевага форм організмів, прикріплених до субстрату. Найбільш показове значення має перифітон, що розвивається на предметах, які перебувають у проточних місцях водойми, де неможливі які-небудь випадкові застої брудної або чистої води.

Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють товщу води. Зоопланктон прісних вод представлений в основному найпростішими, коловертками, веслоногими й гілчастовусими раками. Організми зоопланктону в основному – мікроскопічні форми. Залежно від лінійних розмірів прісноводний планктон прийнято ділити на такі групи [22]:

- 1) *мезопланктон* – найбільш великі організми, видні неозброєним оком, їхні розміри досягають декількох міліметрів (циклопи, дафнії й т.п.);
- 2) *мікропланктон* – організми з розмірами від 50 до 1000 мкм (клароцери, копеподи й ін.);
- 3) *нанопланктон* – організми, довжина тіла яких менше 50 мкм;
- 4) *ультраланктон* – у край дрібні організми з довжиною тіла менше 20 мкм.

За типом водойми розрізняють: *евлімнопланктон* – планктони озер; *гелеопланктон* – планктони ставків; *тельмапланктон* – планктон калюж; *кренопланктон* – планктони джерел; *потамопланктон* – планктон річок.

Фітопланктон – мікроскопічні організми, що вільно плавають у товщі води й здійснюють фотосинтез. Угруповання фітопланктону є одним з найважливіших елементів водних екосистем. Асоціації реофільного планктону представлені головним чином діатомовими й зеленими протококковими водоростями. У складі лимнофільних комплексів найбільш масовими, такими, що спричиняють «цвітіння» водойм, є ціанобактерії.

Таблиця 4.4 – Співвідношення значень відносного достатку (обилия) і частоти зустрічальності (встречаемости) організмів [22]

Частота	Кількість екземплярів одного виду, % загальної кількості екземплярів	h
Дуже рідко	<1	1
Рідко	2–3	2
Нерідко	4–10	3
Часто	10–20	5
Дуже часто	20–40	7
Маса	>40	9

Для оцінки якості вод по *перифітону*, *фіто-* і *зоопланктону* використовується *метод індикаторних організмів Пантле й Букка* в модифікації Сладечека [12, 22]. Цей метод заснований на використанні індексу сапробності, що розраховується за формулою:

$$S = \Sigma(sh) / \Sigma h, \quad (4.1)$$

де s – індикаторна значущість виду живих організмів;

h – відносна частота зустрічальності виду.

Індикаторну значущість s визначають для кожного виду по списках сапробних організмів [12, 22]. Частоту зустрічальності h оцінюють за окомірною шкалою (табл. 4.4).

3.2.4. Оцінка якості води за індексами багатства та різноманіття

Структуру угруповань характеризують *індексами багатства і різноманіття* (Маргалєфа, Менхініка, Шенона та інш.) [16, 22].

Індекс видового багатства Маргалєфа визначається за формулою:

$$d = (s - 1) / \ln N, \quad (4.2)$$

де s – число видів;

N – число особин.

Індекс Менхініка розраховується за формулою:

$$d_M = (s - 1) / (N)^{1/2}. \quad (4.3)$$

Формула індексу видового різноманіття Шенона має вигляд:

$$H = - \sum_{i=1}^m (n_i / N) \ln (n_i / N), \quad (4.4)$$

де m – число видів;

n_i – число (біомаса) особин певного виду в одиниці об'єму води;

N – загальне число (біомаса) особин в одиниці об'єму води.

У цілому використання структурних характеристик угруповань (індексів видового багатства або різноманіття) як метода біоіндикації має ряд переваг і недоліків [16, 22].

До переваг слід віднести:

– відносну простоту розрахунку і визначення;

– широкий вибір структурних характеристик.

До недоліків:

– відсутність єдиної загальноприйнятої бальної градації;

– вузький діапазон видів-індикаторів, які використовують для конкретного розрахунку.

Структурні характеристики угруповань зазвичай використовують паралельно із різними біотичними індексами, що дозволяє комплексно відображати якість води, а їх бальна оцінка можлива шляхом порівняння з еталонними створами.

3.2.5. Токсобність вод

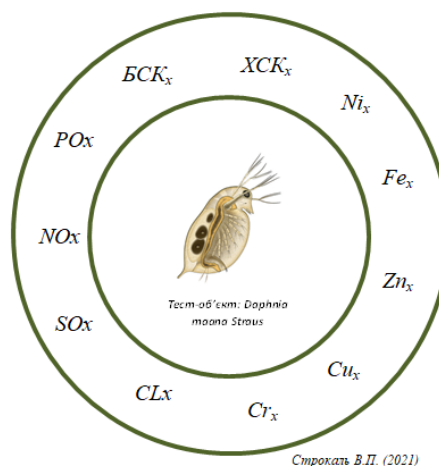
Токсобністю характеризують кількість токсичних речовин у воді, здатних впливати на водну флору й фауну. За вмістом токсичних речовин води можуть бути *оліго-*, *мезо-* та *політоксобними*. *Мезотоксобні* води мають дві підгрупи: *β-мезотоксобні* та *α-мезотоксобні*. Відповідно [19, 22] оцінка токсобності вод виконується по наявності у водному об'єкті видів-індикаторів різної токсобності. Фрагмент довідника, що відноситься до зоопланктону й зообентосу, наведено у табл. 4.5. Відповідно до табл. 4.5, води одержують певний клас токсобності, якщо не порушується відтворення, продуктивність, якість таксономічних груп, які є індикаторами даного класу токсобності, а також всіх груп, розташованих у стовпцях праворуч.

Таблиця 4.5 – Розподіл організмів за токсобністю [19, 22]

Екологічна	Таксономічна	Оліготоксоби	<i>β</i> -мезотоксоби	<i>α</i> -мезотоксоби	Політоксоби
Зоопланктон	Остракоди		Всі види	Всі види	
	Водні кліщі			Всі види	Всі види
	Кладоцера	Дафніди, сідіди, хижачки, кладоцера	Хідориди, босмініди		
	Веслоногі		Каланіди	Циклопоїди	
	Коловратки		Всі, окрім <i>α</i> -мезотоксобів	Бделлаїди	
	Інфузорії			Рухливі форми	Рухливі форми
	Безбарвні джгутикові			Всі види	Всі види
Зообентос	Ракоподібні	Гаммариди, мізиди, корофіїди, річковий рак	Ізопода		
	Харпактіциди		Всі види	Всі види	
	Молюски		Двостулкові	Червононогі	
	Водні комахи	Одноденки	Одноденки, бабки, рученики	Хірономіди, жуки, клопи, мокриці, куліциди	
	Черва		Олігохети	Олігохети, крім політоксобів, п'явки, планарії	Тубіфіциди, лямбріциди, нематоди

3.3. Біотестування водного середовища

- ✚ Загальні положення біотестування вод
- ✚ Біотестування вод на різних етапах технологічного процесу
- ✚ Біотестування вод, що відводяться на біоочистку
- ✚ Біотестування вод, що відводяться у водні об'єкти



3.3.1. Загальні положення біотестування вод

Біотестування – це метод, який дозволяє досліджувати сумісний вплив усіх речовин, що містяться у воді (в т.ч. і забруднювальних), на представників живої природи, які в ній мешкають. Як тест-об'єкти використовують домінуючі та ключові види, найбільш вразливі до різних видів забруднення. Ці організми або вирощують в лабораторних умовах, або беруть із досліджуваного водного об'єкта (району моря) і адаптують до лабораторних умов.

Як правило, тестування природних та стічних вод [6, 22] проводять на різних представниках фіто- і зоопланктону (біотестування донних відкладень, що піддаються антропогенному впливу, проводять на представниках зообентосу):

на дафніях проводять тестування стічних вод, що утворюються на різних етапах технологічного процесу, а також стічних вод іншого походження, які скидаються у водні об'єкти;

на парамеціях проводять тестування стічних вод, що відводяться на очисні споруди;

за допомогою каланусів, акартій та пенілій (а також одноклітинних водоростей) досліджується вплив ґрунтів, що скидаються в районах підводних звалищ у Чорному морі [9], на якість водного середовища.

Перед початком експериментів [6] зазвичай перевіряється придатність організмів для тестування з допомогою **еталонної речовини** (речовини з відомою токсичністю). Як еталонна речовина для культури дафній використовується $K_2Cr_2O_7$, для культури парамецій – $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Придатність дафній для тестування [6] проводять шляхом визначення середньої летальної концентрації розчину $K_2Cr_2O_7$ за 24 години (LC_{50-24}).

Готують розчин $K_2Cr_2O_7$ на дистильованій воді з концентрацією 1 г/дм^3 . Із нього методом розводження, використовуючи дехлоровану питну воду, готують серію розчинів з концентраціями від $0,5$ до $3,0 \text{ мг/дм}^3$ з інте-рвалом $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

Біотестування розчинів проводять протягом 24 годин. Через 24 години для кожного розчину з відомою концентрацією $K_2Cr_2O_7$ розраховують відносну кількість загинлих дафній (A) за формулою:

$$A = 100 (X_K - X_D) / X_K, \quad (4.5)$$

де A – кількість загиблих дафній, %;
 X_K – середнє арифметичне значення кількості живих дафній у контролі;
 X_D – середнє арифметичне значення кількості живих дафній у досліджуваній воді.

Далі пробіт–методом визначають LC_{50-24} . Якщо LC_{50-24} перебуває у діапазоні 1,0–2,5 мг/дм³, то культура дафній придатна для тестування.

Придатність культури парамецій для біотестування проводять шляхом [6] визначення середньої летальної концентрації розчину $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ за 1 годину (LC_{50-1}).

Виготовляють розчин $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ на дистильованій воді з концентрацією 1 мг/дм³. Із нього методом розводження готують серію розчинів з концентраціями від 0,5 до 2,0 мг/дм³ з інтервалом 0,5 мг/дм³, використовуючи дехлоровану питну воду.

Тестування розчинів проводять протягом 1 години. Через 1 годину для кожного розчину розраховують показник A за формулою:

$$A = 100 X_2 / X_1, \quad (4.6)$$

де A – кількість загиблих парамецій, %;
 X_1 та X_2 – середнє арифметичне значення кількості живих парамецій на початку тестування і загиблих парамецій наприкінці тестування, шт.

Далі за допомогою пробіт–методу оцінюють LC_{50-1} . Якщо LC_{50-1} знаходиться у діапазоні 1,0–1,5 мг/дм³ – культура парамецій придатна для тестування.

При перевірці придатності організмів для тестування, а також частоу процесі обробки результатів тестування необхідно визначити концентрацію (кратність розводження) речовин у водному середовищі, за якої значення (змінення) показника реагування організмів становить 50%. Для цього обробку даних проводять, використовуючи [9, 22] відомий в біометрії **пробіт–аналіз**.

Концентрації (кратності розводження) речовини переводять у десяткові логарифми, а значення показника реагування, що їм відповідають – у пробіти (табл. 4.6). Одержані дані наносять на графік, відкладаючи на осі абсцис логарифми значень концентрації речовини, а на осі ординат – пробіти, що їм відповідають. По точках проводять пряму лінію. Ця пряма дозволяє визначити LC_{50} (пробіт = 5), тобто концентрацію, за якої значення показника реагування дорівнює 50%.

Після виконання підготовчих робіт *приступають до біотестування*, яке полягає в тому, що в хімічні посудини з досліджуваною та контрольною водою поміщують тест-об'єкти і слідкують за їх реакцією. Звичайно експеримент проводять з трикратною повторюваністю, тобто готують 3 ємності з контрольною водою і по 3 ємності для досліджуваної води і кожного її розводження, якщо такі необхідні. Умови тестування (температура води, вміст кисню, освітлення і т.д.) повинні бути оптимальними для життєдіяльності організмів.

Таблиця 4.6 – Переведення відсотків летальних наслідків у пробіти [9, 22]

A, %	Десяті частки, %									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2,67	2,71	2,74	2,77	2,80	2,83	2,86	2,88	2,90	2,93
2	2,95	2,97	2,99	3,00	3,02	3,04	3,06	3,07	3,09	3,10
3	3,12	3,13	3,15	3,16	3,18	3,19	3,20	3,21	3,23	3,24
4	3,25	3,26	3,27	3,28	3,29	3,30	3,32	3,33	3,34	3,35
5	3,36	3,36	3,37	3,38	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44
6	3,45	3,45	3,46	3,47	3,48	3,49	3,50	3,50	3,51	3,52
7	3,52	3,53	3,54	3,55	3,55	3,56	3,57	3,57	3,58	3,59
8	3,59	3,60	3,61	3,61	3,62	3,63	3,63	3,64	3,65	3,65
9	3,66	3,67	3,68	3,68	3,69	3,70	3,70	3,70	3,71	3,71
A, %	Одиниці									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Тривалість експерименту становить не більше 96 годин. Стан водного середовища оцінюють за порушенням життєдіяльності тест-об'єктів. Індикація цих порушень здійснюється за такими ознаками: смертність у зоопланктону і швидкість споживання радіоактивного вуглецю (радіовуглеводний метод) у одноклітинних водоростей.

Після закінчення експерименту результати підлягають статистичній обробці. Якщо середні значення показника реагування організмів (кількість загиблих організмів (%) або зниження швидкості споживання радіоактивного вуглецю (%) у контрольному та досліджуваному середовищах) відрізняються мало, то перевіряють статистичну значущість [9] відмінності експериментальних даних по цих середовищах, використовуючи критерій Стьюдента:

$$t_p = |X_{СЕРД} - X_{СЕРК}| / (\sqrt{(D_D + D_K) / n}), \quad (4.7)$$

$$X_{СЕР} = (\sum X_i) / n, \quad D = (\sum (X_i - X_{СЕР})^2) / (n - 1),$$

де $X_{СЕРД}$ і $X_{СЕРК}$ – середнє значення показника в досліджуваному та контрольному середовищах;

D_D і D_K – дисперсія значень показника для досліджуваного та контрольного середовищ;

n – повторюваність у експерименті. Перевірку можна виконати подвійно.

а) Розраховують значення критерію (t_p) за формулою (4.7), використовуючи експериментальні дані, і порівнюють з табличним значенням

при ймовірності 0,95 і степені вільності $(n - 1)$. Для трикратної повторності табличне значення критерію дорівнює 2,92.

Якщо $t_p > 2,92$, то розходження середніх значень показника у досліджуваному середовищі і у контролі вважається статистично значущим. У цьому випадку результат використовують у подальшій статистичній обробці. При $t_p < 2,92$ відхилення не є статистично значущим. Результат експерименту не використовується у подальшій статистичній обробці.

б) Визначається абсолютне ΔX_p різниці X_D і X_K : $\Delta X_p = |X_D - X_K|$.

Використавши формулу (4.7), визначають, яке відхилення відповідає табличному значенню t_T -критерію:

$$\Delta X = t_T \sqrt{(D_D + D_K) / n} = 2,92 \sqrt{(D_D + D_K) / n}. \quad (4.8)$$

Якщо $\Delta X_p > \Delta X$, відхилення статистично значуще. У протилежному випадку – незначуще.

Межі 95-відсоткового інтервалу [9] – праву ($LC_{50П}$) і ліву ($LC_{50Л}$) визначають за формулами:

$$LC_{50П} = LC_{50} * F(LC_{50}), \quad LC_{50Л} = LC_{50} / F(LC_{50}), \quad (4.9)$$

$$F(LC_{50}) = S^{2,77 / \sqrt{N'}}, \quad (4.10)$$

$$S = 0,5 [(LC_{84} / LC_{50}) + (LC_{50} / LC_{16})], \quad (4.11)$$

де LC_{16} і LC_{84} – концентрації, за яких значення показника реагування дорівнюють 16 і 84%;

N' – загальна кількість організмів, які використовуються при тестуванні і які попали до інтервалу LC_{16} і LC_{84} .

3.3.2. Біотестування вод на різних етапах технологічного процесу

Метою тестування [6, 22] є визначення найбільш токсичних стічних вод, що утворилися на різних етапах технологічного процесу, для вжиття необхідних заходів щодо зменшення їх токсичності, а також запобігання зменшенню ефективності біологічного очищення стічних вод, які відводяться з підприємства.

Для виявлення, зіставлення та контролю токсичності стічних вод на різних етапах технологічного процесу використовуються дафнії (*Daphnia magna* Straus).

Метод біотестування засновується на визначенні відносної кількості загиблих дафній у воді, яка аналізується, порівняно з контрольною водою (контролем).

Ступінь токсичності стічної води оцінюється тривалістю періоду часу (але не більше 96 годин), протягом якого проявляється гостра летальна

токсичність. Чим менший період часу, протягом якого гине не менше 50% дафній, тим більш токсична вода (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Класифікація гострої летальної токсичності стічних вод на різних етапах технологічного процесу [22]

Клас токсичності	Характеристика стічної води	Час завершення біотестування, год	Кількість загиблих дафній, %
1	не виявляє гострої летальної токсичності	96	< 50
2	слаботоксична	96	≥ 50
3	помірно токсична	48	–“–
4	середньо токсична	24	–“–
5	високотоксична	6	–“–
6	надзвичайно токсична	1	–“–

Для біотестування використовуються дафнії віком до 24 годин. Середня летальна концентрація двохромовоокислого калію для культури дафній за 24 години ($LC_{50-24} K_2Cr_2O_7$) повинна перебувати у діапазоні 1,0–2,5 мг/дм³.

Тестування проводять у приміщенні без шкідливої пари та газів при розсіяному освітленні, температура води 18–22° С, концентрація O₂ у воді на початку тестування повинна становити не менш як 6 мг/дм³, наприкінці – не менш як 2 мг/дм³. Кількість загиблих дафній у контролі після закінчення тестування повинна бути не більше 10% від їх початкової кількості. Для контролю використовують дехлоровану питну воду.

Проби досліджуваної та контрольної води наливають у спеціально призначений хімічний посуд об'ємом 100 см³. Усього заповнюють по 3 досліджуваних і контрольних ємності. У кожній із досліджуваних і контрольних ємностей розміщують по 10 екземплярів дафній. Їх переносять за допомогою скляної трубки діаметром 5–7 мм.

Через 1, 6, 24, 48 та 96 годин з початку біотестування у кожній із досліджуваних і контрольних ємностей візуально підраховують кількість живих дафній, які вільно переміщуються у товщі води або спливають із дна ємності не пізніше, ніж через 15 секунд після її струшування. Решту дафній вважають такими, що загинули. Якщо в будь-який із моментів спостереження у досліджуваних ємностях гине не менше 50% дафній, тестування завершують.

Відносну кількість загиблих дафній розраховують за формулою (4.5) Висновок про наявність або відсутність гострої летальної токсичності

проби стічної води виконують відповідно до величини A : при $A \geq 50\%$ вважається, що проба води проявляє гостру летальну токсичність; при $A < 50\%$ – не проявляє. Клас токсичності встановлюють за тривалістю періоду часу, коли проявилася гостра летальна токсичність (табл. 4.7).

Форму подання результатів тестування наведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – ПРОТОКОЛ
виявлення на дафніях гострої летальної токсичності проб води

Назва підприємства _____
Місце відбору проби _____
Дата і час відбору проби _____
Дата і час початку тестування _____
 $LC_{50}-24 K_2Cr_2O_7$

Ємності	Повторність	Час тестування, год	Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	Кількість живих дафній, шт.	Середня арифметична кількість живих дафній, шт.	A, %
Контрольні	1					
	2					
	3					
Досліджувані	1					
	2					
	3					

Висновок про токсичність проби стічної води: _____
Клас токсичності _____

3.3.3. Біотестування вод, що відводяться на біочистку

Для виявлення та контролю гострої летальної токсичності стічних вод, що відводяться [6, 22] на біологічні очисні споруди, використовують парамеції (*Paramecium caudatum Ehrenberg*).

Метод біотестування засновано на визначенні відносної кількості загиблих парамецій у воді, яку аналізують, наприкінці тестування та на початку.

Критерієм токсичності води є прояв гострої летальної токсичності за 1 годину тестування (загибель не менш як 50% парамецій).

Для біотестування використовується лабораторна культура парамецій. $LC_{50}-1$ міді сірчаної кислоти п'ятиводної ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) для культури парамецій повинна знаходитись у діапазоні 1,0–1,5 мг/дм³.

На предметному столику стереомікроскопа розміщують пластинку з ямками. У 6 ямках піпеткою розміщують по 10–11 парамецій. При цьому у ямках об'єм перенесеної рідини з парамеціями повинен бути не більше за 0,02 см³.

Після розсадки парамецій у 3 контрольні ямки наливають по 0,3 см³ дехлорованої питної води, в інші 3 – по 0,3 см³ досліджуваної води. Пластинку поміщують у чашку Петрі. За годину у трьох досліджуваних ямках визначають середню арифметичну кількість загиблих організмів (A) згідно з формулою (4.6).

Якщо $A > 50\%$, вважають, що проба проявляє гостру летальну токсичність. Така вода не є безпечною для біоценозу активного мулу і здатна вплинути негативно на процес очищення. Потрібно вжити заходів щодо зниження її токсичності.

Форму подання результатів тестування наведено у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – ПРОТОКОЛ
виявлення на парамеціях гострої летальної токсичності проби стічної води

Назва підприємства _____
 Місце відбору проби _____
 Дата і час відбору проби _____
 Дата і час початку тестування _____
 $LC_{50}-1 \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Ємності	Повтор-ність	Кількість парамецій		Середньоарифметична кількість парамецій		A, %
		живих на початку тестування	загиблих наприкінці тестування	живих на початку тестування	загиблих наприкінці тестування	
Дослід-жувані	1					
	2					
	3					

Висновок про токсичність проби стічної води: _____

3.3.4. Біотестування вод, що відводяться у водні об'єкти

Метою тестування є визначення кратності розводження (N) стічної води, за якої у цій воді буде забезпечено 100% виживання тест-об'єктів за період часу 96 годин (буде відсутня хронічна токсичність).

Згідно до існуючих рибогосподарських норм стічна вода у контрольному створі не повинна проявляти хронічну токсичність, а біля скиду – гостру летальну токсичність.

Якщо при розрахункових [3, 22] гідрологічних умовах кратність розводження стічних вод (n) у контрольному створі водного об'єкта, що розглядається, більша або дорівнює N ($n \geq N$), то можна стверджувати, що стічні води на контрольній відстані від місця їх скиду стають нетоксичними (не виявляють хронічну токсичність). У протилежному випадку ($n < N$) стічні води у контрольному створі будуть мати токсичні властивості.

Ступінь токсичності стічної води оцінюється по різниці поміж N та n . У згаданій інструкції ця різниця зазначена як необхідна кратність розводження (НКР) стічної води. Вона визначається як середнє арифметичне значення ряду спостережень і прирівнюється до фактичної токсичності.

Характеристику токсичності стічної води наведено у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Класифікація токсичності стічних вод

Клас токсичності	Характеристика стічної води	Значення необхідної кратності розводження
1	нетоксична	≤ 0
2	слабко токсична	$0 < - \leq 2$
3	помірно токсична	$2 < - \leq 5$
4	середньо токсична	$5 < - \leq 10$
5	високотоксична	$10 < - \leq 25$
6	надзвичайно токсична	> 25

Слід зазначити, що *необхідною кратністю розводження* правильніше було б назвати N (якщо вода токсична, необхідне N -кратне розводження, щоб вона стала нетоксичною), а різницю $(N-n)$ – *фактичною токсичністю* стічної води у контрольному створі. Це більшою мірою буде відповідати фізичному значенню розглядуваних величин (авт.).

При встановленні N користуються методикою виявлення гострої летальної токсичності, критерієм якої є загибель 50% і більше тест-об'єктів у воді, що аналізується, порівняно з контрольною водою (контролем) при тривалості тестування 96 годин.

Біотестування проб води рекомендується проводити одразу або не пізніше, як через 6 годин після їх відбирання. Якщо зазначені строки не витримуються, то воду зберігають при температурі 4°C не більше 72-х годин.

Як тест-об'єкт використовують лабораторну культуру дафній (*Daphnia magna Straus*). Перевірка придатності дафній до тестування і умови тестування такі ж, як і були викладені раніше.

Для виявлення гострої летальної токсичності стічних вод тестують нерозведені проби і їх розчини з різною кратністю розводження (Kp), для чого використовують дехлоровану питну воду. Кількість розводжень повинна бути не менше п'яти.

У три ємності заливають по 100 мл дехлорованої питної води (контроль). Аналогічно заповнюють по 3 ємності нерозведеною стічною водою і її розчинами. Після цього в усіх ємностях розміщують по 10 екземплярів дафній.

Через 96 годин підраховують середню арифметичну кількість живих дафній у контролі, у досліджуваній стічній воді та її розчинах. Кількість загинувших дафній у контролі повинна бути не більша за 10%. За формулою (4.5) визначають значення A_i для кожної кратності розводження стічної води Kp_i . За допомогою цих даних пробіт-методом оцінюють середню летальну кратність розводження (LKp_{50}).

Кратність розводження [6] N визначають з урахуванням поправки

$$N = k LKp_{50}, \quad (4.12)$$

де k – коефіцієнт забезпечення виживаємості тест-об'єктів на рівні 100% (тимчасово встановлене значення складає 2).

Значення необхідної кратності розводження для одного спостереження ($HKPC$) визначають за формулою

$$HKPC = N - n, \quad (4.13)$$

де n – розрахункова кратність розводження у контрольному створі (значення n береться не більше 10, що забезпечує усунення скидів стічних вод з високими показниками токсичності, незалежно від здатності водних об'єктів до розводження).

Таблиця 4.11 – ПРОТОКОЛ
виявлення на дафніях гострої летальної токсичності проби стічної води,
яка скидається у водний об'єкт

Назва підприємства _____
 Місце відбору проби _____
 Водний об'єкт (приймач) _____
 Дата і час відбору проби _____
 Дата і час початку тестування _____
 $LC_{50-24} K_2Cr_2O_7$

Ємності (кратність K_p)	Пов- тор- ність	Час тес- тування, год	Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	Кількість живих дафній	Середня арифметична кількість живих дафній	A %	$\frac{LnK_p}{\text{пробіт}}$
Контрольні	1						–
	2						–
	3						–
(1)	1						0
	2						–
	3						–
(5)	1						1,61
	2						–
	3						–

Висновок про токсичність проби стічної води: _____
 Клас токсичності _____

Необхідна кратність розводження ($НКР$) визначається як середнє арифметичне значення ряду спостережень $НКРС$. Отримане значення дорівнює фактичній токсичності (ΦT).

Тимчасово узгоджена токсичність ($ТУТ$) дорівнює ΦT , якщо $\Phi T < 0$, у решті випадків – найменшому значенню ряду $НКРС$.

Гранично допустима токсичність ($ГДТ$) води дорівнює ΦT , якщо ΦT менше 0, або дорівнює 0, якщо $\Phi T > 0$.

Класи токсичності показників ΦT і $ТУТ$ визначаються у відповідності з табл. 4.10.

За матеріалами досліджень складається пояснювальна записка, яка містить протокол біотестування (табл. 4.11), графік визначення LKp_{50} і розрахунки необхідних показників.

Список літератури

1. Владимиров А.М. и др. Охрана окружающей среды. – Л: Гидрометеиздат, 1991. – 424 с.
2. Збірник методичних вказівок з дисципліни «Методи оцінки якості природних вод» для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища»/ Юрасов С.М.– Одеса: ОДЕКУ, 2005.– 86 с.
3. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти зі зворотними водами: Затв. наказом Мін. охорони навколишнього природного середовища України 15.12.94 р № 116. – К., 1994. – 79 с

4. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения. – М., 1988.
5. Матеріали семінару «Основи природоохоронного законодавства України та Європейського співтовариства: водні ресурси». – К.: Державний інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезпеки України, травень 1997 р.
6. Методичні вказівки по контролю токсичності промислових стічних вод на різних етапах технологічного процесу. РД 211.1.7.049–96. – К.: Мін. охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, 1996. – 23 с.
7. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д.Романенко, В.М. Жукинський, О.П.Оксінюк та ін. – К.: Символ – Т, 1998. – 28 с.
8. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Под ред. проф. А.В. Караушева. Изд. 2-ое. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 285 с.
9. Руководство по организации наблюдений, проведению работ и выдаче разрешений на сброс отходов в море с целью захоронения. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 64 с.
10. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2003. – 248 с.
11. Экология города: Учебник. Под общей ред. проф. Стольберга Ф.В. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
12. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. канд. биол. наук В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
13. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод.– К.: Ніка. Центр, 2001. – 262 с.
14. Юрасов С.М., Кур'янова С.О., Юрасов М.С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення // Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал / Голов. ред. С.М.Степаненко. – Одеса: Вид. «ТЕС», 2009. – № 5 – С. 42–53.
15. Килимник О.М. Методичне керівництво з польової екогідрохімії. – Одеса, ОДЕКУ, 2008. – 210 с.
16. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
17. СанПиН № 4330–88. Санитарные нормы и правила охраны поверхностных вод от загрязнения. – Москва – 1988.
18. СанПиН № 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
19. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – Утвержден приказом Госкомрыболовства России от 28.04.99 N 96.
20. ГОСТ 17.1.2.04–77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1977.

21. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
22. Юрасов С.М. Методи оцінки якості природних вод: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с. file:///C:/Users/home/Downloads/UrasovS%D0%9C_Ocinka_yacosty_vod_KL_2011.pdf
23. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Докацентр, 2018. – 94 с. https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2019/la_19_03_ms.pdf

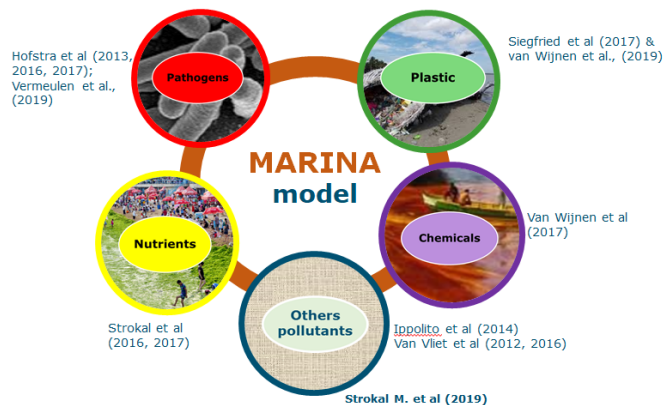
Питання для контролю рівня знань

1. Опишіть загальний процес біотестування вод
2. Назвіть основні складові біотестування вод та тест-об'єкти, які можуть бути використані як біотест
3. Опишіть механізм біотестування вод, що відводяться на біоочистку
4. Опишіть механізм біотестування вод, що відводяться у водні об'єкти
5. Що собою являє «гідробіологічний аналіз поверхневих вод»? Надайте визначення та поясніть сутність проведення аналізу.
6. Опишіть процес проведення оцінювання якості вод по макрозообентосу
7. Опишіть процес проведення оцінювання за використанням фіто– і зоопланктону
8. Опишіть процес проведення оцінювання за індексами багатства та різноманіття
9. Індекс забруднення вод (ІЗВ): основні показники що входять до даної методики та специфіка обрахунків
10. З якою метою використовуємо «комплексний індекс забруднення вод (КІЗ)»?
11. Як обраховуємо «комплексний показник екологічного стану (КПЕС)»?
12. Опишіть основні три складові узагальненого екологічного індексу I_E . Яка основна мета використання індексу I_E в оцінюванні якості води?
13. Узагальнений індекс стану вод I_{CB} : основна мета, приклади розрахунків.
14. Трофічний індекс (TRIX): основна мета, приклади розрахунків.
15. Індекс якості води (WQI): основна мета, приклади розрахунків.
16. Обґрунтуйте індекси (індикатори) оцінювання якості водних ресурсів, що базуються на кількісному аналізі
17. Обґрунтуйте індекси (індикатори) оцінювання якості водних ресурсів, що базуються на якісному аналізі
18. Обґрунтуйте індекси (індикатори) оцінювання якості водних ресурсів, що базуються на аналізі макрозообентосу
19. Обґрунтуйте індекси (індикатори) оцінювання якості водних ресурсів, що базуються на аналізі видовому різноманіттю донних безхребетних
20. Обґрунтуйте індекси (індикатори) оцінювання якості водних ресурсів, що поєднують якість води та її кількість для певного виду користування

Розділ 4. Прогноз стану поверхневих вод та сценарії змін стану водних ресурсів за впливу різних антропогенних чинників

4.1. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок забруднення мікропластиком

4.2. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок транспорту поживних речовин річками



4.1. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок забруднення мікропластиком

Оригінальна модель MARINA-Global (*Strokal et al 2021a*) [1] кількісно оцінює щорічні надходження мікропластику, патогена, поживних речовин і триклозану в річки з каналізаційних систем у 10,226 суббасейнах. Модель може бути застосована для 107 суббасейнів, що впадають у Чорне море (приклад наведено на рисунку 4.1). Основна увага приділяється річному експорту мікропластику за джерелами та суббасейнами за період 2010-2050 років. У даній моделі розглядаються точкові та дифузні джерела. Точковими джерелами є каналізаційні системи, які скидають у річки мікропластик із РСР, шин для догляду, побутового пилу та волокон. Дифузними джерелами є мікропластик у річках від деградації макропласту та необроблених відходів на суші. Річковий експорт мікропластику розраховується з 107 суббасейнів з використанням узгоджених наборів даних у часі та просторі.

Для цього оригінальна модель MARINA-Global (*Strokal et al 2021a*) [1] для Чорного моря покращена в чотирьох аспектах. По-перше, підхід до моделювання для мікропластику оновлено включно з відсутніми джерелами. Оригінальна модель MARINA-Global включала лише точкові джерела мікропластику в річках, це системи каналізації (*Strokal et al 2021a*) [1]. Дифузні джерела додаються до моделі шляхом коригування підходу до моделювання, розробленого *van Wijnen et al (2019)* до 107 суббасейнів. Мікропластик в річках з дифузних джерел утворюється в результаті неочищених відходів на суші (для волокон білизни та РСР) і деградації макропласту. По-друге, для точкових джерел норми споживання мікропластика оновлюються для зносу автомобільних шин, волокон білизни та РСР за даними *van Wijnen et al (2019 [2])*. По-третє, гідрологія та утримання мікропластику в річках додаються до моделі шляхом коригування підходу до моделювання *van Wijnen et al (2019) [2]* до 107 суббасейнів. Це дозволяє нам врахувати вплив зміни клімату. По-четверте, нові сценарії, розроблені на основі новітніх соціально-економічних

шляхів (SSP) для урбанізації та поводження з пластиковими відходами та репрезентативних концентраційних шляхів (RCP) для гідрології. Оригінальна модель MARINA-Global також була заснована на SSP, але не специфічна для Чорного моря. Один із сценаріїв SSP змінено як базовий для Чорного моря. Оригінальний MARINA-Global не розглядає утримання та гідрологію річкового мікропластика. Нижче надається характеристика моделі для Чорного моря.

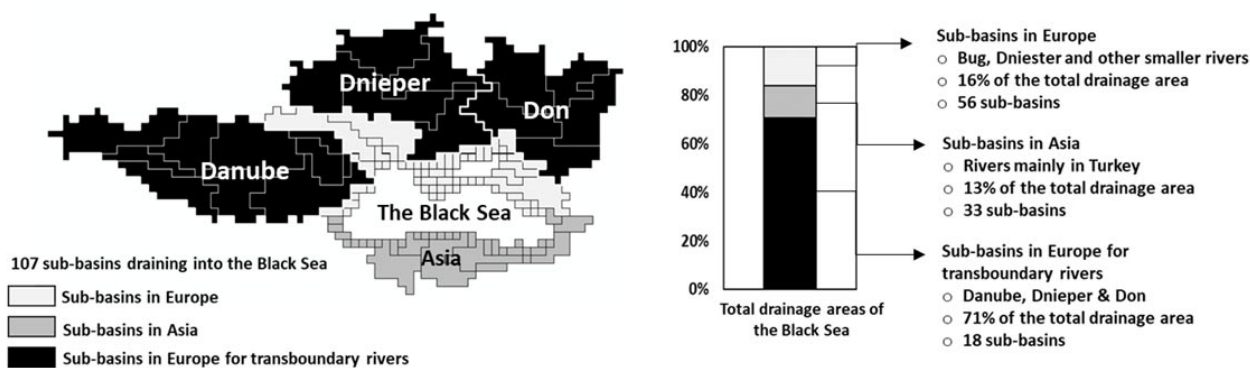


Рис. 4.1. Приклад застосування Моделі MARINA-Global для суб-басейнів

Ми розробляємо п'ять сценаріїв: S_{BL} , S_{WWTP} , S_{CONS} , S_{COLL} і S_{OPT} . S_{BL} – це базовий сценарій. S_{BL} передбачає соціально-економічний розвиток та урбанізацію відповідно до Спільного соціально-економічного напрямку розвитку (Strokal et al 2021a) [1]: високі темпи економічного зростання та урбанізації. Валовий внутрішній продукт (ВВП) у басейні Чорного моря зросте на 142% у період з 2010 по 2050 рік; за прогнозами, у 2050 році в басейні Чорного моря буде проживати 180 мільйонів людей, це трохи нижче, ніж у 2010 році (190 млн осіб), близько двох третин населення у 2050 році проживатимуть у містах (Strokal et al 2021a) [1]; відповідно до моделі можна припустити, що щонайменше 75% населення має каналізаційні підключення; очищення стічних вод значно не покращиться, і, таким чином, коефіцієнт видалення залишиться на рівні 2010 року (від 0,5 до 0,95 для 107 суббасейнів (Strokal et al 2021a) [1]). Як результат за даним сценарієм, передбачається, що виробництво пластикових відходів на душу населення зросте на 15% протягом 2010-2050 років для всіх суббасейнів, за винятком азіатських суббасейнів (розташованих у Туреччині та Грузії) і верхнього суббасейну Дунаю. Для азіатських суббасейнів це збільшення становить 106%. Для верхнього течії Дунаю це 16%. Споживання на душу населення мікропластику у волокнах для білизни, РСП, побутовому пилу та зношеності автомобільних шин залишиться як у 2010 році. Управління відходами, включаючи рівень збору, також буде таким, як у 2010 році, відповідно до поточних подій.

Сценарії S_{WWTP} , S_{CONS} , S_{COLL} і S_{OPT} слідує соціально-економічному розвитку та урбанізації, як і в S_{BL} , але мають реалізацію різних варіантів скорочення. У цих сценаріях досягнення Цілі 6 сталого розвитку (чиста вода) є важливим. У сценарії S_{WWTP} люди зосереджуватимуться на зменшенні забруднення, роблячи міста більш стійкими, таким чином також сприяючи

досягненню ЦСР 11 (стійкі міста). Будуть докладені зусилля для покращення очищення стічних вод шляхом впровадження передових технологій (*Liu et al 2021 [9]; Talvitie et al 2017 [10]*). За сценарієм можемо припустити, що очищення стічних вод у 2050 році видалить щонайменше 95% мікропластику з людських відходів у всіх суббасейнах Чорного моря. Приклади передових технологій наведено у *Liu et al (2021) [9]*. Передовими технологіями є варіантами скорочення викидів на кінці труби що впливатимуть на скорочення мікропластику з точкових джерел (стічних систем) у річках.

У сценарії S_{CONS} люди зосереджуватимуться на зменшенні забруднення (ЦСР 6) за рахунок сталого споживання та виробництва пластмас. Це також підтримає ЦСР 12 (відповідальне споживання та виробництво). Люди докладатимуть усіх зусиль, щоб досягти «цілей без забруднення». Ці цілі були нещодавно введені в Європі та мають на меті сприяти нульовому забрудненню в майбутньому (Європейська комісія 2021). Однією з цілей є зниження виробництва пластикових відходів на 50% (*Європейська комісія 2021*). За цим сценарієм можемо припустити, що люди будуть використовувати продукти без пластику що сприятиме зменшенню пластикових відходів у всьому басейні Чорного моря (*Jalaluddin 2017 [6]; Kettenmann 2016 [7]; Nasr et al 2020 [8]*). Таким чином, ми припускаємо зниження виробництва або споживання (мікро)пластику на душу населення на 50% для всіх суббасейнів протягом 2010-2050 років. Цей варіант спрямований на зменшення мікропластику в джерелі, перш ніж досягти річок. Це вплине на зменшення мікропластику з точкових і дифузних джерел.

У сценарії S_{COLL} люди зосередяться на зменшенні забруднення моря шляхом покращення та збільшення збору пластикових відходів. Будуть докладені зусилля щодо переробки пластику та уникнення погано оброблених зібраних відходів відповідно до європейських амбіцій (*EEA 2019*) [4]. Будуть впроваджені інноваційні системи збору, що сприятиме досягненню ЦСР 9 (інновації та інфраструктура). В результаті рівень збору становитиме щонайменше 90% у всіх суббасейнах. З усіма відходами поводитися безпечно (нуль неправильного поводження). Це варіанти скорочення на кінці труби, що впливають на відновлення мікропластику з дифузних джерел.

Сценарій S_{OPT} передбачає оптимістичне майбутнє. Люди інвестуватимуть у варіанти скорочення забруднення, спрямовані на нульове забруднення. Це сприятиме досягненню SDG 6 (чиста вода) шляхом покращення очищення стічних вод (S_{WWTP} , SDG11), скорочення виробництва та споживання (мікро)пластику (S_{CONS} , SDG12), інноваційних систем збору та збільшення їх ставок для пластмас, щоб уникнути неправильного управління відходами (S_{COLL} , ЦУР9). У цьому майбутньому важливі «цілі нульового забруднення» Європейського Союзу (*EEA 2019; 2020*) [4-5]. Це оптимістичне майбутнє поєднує варіанти скорочення на джерелі (S_{CONS}) і на кінці труби у всіх суббасейнах (S_{WWTP} , S_{COLL}). Таким чином, мікропластик буде зменшуватися як від дифузних, так і від точкових джерел.

Таким чином, використовуючи модель MARINA-Global (*Strokal et al 2021a*) [1] ми можемо розробити сценарії розвитку водної екосистеми, та на

основі її спрогнозувати зміни які можуть відбутися в часі та в динаміці. Важливою складовою частиною моделі є те, що її можна застосувати для річок у розрізі басейнів та суб-басейнів. Також модель може нам показати оптимістичні прогнози та песимістичні прогнози, які будуть базуватися на розвитку різних соціальних, економічних та екологічних умовах країни.

Приклади наведені в додатку

Список літератури

1. Stokal M, Bai Z, Franssen W, Nynke H, Koelmans AA, Ludwig F, Ma L, van Puijenbroek P, Spanier JE, Vermeulen LC, van Vliet MTH, van Wijnen J, Kroeze C (2021a) Urbanization: an increasing source of multiple pollutants to rivers in the 21st century. *Urban Sustainability* 1, 24.
2. van Wijnen J, Ragas AMJ, Kroeze C (2019) Modelling global river export of microplastics to the marine environment: Sources and future trends. *Science of the Total Environment* 673, 392-401.
3. Stokal, M., et al. (2016). "The MARINA model (Model to Assess River Inputs of Nutrients to seAs): Model description and results for China." *Science of the Total Environment* 562: 869-888.
4. EEA (2019) Preventing plastic waste in Europe. European Environment Agency (EEA), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 62pp.
5. EEA (2020) Emerging Challenges of Waste Management in Europe: Limits of Recycling European Environment Agency (EEA), Trinomics, No EEA/HSR/19/003, Rotterdam, the Netherlands, 83pp.
6. Jalaluddin M (2017) Use of plastic waste in civil constructions and innovative decorative material (eco-friendly). *MOJ Civil Engineering* 3, 01-10
7. Kettenmann S (2016) Nationwide Ban on Plastic Microbeads in Cosmetics. *Nat. Resources & Env't* 31, 58.
8. Nasr MS, Shubbar AA, Abed ZA-AR, Ibrahim MS (2020) Properties of eco-friendly cement mortar contained recycled materials from different sources. *Journal of Building Engineering* 31, 101444.
9. Jiang X, Lu K, Tunnell JW, Liu Z (2021) The impacts of weathering on concentration and bioaccessibility of organic pollutants associated with plastic pellets (nurdles) in coastal environments. *Marine pollution bulletin* 170, 112592.
10. Talvitie J, Mikola A, Koistinen A, Setälä O (2017) Solutions to microplastic pollution—Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water research* 123, 401-407.

4.2. Розробка моделі та прогноз стану змін якості водних ресурсів за рахунок транспорту поживних речовин річками

Модель «*MARINA Nutrient Model*» [1] дозволяє спрогнозувати рівень надходження поживних речовин річками до морів та океанів. Дана модель інтегрувала існуючі підходи до моделювання та джерела інформації в нову модель оцінки надходження поживних речовин із річок у моря (MARINA). Модель поживних речовин MARINA кількісно оцінює річну кількість поживних речовин в суббасейновому масштабі.

Для розробки даної модулі була використана модель *Global NEWS-2* (Mayorga et al., 2010) [2] як основа. Модель поживних речовин може дати кількісну оцінку надходження поживних речовин з урахуванням скидів гною у річки. Також модель враховує людські відходи від непідключених стічних вод.

Модель поживних речовин MARINA кількісно оцінює річковий експорт N і P у співвідношенні неорганічних (DIN, DIP) та органічних (DON, DOP) форм за 1970, 2000 та 2050 рр. за суббасейновими. Кількість поживних речовин, що експортуються річками, залежить від діяльності людини на землі (наприклад, сільське господарство, стічні води), гідрології та характеристик басейну (наприклад, землекористування). Важливими факторами є утримання та втрати поживних речовин у ґрунтах та річках, а також відстань поживних речовин до гирла річки (прибережні води).

Модель поживних речовин MARINA кількісно оцінює експорт поживних речовин з річки в три етапи. Спочатку кількісно визначають надходження поживних речовин з дифузних або точкових джерел у поверхневі води. По-друге, кількісно оцінюється річковий експорт поживних речовин до виходу кожного суббасейну. По-третє, кількісно визначається експорт поживних речовин із вихідних отворів суббасейну в гирла річок (точка, де поживні речовини скидаються в море).

Крок 1: кількісна оцінка $RSF_{y,j}$ ($RSdiff_{y,j}$ і $RSpntF_{y,j}$).

Дифузні джерела ($RSdiff_{y,j}$) поживних речовин у річках включають використання синтетичних добрив, гною та людських екскрементів у сільському господарстві (для DIN, DIP, DON та DOP), атмосферне осадження N на сільськогосподарських та несільськогосподарських площах (для DIN), біологічна N_2 - за рахунок сільськогосподарських культур (наприклад, бобові) та природної рослинності (для DIN), вивітрювання P-вмісних мінералів (для DIP) та вимивання органічної речовини із сільськогосподарських та несільськогосподарських ґрунтів (для DON та DOP).

Точкові джерела ($RSpntF_{y,j}$) поживних речовин у річках включають стічні води з екскреції людини (для DIN, DIP, DON та DIP) та мийних засобів (для DIP та DOP), а також прямі скиди гною та людських виділень (не підключені до систем каналізації) до поверхневих вод (для DIN, DIP, DON та DOP). Цією моделлю ми можемо також кількісно оцінити надходження гною з точкових джерел і прямий скид людських відходів у річки. Надходження поживних речовин у річки зі стічних вод кількісно визначено відповідно до *Global NEWS-2* (Mayorga et al., 2010 [2]; Van Drecht et al., 2009 [3]) як функція міської екскреції населення, підключеного до каналізаційних систем, з поправкою на видалення поживних речовин під час очищення стічних вод.

Крок 2: кількісна оцінка $FE_{riv.F.outlet,j}$

Частка надходження поживних речовин у поверхневі води, яка досягає вихідного отвору суббасейну j ($FE_{riv.F.outlet,j}$, 0–1), розраховується згідно *Global NEWS-2* [1]:

$$FE_{riv.F.outlet,j} = \frac{1}{4} \cdot (1 - D_{F,j}) \cdot (1 - L_{F,j}) \cdot (1 - FQrem_j)$$

Відповідно $D_{F,j}$ – це частка форми поживних речовин (DIN або DIP), що утримується в водоймах та відповідному суббасейні j (0–1), розрахована з використанням підходів *Global NEWS-2* (Harrison et al., 2005 [4]; Seitzinger et al., 2002 [5]). Утримання поживних речовин у кожній водоймі можна розрахувати на основі часу перебування води та глибини (для DIN), використовуючи інформацію з Глобальної бази даних про водосховища і дам (GRanD) (Lehner et al., 2011a [6]; Lehner et al., 2011b [7]).

Крок 3: кількісна оцінка $FE_{riv.F.mouth,j}$

Ми розрізняли суббасейни, які включають лише притоки (T) і суббасейни, які включають головне русло (C) річки. Модель дозволяє робити це для верхнього (ju), середнього (jm) і нижнього (jd) суббасейнів річок. Притоки скидають поживні речовини в основне русло. Основне русло транспортує ці поживні речовини до гирла річки. Фракції поживних речовин, що експортуються з витоків верхніх приток ($FE_{riv.F.mouth,juT}$, 0–1) і верхнього основного русла ($FE_{riv.F.mouth,juC}$, 0–1) до гирла річки розраховується таким чином [1]:

$$FE_{riv.F.mouth,juT} \cdot \frac{1}{4} \cdot FE_{riv.F.outlet,juC} + FE_{riv.F.outlet,juT} \cdot FE_{riv.F.outlet,jmC} + FE_{riv.F.outlet,jdT} \cdot FE_{riv.F.outlet,jdC}$$

$$FE_{riv.F.mouth,juC} \cdot \frac{1}{4} \cdot FE_{riv.F.outlet,jmC} + FE_{riv.F.outlet,jmC} \cdot FE_{riv.F.outlet,jdC}$$

Виходячи з вищесказаного, $v_j; u_f$ $crfprfb$, що модель поживних речовин MARINA підходить для кількісної оцінки надходження річками поживних речовин як N і P в розрізі суббасейнів.

Приклади наведені в додатку

Список літератури

1. Strokal, M., et al. (2016). "The MARINA model (Model to Assess River Inputs of Nutrients to seAs): Model description and results for China." *Science of the Total Environment* 562: 869-888.
2. Mayorga, E., Seitzinger, S.P., Harrison, J.A., Dumont, E., Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., et al., 2010. Global nutrient export from WaterSheds 2 (NEWS 2): model development and implementation. *Environ. Model. Softw.* 25, 837–853.
3. Van Drecht, G., Bouwman, A.F., Harrison, J., Knoop, J.M., 2009. Global nitrogen and phosphate in urban wastewater for the period 1970 to 2050. *Global Biogeochem. Cycles* 23, GB0A03.
4. Beusen, A.H.W., Dekkers, A.L.M., Bouwman, A.F., Ludwig, W., Harrison, J., 2005. Estimation of global river transport of sediments and associated particulate C, N, and P. *Glob. Biogeochem. Cycles* 19.
5. Seitzinger, S.P., Styles, R.V., Boyer, E.W., Alexander, R.B., Billen, G., Howarth, R.W., et al., 2002. Nitrogen retention in rivers: model development and application to watersheds in the Northeastern USA. *Biogeochemistry* 57, 199–237.
6. Lehner, B., Liermann, C.R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., et al., 2011a. Global Reservoir and Dam (GRanD) Database. Technical Document (version 1.1). GWSP (global Water system project), Bonn, Germany, p. 12.
7. Lehner, B., Liermann, C.R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., et al., 2011b. High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Front. Ecol. Environ.* 9, 494–502.

Питання для контролю рівня знань

1. Яка основна суть застосування для оцінювання річкової системи моделі – *GlobalNews modal*? Які показники входять до моделі? Що визначає модель? Який основний принцип використання моделі на різних рівнях (глобальний, локальний)?
2. Яка основна суть застосування для оцінювання річкової системи моделі – *MARINA modal*? Які показники входять до моделі? Що визначає модель? Який основний принцип використання моделі на різних рівнях (глобальний, локальний)?
3. Наведіть приклади застосування *MARINA modal* у світі
4. Наведіть приклади застосування *GlobalNews modal* у світі
5. Для яких цілей використовують прогноз водних ресурсів?
6. Для яких цілей використовують метод моделювання якості водних ресурсів?
7. Обґрунтуйте «дизайн моделі», наведіть приклади дизайнів моделювання якості водних ресурсів у світі.
8. Поясніть основний принцип розробки дизайну для моделювання якості води
9. Опишіть основний механізм розробки сценаріїв змін стану якості води під впливом різних антропогенних чинників: принципи розробки та приклади обґрунтування сценаріїв
10. Наведіть власні приклади (пропозиції) усунення ризиків (причин) забруднення якості річок, а також покращення політико-економічної діяльності держави щодо користування водними ресурсами в Україні

Додатки

А. Нормативно-правове забезпечення процесу управління водними ресурсами

Законодавство та впровадження Директив ЄС у сфері управління водними ресурсами

<p>Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер (прийнятий в 2003 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030</p>	<p>Визначив цільові показники, які мають відношення до нормативів та результатів, яких необхідно досягти чи підтримувати з метою забезпечення високого рівня захисту населення від захворювань, що пов'язані з водою. З 2017 року почався активний перегляд національних цільових показників розпочався у рамках проекту «Водна ініціатива Європейського Союзу для країн Східного партнерства». В результаті перегляду нині діючих національних цільових показників та 32 індикаторів, затверджених у 2011 році до 10 цільових сфер Протоколу, у 2020 році запропоновано 42 національних показників і 76 індикаторів прогресу до всіх 20 цільових сфер Протоколу.</p>
<p>Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу (прийнята в 2013 році)</p>	<p>Запропонував методики гідрографічного та водогосподарського районування для території України, що дає змогу покращити систему управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів країни шляхом реального здійснення її за басейновим принципом згідно вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу</p>
<p>Водна стратегія України на період до 2025 року (прийнята 2015 року) http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf</p>	<p>Визначив стратегічні цілі та завдання водної стратегії, напрямки та етапи реалізації, моніторинг водних ресурсів, основні результати, які мають досягти до 2025 року</p>
<p>Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» (прийнятий в 2016 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19</p>	<p>Визначив райони річкових басейнів, запровадив: басейнові ради, план управління річковим басейном, водогосподарські баланси використання водних ресурсів. Оновив порядок моніторингу вод, виділив та класифікував водні масиви</p>
<p>Постанова Кабінету Міністрів України № 336 «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном» (прийнята у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF</p>	<p>Визначила структуру плану управління річковим басейном (характеристику підземних та поверхневих вод, антропогенні впливи на їх кількісний та якісний стан, зони, які підлягають охороні, картування системи моніторингу та його результатів, перелік економічних та екологічних цілей)</p>
<p>Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про</p>	<p>Визначив Басейнові Рада, які стали консультативно-дорадчим органом у межах території річкового басейну. Включив до</p>

<p>затвердження Типового положення про басейнові ради» (прийнятий у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-17</p>	<p>розгляду питання щодо екологічного, кількісного та якісного стану водних ресурсів річкового басейну, аналізу й оцінки ризиків недосягнення покращення екологічного стану водних ресурсів річкового басейну та наслідків його змін для природних екосистем і галузей господарства, а також прогнозу процесів, що впливають на якість водних ресурсів й обсяги водокористування</p>
<p>Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про виділення суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах встановлених районів річкових басейнів» (прийнятий у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0208-17</p>	<p>Затвердив назви суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах районів річкових басейнів. <i>Район басейну річки Дніпро: суббасейн верхнього Дніпра</i> (р. Дніпро від державного кордону до початку Київського водосховища (включаючи р. Сож у межах України)), <i>суббасейн середнього Дніпра</i> (Київське водосховище (включаючи р. Брагінка у межах України, виключаючи рр. Прип'ять, Тетерів, Ірпінь); р. Дніпро від греблі Київського водосховища до греблі Канівського водосховища (виключаючи рр. Десна, Трубіж); р. Дніпро від греблі Канівського водосховища до греблі Кременчуцького водосховища (виключаючи рр. Рось, Супій, Сула, Тясмин) та інші), <i>суббасейн нижнього Дніпра</i> (р. Дніпро від греблі Дніпродзержинського водосховища до греблі Дніпровського водосховища (виключаючи рр. Оріль, Самара); р. Дніпро від греблі Дніпровського водосховища до греблі Каховського водосховища); р. Дніпро від греблі Каховського водосховища до гирла (виключаючи р. Інгулець) та інші), <i>суббасейн річки Прип'ять</i>, <i>суббасейн річки Десна</i>. <i>Район басейну річки Дністер</i> (р. Дністер від витoku до гирла р. Стрий, р. Дністер від гирла р. Стрий до гирла р. Гнила Липа, р. Дністер від гирла р. Серет до г/п Могилів-Подільський (виключаючи р. Збруч) тощо). <i>Район басейну річки Дунай: суббасейн річки Тиса, суббасейн річки Прут, суббасейн річки Сірет, суббасейн нижнього Дунаю</i>. <i>Район басейну річки Південний Буг</i> (р. Південний Буг від гирла р. Синюха до г/п Олександрівка; р. Південний Буг від г/п Олександрівка до гирла (виключаючи р. Інгул); . Інгул від витoku до гирла р. Березівка (включаючи р. Березівка), Бузький лиман). <i>Район басейну річки Дон: суббасейн річки Сіверський Донець, суббасейн Нижнього Дону</i>. <i>Район басейну річки Вісла: суббасейн річки Західний Буг, суббасейн річки Сан</i>.</p>
<p>Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство</p>	<p>Затвердив межі районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок,</p>

<p>енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» (прийнятий у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z042-1-17</p>	<p>зокрема окреслив лінії державного кордону, населені пункти</p>
<p>Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» (прийнятий у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z023-5-17</p>	<p>Затвердив перелік забруднюючих речовин, який поділено на три категорії: для поверхневих вод, для підземних вод, для екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод</p>
<p>Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» (прийнятий у 2018 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF</p>	<p>Прописала основну програму здійснення державного моніторингу вод. Навели основні процедури (принципи здійснення) видів державного моніторингу: процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод; процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод; процедура моніторингу морських вод. Конкретизували, що діагностичний, операційний та дослідницький моніторинг здійснюється за басейновим принципом.</p>
<p>Наказ Міністерства екології та природних ресурсів (нині Міністерство енергетики та захисту довкілля) «Про затвердження Порядку розроблення водогосподарських балансів» (прийнятий у 2017 році) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z023-2-17</p>	<p>Визначив механізм розроблення водогосподарських балансів для водогосподарських ділянок, виділених у межах районів річкових басейнів. Розписав, що водогосподарські баланси розробляються для оцінки наявності та можливості використання водних ресурсів у межах водогосподарських ділянок з урахуванням кількості та ступеня освоєння придатних до використання водних ресурсів. Навів структуру водогосподарського балансу, яка включає прибуткову (П) та витратну (В) частини, а також результат водогосподарського балансу. Результат водогосподарського балансу характеризується наявністю резервів ($P \geq B$) або дефіцитів ($P < B$) стоку.</p>
<p><i>Зелена книга (Green Paper) «Стратегія водної політики України» (в розробці)</i></p>	<p>Демонструє бачення проблеми управління водними ресурсами у здійсненні відповідальної екологічної політики для досягнення «доброго» екологічного, кількісного та хімічного стану (потенціалу) водних ресурсів України. Розглядає впровадження інтегрованого управління водними</p>

	ресурсами шляхом забезпечення виконання планів управління річковими басейнами, підготовки та імплементації Національної морської природоохоронної стратегії і відповідної програми заходів з її реалізації
Директиви водного сектору (якість води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище)	
Водна рамкова директива ЄС (Директива 2000/60/ЄС «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики») https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962	Сприяла формуванню структури охорони внутрішніх вод, перехідних вод, прибережних вод і ґрунтових вод. Також створенню басейнів річок в межах національної території України для транскордонного співробітництва
<p>Результат: Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» від 4 жовтня 2016 року № 1641-VIII; Наказ Мінприроди «Про виділення суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах встановлених районів річкових басейнів» від 26.01.2017 № 25; Наказ Мінприроди «Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» від 03.03.2017 № 103; Наказ Мінприроди «Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод» від 06.02.2017 № 45; Наказ Мінприроди «Про затвердження Типового положення про басейнові ради» від 26.01.2017 № 23; Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном» від 18 травня 2017 р. № 336; Закон України «Про ратифікацію Договору між Кабінетом Міністрів України та Урядом Республіки Молдова про співробітництво у сфері охорони і сталого розвитку басейну річки Дністер» від 07 червня 2017 року</p> <p>Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу (В.В.Гребінь)</p>	
Рамкова Директива про морську стратегію (Директива 2008/56/ЄС про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері політики з морського середовища) https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2056%20%D0%84%D0%A1.pdf	Сприяла розробці стратегічних напрямків екологічної політики щодо охорони та відтворення довкілля морів Україна, що розташовані у басейнах Чорного, Азовського та Балтійського морів. Директива запроваджує нові підходи до екологічної політики держав з охорони морського середовища – поетапне досягнення гарного екологічного стану (ГЕС) морського середовища. Такий стан визначається за допомогою 11 дескрипторів (коротких описів), які охоплюють 60 індикаторів.
<p>Результат: директива перебуває на різних стадіях імплементації державами-членами ЄС, що відкриває перед Україною нові можливості нарівні та разом з ними віднаходити та впроваджувати шляхи забезпечення ГЕС зокрема і в регіоні Чорного та Азовського морів. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту (“дорожньої карти”)» від 11 жовтня 2017 р. № 747-р</p>	
Директива про міські стічні води (Директива ЄС 91/271/ЄС «Про очистку міських стічних вод») https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911	Сприяє вирішенню проблем забезпечення санітарного благополуччя шляхом обов’язкового каналізування та очистки стічних вод всіх населених пунктів та промислових об’єктів з еквівалентом населення більше 2000 е.н.

	Директива встановила високі стандарти очищення стічних вод (первинної, вторинної та третинної очистки) перед їх скиданням у водні об'єкти з урахуванням розмірів населених пунктів та уразливих зон для скидів очищених стоків
Результат: Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»» від 18 травня 2017 року № 2047-VIII	
Паводкова директива (Директива 2007/60/ЄС «Про оцінку та управління ризиками затоплення») https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b29	Передбачає підготовку планів управління басейнами річок та проведення консультації з громадськістю, удосконалення законодавства України щодо оцінки та управління ризиками затоплення внаслідок паводків, проведення попередньої оцінки ризиків затоплення, підготовка карт загроз та ризиків затоплення, Запровадження планів управління ризиками затоплення
Результат: Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» від 4 жовтня 2016 року № 1641-VIII (стаття 107-1) Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Методики розроблення карт загроз і ризиків затоплення» № 153 від 28.02.2018 р.	
Директива про питну воду (Директива ЄС 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963	Визначає основні аспекти доступності людей до якості води. Директива встановила стандарти якості води (48 мікробіологічних та хімічних показників) для усіх систем водопостачання, що обслуговують понад 50 осіб або постачають більше 10 м3/добу. Також встановила правила моніторингу та обов'язкової звітності для всіх операторів, які постачають більше ніж 1000 м3/добу і обслуговують більше 5 000 споживачів.
Результат: Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»» від 18 травня 2017 року № 2047-VIII	
Нітратна Директива (Директива Ради 91/676/ЄЕС стосовно охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел) https://menr.gov.ua/files/docs/91%20676%20%D0%84%D0%95%D0%A1.pdf	Забезпечує охорону водної системи від нітратного забруднення чутливих зон, до яких належать джерела питного водопостачання в сільській місцевості, налагодження моніторингу нітратного забруднення вод. Ці заходи доповнюють заходи із покращання доступу до умов санітарії в сільській місцевості і впровадження належних малих систем санітарії (локальних очисних споруд та сталих екосанітарних технологій (компостування відходів життєдіяльності тварин та людей) для повторного безпечного використання органічних добрив.
Результат: Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» від 4 жовтня 2016 року № 1641-VIII	

Перелік районів річкових басейнів, суббасейнів та Басейнових управлінь водними ресурсами (офіційний сайт Державного управління водними ресурсами України: <https://www.davr.gov.ua/basejnovi-upravlinnya-vodnih-resursiv>)

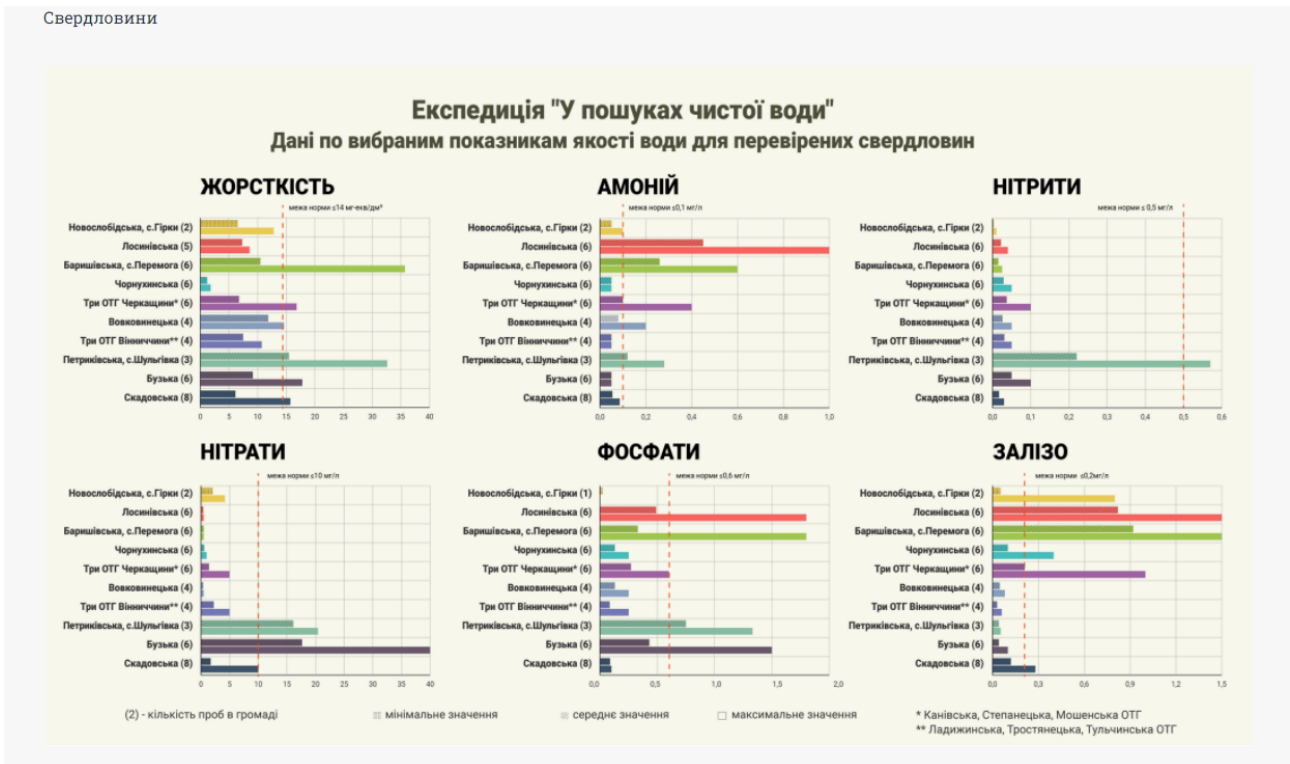
№	Назва району басейну річки	Басейнові управління водними ресурсами (БУВР)	Річки у басейні
1	Район басейну річки Дніпро:		
	Суббасейн верхнього Дніпра Суббасейн річки Десни	Деснянське БУВР (підпорядковане: Сумське регіональне управління водних ресурсів)	Річка Дніпро Річка Рось Річка Прип'ять Річка Десна
	Суббасейн середнього Дніпра	БУВР середнього Дніпра (підпорядковані: Полтавське і Черкаське регіональні управління водних ресурсів)	
	Суббасейн нижнього Дніпра	БУВР нижнього Дніпра (підпорядковане: Дніпропетровське регіональне управління водних ресурсів)	
	Суббасейн річки Прип'ять	БУВР річки Прип'яті (підпорядковані: Волинське, Рівненське та Хмельницьке регіональні управління водних ресурсів)	
2	Район басейну річки Дунай:		
	Суббасейн нижнього Дунаю		Річка Тиса Річка Прут Річка Сірет
	Суббасейн Тису	БУВР Тиса	
	Суббасейн Пруту	БУВР Пруту та Сірету	
	Суббасейн Сірету		
3	Район басейну річки Дністер	Дністровське БУВР (підпорядковане: Тернопільське регіональне управління водних ресурсів)	Річка Дністер
4	Район басейну річки Південний Буг	БУВР Південний Буг (підпорядковані: Кіровоградське та Миколаївське регіональні управління водних ресурсів)	Річка Південний Буг
5	Район басейну річки Дон:		
	Суббасейн Сіверського Дінця	Сіверсько-Донецьке БУВР (підпорядковане: Донецько-Луганське регіональне управління водних ресурсів)	Річок Сіверський Донець та нижній Дон
	Суббасейн річок нижнього Дону		
6	Район басейну річки Вісла		
	Суббасейн Західного Бугу	БУВР Західного Бугу та Сяну	Річок Західний Буг та Саян
	Суббасейн Сяну		
7	Басейн річок Причорномор'я	БУВР річок Причорномор'я та нижнього Дунаю	Річки нижнього Дунаю та Причорномор'я
8	Басейн річок Криму	Кримське басейнове управління водних ресурсів	
9	Басейн річок Приазов'я	БУВР річок Приазов'я	

Б. Результати експедиції «У пошуках чистої води»

(Ресурс: https://ecoaction.org.ua/brudna-voda-u-gromadah-mif-chy-realnist.html?gclid=Cj0KCQiApL2QBhC8ARIsAGMm-KH7wGcLCq_FfzuHdPMjba3LkViV3Ah06W674516NpReSHZObDCupgAaAkgGEALw_wcB)

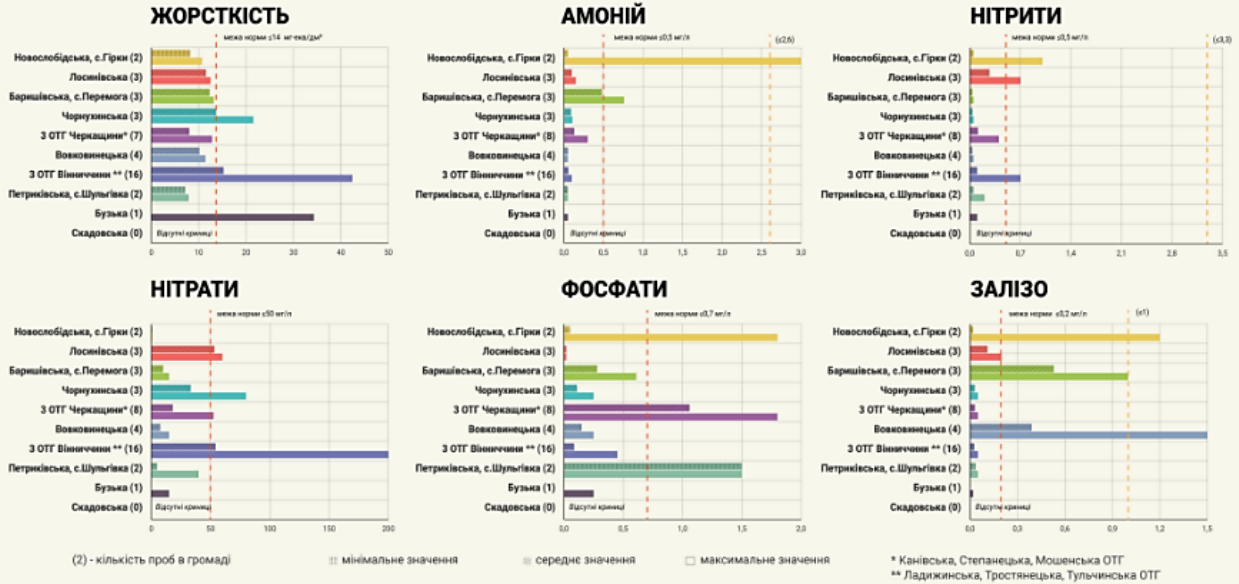


Свердловини



Державні нормативи для якості вод з криниць за низкою показників є значно нижчими ніж для водопровідної води чи бюветів, а за деякими показниками, наприклад фосфати і мідь, взагалі не нормуються. Тому для порівняння використовувались нормативи як для водопроводів, так і криниць, або ж норми для питної води ЄС (у випадку фосфатів).

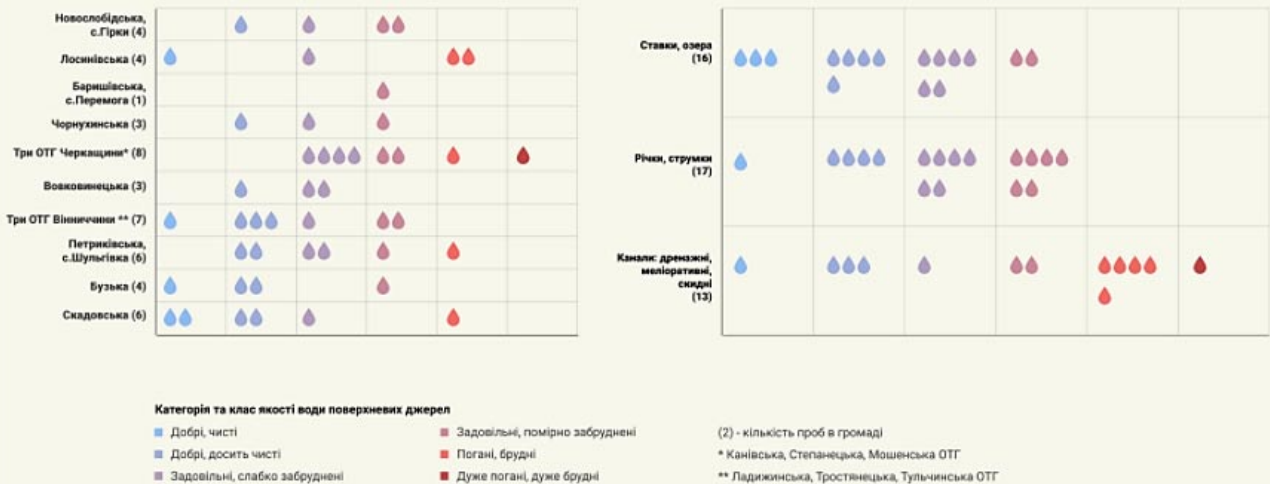
Експедиція "У пошуках чистої води" Дані по вибраним показникам якості води для перевірених криниць



Експедиція "У пошуках чистої води" Екологічна оцінка якості поверхневих вод досліджених громад

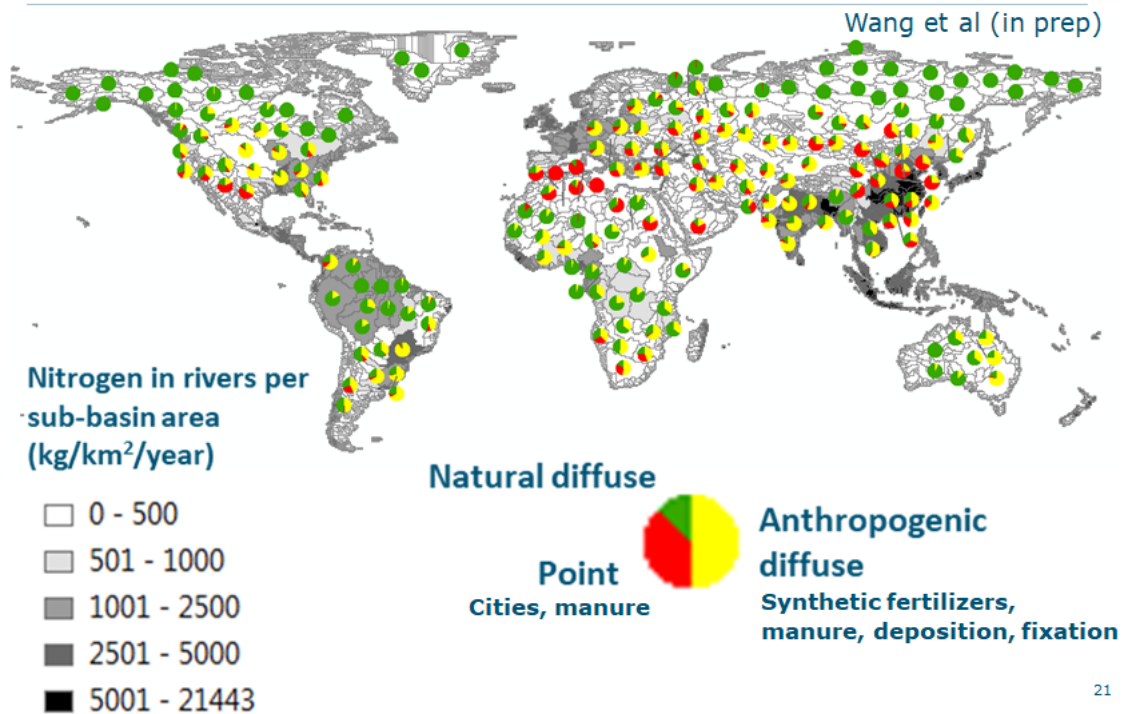


Екологічна оцінка за типами водойм

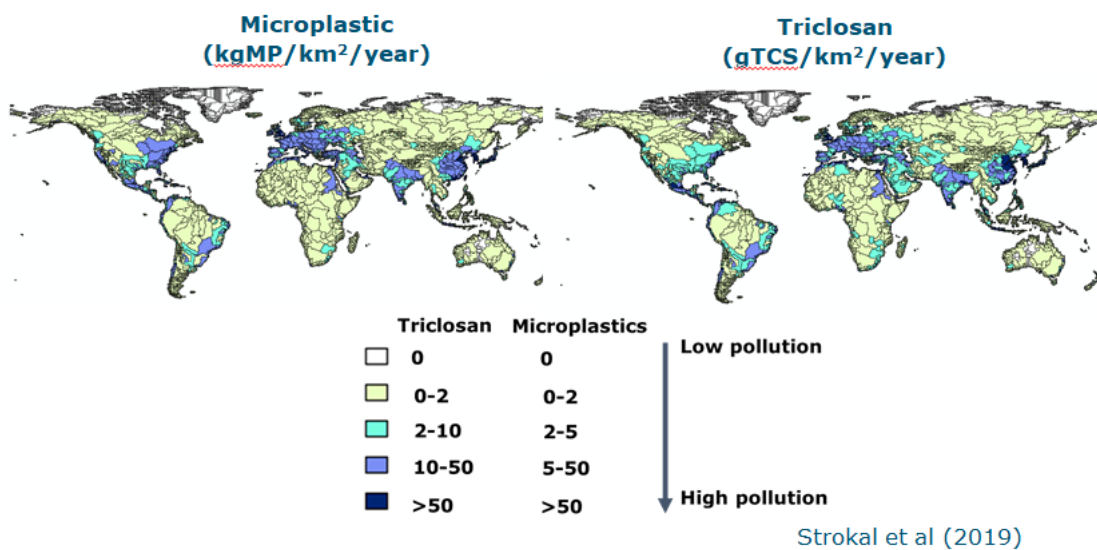


В) Візуалізація результатів моделювання якості водних ресурсів (глобальні)

Nitrogen export from land to sea

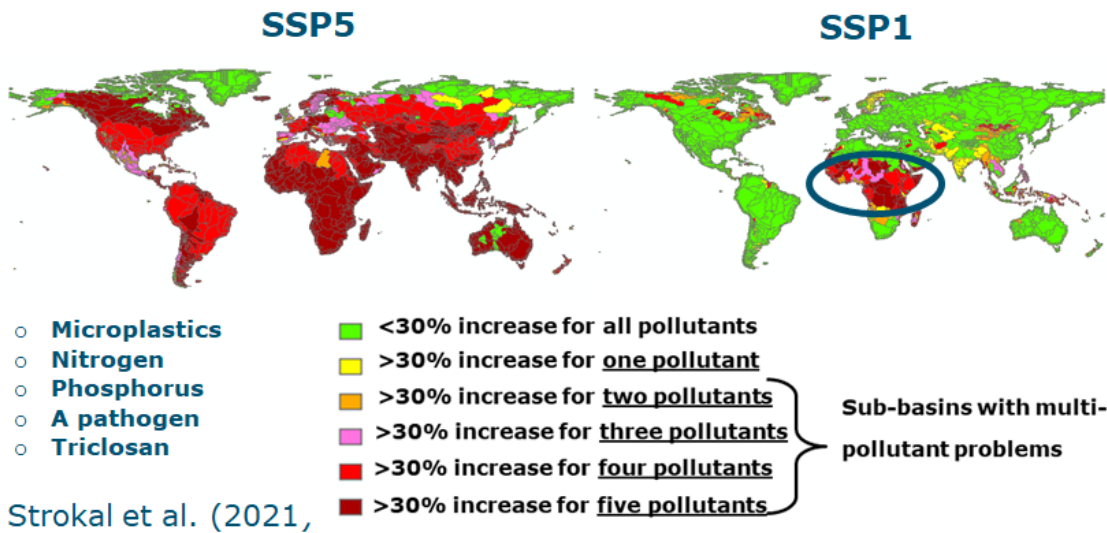


Microplastics and triclosan (antibacterial additive) flows to freshwater from sewage

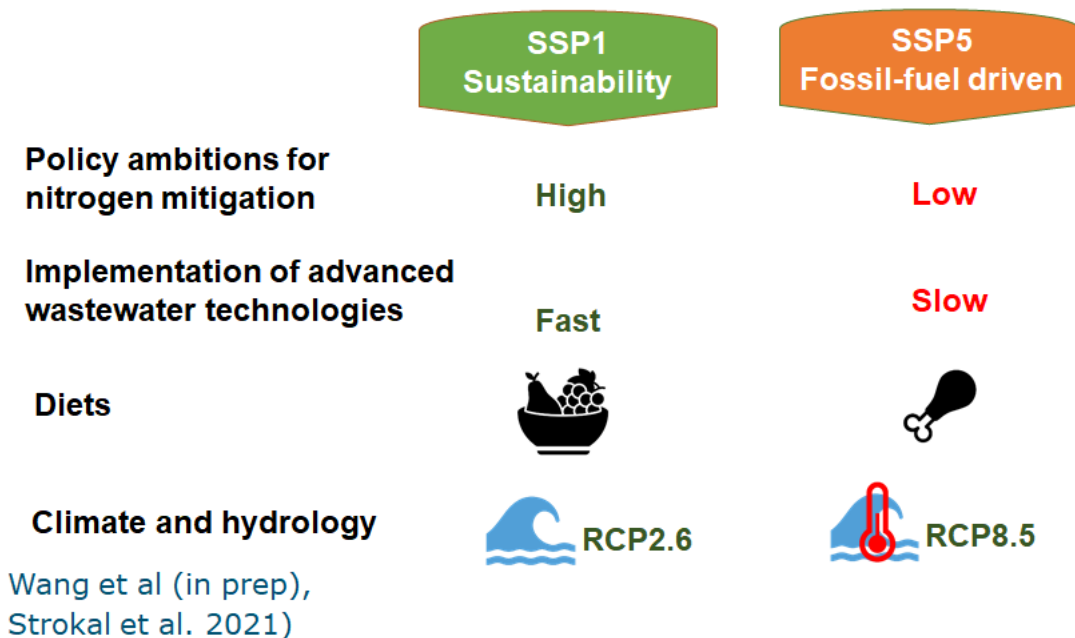


С) Сценарії розвитку змін якості водних ресурсів (глобальні)

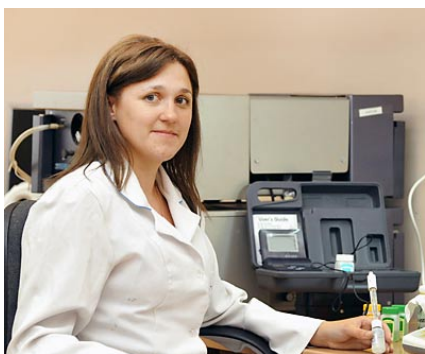
Changes in flows of multiple pollutants to freshwater from sewage between 2010 and 2050 (%)



SSP: Shared Socio-Economic Pathways
RCP: Representative Concentrative Pathways



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА



Строкаль Віта Петрівна

Кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю Національного університету біоресурсів і природокористування України. Викладає дисципліни «Вступ до фаху», «Основи наукових досліджень», «Екологічна паспортизація територій», «Агро-екологічний контроль та управління», «Професійна екологічна діяльність експерта». Наукові інтереси пов'язані прогнозуванням стану якості водних ресурсів за впливу антропогенних чинників, вплив антропогенних чинників на стан сільських населених пунктів. Автор 60 наукових праць, з яких 3 навчальних посібника, 5 монографій.

Електронна адреса:

vita.strokal@gmail.com / strocal_v@nubip.edu.ua

За авторською редакцією

Підписано до друку 08.08.22

Ум. друк. арк. 6,9

Наклад 50 прим.

Формат 60x84\16

Зам. № 220205

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55

