

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОНОМАРЕНКО РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК: 502.51(282.03):556.18:628.1(043.3)

**НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ
ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ГІДРОСФЕРУ ПРИ БАСЕЙНОВОМУ
УПРАВЛІННІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ УКРАЇНИ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Суми – 2020

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі екології та природозахисних технологій Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор
Пляцук Леонід Дмитрович,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології та природозахисних технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Петрушка Ігор Михайлович,
Національний університет «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екологічної безпеки
та природоохоронної діяльності, м. Львів;

доктор технічних наук, професор
Павличенко Артем Володимирович,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології та технологій захисту
навколишнього середовища, м. Дніпро;

доктор технічних наук, професор
Челядин Любомир Іванович,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри хімії, м. Івано-Франківськ.

Захист дисертації відбудеться 30 жовтня 2020 р. о 13 год 00 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 219.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 за електронною адресою: <https://sumdu.edu.ua/uk/science/science-info/scientific-infrastructure/specialized-council/102-55-051-04.html>.

Автореферат розісланий 29 вересня 2020 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04

І. Ю. Аблєєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Водні ресурси є ключовим елементом сталого розвитку будь-якої держави. Постійне збільшення техногенного навантаження на довкілля та зміна клімату загрожують сталому функціонуванню природних водних екосистем, а також систем водозабезпечення населення планети. За даними ООН понад 40 % населення планети страждає від дефіциту води. Доступу до чистої води позбавлені 783 млн жителів планети, більш ніж 1,7 млрд осіб, що мешкають на території річкових басейнів, потребують додаткових джерел якісного водопостачання. Окрім життєво необхідних функцій, наявність доступу до чистої питної води є важливим чинником гарантії безпеки та дотримання основних прав і свобод громадянина будь-якої держави світу.

Якісний стан води більшості річкових басейнів України не відповідає установленим вимогам та чинним нормативам, тому в них постійно відбуваються процеси формування техногенних перетворень. Сучасна національна екологічна політика України у галузі використання водних ресурсів спрямована на впровадження принципів Європейської Рамкової Водної Директиви 2000/60/ЕС. Управління водними ресурсами в Україні після впровадження у 2018 році інтегрованого підходу за басейновим принципом відбувається шляхом реалізації плану управління річковим басейном. Стратегічною екологічною ціллю реалізації планів для всіх районів річкових басейнів є досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод за рахунок зменшення рівня техногенного навантаження на них. Розроблення перших планів управління річковим басейном для кожного його району здійснюється у період виконання Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року. Тому проблема зниження впливу техногенного навантаження на поверхневі водні об'єкти у межах річкових басейнів є актуальною і потребує негайного вирішення.

Питання оцінки техногенного впливу транскордонних водних об'єктів на екологічний стан вод річкових басейнів в існуючих науково-нормативних джерелах висвітлено недостатньо. Сучасна нормативно-методична база не дозволяє в повній мірі оцінювати екологічний стан транскордонних водозборів, а також проводити ранжування їх водотоків, з урахуванням загальних принципів політики діяльності Басейнового управління водними ресурсами України (далі – БУВР). Все це призводить до невиправдано високих інвестицій, які виділяються для реалізації водоохоронних заходів.

До сьогодні немає чітко сформульованого і практично впровадженого алгоритму управління екологічною безпекою гідросфери в басейні річок через розроблення та впровадження науково-теоретичних основ прогнозування техногенного впливу на них. Подібні заходи, які враховують закономірності впливу забруднювальних речовин (далі – ЗР) на процес формування їх екологічного стану, є основою для створення дієвих важелів управління якістю транскордонних водних об'єктів у межах БУВР.

Таким чином, розроблення науково-методологічних підходів до прогнозування зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів (у тому числі транскордонних) у межах річкового басейну, внаслідок постійного техногенного навантаження, є актуальною науково-практичною проблемою сучасної національної екологічної політики України, на розв'язання якої спрямовані дисертаційні дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні на період до 2020 р. за розділом «Раціональне природокористування», Загальнодержавній цільовій програмі «Питна вода України» на 2011–2020 роки, що затверджена Законом України від 13 листопада 2011 року, №2455-IV, Загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року, що затверджена Законом України від 24 травня 2012 року, № 4836-VI, Державній цільовій екологічній програмі проведення моніторингу навколишнього природного середовища, затвердженій Постановою Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2007 р. за № 1376. Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету, пов'язаних із тематикою «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (номер держреєстрації 0116U006606), згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України, у якій автор брав участь як виконавець.

Мета дослідження. Метою роботи є розроблення та обґрунтування наукових засад прогнозування техногенного впливу на гідросферу в умовах БУВР України, що дозволяють здійснювати оцінку існуючої якості поверхневих водних об'єктів для планомірного досягнення ними «доброго» екологічного стану.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати наслідки техногенного впливу на зміну якості вод поверхневих водних об'єктів з урахуванням особливостей БУВР;
- дослідити основні недоліки існуючих методів прогнозування та якісного складу вод з урахуванням досвіду провідних країн світу;
- створити дієву систему прогнозування змін екологічного стану та оцінки якості поверхневих вод, яка дозволила б планомірно зменшувати шкідливі техногенні впливи на поверхневі водні об'єкти, з урахуванням впливу на них транскордонного перенесення ЗР та особливостей БУВР;
- розробити ефективний критерій оцінки якісного складу вод, який враховує геоекологічні процеси, що відбуваються як на водозборі, так і в поверхневому водному об'єкті, й на його основі розробити методику порівняльної оцінки якості та прогнозування змін екологічного стану поверхневих вод у межах басейну з урахуванням впливу транскордонних водних об'єктів;

- розробити методика районування техногенно-трансформованих поверхневих водних об'єктів для басейну річки з урахуванням впливу транскордонних водних об'єктів та особливостей нормативно-правової бази БУВР;

- запропонувати механізм розроблення та впровадження регіональних програм, які враховують результати прогнозування зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів;

- апробувати запропоновану методологію на прикладі басейнового управління Дніпра, на основі якої розробити поетапний план переходу до управління якістю вод на рівні БУВР з обов'язковим урахуванням впливу транскордонних водних об'єктів.

Об'єкт дослідження – процес техногенного забруднення поверхневих водних об'єктів у межах річкового басейну з урахуванням транскордонного перенесення ЗР.

Предмет дослідження – система прогнозування техногенного впливу та оцінки екологічного стану поверхневих водних об'єктів річкового басейну з урахуванням транскордонних водних об'єктів.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний системний підхід, який включає як теоретичні, так і експериментальні методи. Під час проведення ретроспективного аналізу даних гідрохімічних показників якісного складу води поверхневого водного об'єкта було застосовано методи аналізу, систематизації та інтерпретації одержаних результатів. Для опрацювання експериментальних даних та узагальнення одержаних результатів використовували статистично-математичний метод. Для проведення моделювання гідрохімічних процесів у поверхневому водному об'єкті, з метою визначення приросту концентрації ЗР від збільшення її масової витрати в межах виділеної ділянки поверхневого водного об'єкта, було використано методи математичного моделювання та прогнозування, а також гідроаналітичний метод. У роботі використано методи постановки і планування експерименту, статистичної обробки експериментальних даних із використанням прикладних комп'ютерних програм (Excel, Statistica 7.0, Origin 8.0).

В основу роботи покладено дані багаторічного моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України, наданих Державним агентством водних ресурсів України, а також власні експедиційні дані обстежень та вимірювань.

Наукова новизна одержаних результатів. Із метою прогнозування зміни екологічного стану техногенно навантажених поверхневих водних об'єктів на основі виконаних теоретичних досліджень та експериментальних даних одержано такі наукові результати:

вперше:

- обґрунтовано науково-теоретичні засади прогнозування техногенного впливу на поверхневі водні об'єкти, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР, і науково-методологічні особливості дослідження гідрологічних процесів у поверхневих водних об'єктах в умовах техногенного навантаження;

– з метою прогнозування зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР, запропоновано стратегію управління річковими басейнами по ділянках для водотоків (за часом для водойм);

– на основі моделювання гідрохімічних процесів у поверхневому водному об'єкті одержано залежність для визначення приросту концентрації ЗР від збільшення її масової витрати в межах виділеної ділянки, з урахуванням природних процесів у поверхневих водних об'єктах;

– розроблено методику проведення інтегральної матричної оцінки екологічного стану поверхневого водного об'єкта за гідрохімічними показниками якості води шляхом використання показника екологічного стану поверхневого водного об'єкта;

– обґрунтовано та розроблено науково-методологічні механізми застосування питомого комплексного показника, який відображає кількісне надходження як конкретної ЗР, так і їх сукупності в поверхневий водний об'єкт у межах річкового басейну та їх зміни у разі збільшення його площі за рахунок транскордонного забруднення;

удосконалено:

– класифікацію груп понять екологічної безпеки об'єктів гідросфери, яку, на відміну від існуючих, доповнено додатковими показниками транскордонного забруднення і показниками екологічного стану поверхневого водного об'єкта;

– систему басейнового принципу управління екологічною безпекою техногенно навантажених екосистем поверхневих водних об'єктів, яка, на відміну від існуючих, ураховує вплив транскордонного надходження ЗР;

набули подальшого розвитку:

– методика комплексної порівняльної оцінки якості вод поверхневих водних об'єктів, яка дозволяє ранжувати їх за здатністю до переносу ЗР по територіях (басейнах та адміністративних управліннях), що базується на використанні порівняльного інтегрального показника, який побічно враховує геоекологічні процеси на водозборах та вплив транскордонних водних об'єктів і може бути застосований для умов БУВР;

– науково-методичний підхід до встановлення нормативів впливів на поверхневі водні об'єкти на обмежений період часу, з урахуванням впливу транскордонних водних об'єктів і поєднанням їх із програмами водоохоронних заходів, розробленими на основі еколого-економічних можливостей регіону.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Запропоновано підхід до розробки плану управління річковим басейном, що включає використання показника існуючого стану, орієнтовно необхідний рівень зниження техногенного впливу, програму водоохоронних заходів і термін виконання програми.

2. Розроблена методика дозволила провести моделювання гідрохімічного режиму поверхневих водних об'єктів і в першому наближенні спрогнозувати внесок природних процесів, а також – розділити ЗР на умовно консервативні й умовно неконсервативні речовини.

3. Теоретично обґрунтована методологія і методика апробовані на прикладі басейну Дніпра, що дозволило зробити ранжування водотоків басейну як за екологічним станом у цілому, так і за характерними видами ЗР.

4. Методика комплексної порівняльної оцінки якості вод поверхневих водних об'єктів впроваджена для застосування практичними підрозділами ГУ ДСНС України (довідка про впровадження від 19 лютого 2020 року).

5. Розроблені практичні рекомендації щодо застосування прогнозної моделі якісного складу вод поверхневих водних об'єктів впроваджено у діяльність Державної екологічної інспекції у Сумській області (акт впровадження від 24 квітня 2020 року).

6. Практична реалізація запропонованої методики оцінки існуючого стану водоймища охолоджувача врахована під час розроблення проєктної документації реконструкції КЕП «Чернігівська ТЕЦ», на підставі чого виявлено основні ЗР, які впливають на її екологічний стан, та розроблено план заходів щодо стабілізації й відновлення водойми без скорочення вироблення електроенергії (акт впровадження від 04 лютого 2020 року).

7. Основні положення та науково-теоретичні результати дисертаційного дослідження басейнового принципу управління екологічною безпекою поверхневих водних об'єктів впроваджено у навчальний процес: кафедри прикладної екології Сумського державного університету під час викладання дисциплін «Моніторинг довкілля», «Основи технологій захисту навколишнього середовища», «Основи токсикології та нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» для здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (акт впровадження від 09 січня 2020 року); кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету екології під час викладання дисциплін «Прикладна гідроекологія», «Водопостачання, водовідведення і покращення якості води» та «Ландшафтна екологія» (акт впровадження від 29 квітня 2020 року); кафедри природоохоронних технологій, екології та безпеки життєдіяльності Харківського національного економічного університету ім. С. Кузнеця під час викладання дисциплін: «Екологія», «Ресурсозберігаючі та екологічні технології» та тренінг-курсу «Безпека життєдіяльності» (акт впровадження від 06 травня 2020 року).

8. Рекомендації щодо прогнозування техногенного впливу на гідросферу при басейновому управлінні водними ресурсами України враховані під час розроблення методичних рекомендацій з партисипативного стратегічного планування для місцевих територіальних громад України, що укладені Громадською спілкою «Слобожанські стратегії» у межах проєкту «Improving the local governance in the Pischinsky amalgamated community in Kharkiv region through creation and adoption of a participatory 5 development strategy», який виконувався за фінансової підтримки Уряду Канади згідно з грантовою угодою №CFLI-2018-KYIV-0002, та запропоновані до застосування у партисипативній стратегії Пісочинської селищної об'єднаної громади Харківської області у 2018 році у розділі, присвяченому охороні довкілля від техногенного навантаження (довідка про впровадження від 29 жовтня 2018 року № 1).

Особистий внесок здобувача полягає в аналізованні стану проблеми, обґрунтуванні ідеї роботи та її реалізації шляхом постановки мети і завдань дослідження, керівництва та безпосередньої участі у виконанні теоретичних, аналітичних та експедиційних досліджень, а так само узагальнення і впровадження результатів досліджень та розроблення рекомендацій щодо їх використання, розробленні методик експериментальних досліджень і їх проведенні, підборі та адаптації до умов експериментів методик аналізу. Внесок автора у працях, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові та практичні результати роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях: I Міжвузівській науково-методичній конференції «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях» (м. Харків, листопад 2012 р.); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України» (м. Запоріжжя, грудень 2012 р.); IV Міжнародній науково-методичній конференції НТУ «ХП» «Безпека людини в сучасних умовах» (м. Харків, грудень 2012 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (м. Харків, жовтень 2013 р.); II Науково-практичній конференції курсантів та студентів «Стратегія «Казахстан – 2050»: совершенствование системы защиты от чрезвычайных ситуаций, развитие научных исследований в сфере безопасности и жизнедеятельности населения» (м. Кокшетау, березень 2014 р.); Інтернет-конференції «Державне регулювання освітньо-наукового забезпечення підготовки конкурентоспроможних фахівців у сфері цивільного захисту» (м. Харків, березень 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції курсантів та студентів «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (м. Харків, квітень 2014 р.); XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, травень 2014 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (м. Харків, жовтень 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан цивільного захисту: перспективи та шляхи до Європейського простору» (м. Київ, вересень 2015 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (м. Харків, квітень 2016 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, жовтень 2016 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, жовтень 2017 р.); IV Науково-практичній конференції для молодих вчених, присвяченій 100-річчю Національної академії наук України (м. Київ, листопад 2017 р.); XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018» (м. Харків, квітень 2018 р.); Міжнародній

науково-технічній конференції «Технології та інфраструктура транспорту» (м. Харків, травень 2018 р.); IV Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні аспекти систем безпеки праці, захисту інтелектуальної власності» (м. Полтава, березень 2019 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатизації» (м. Черкаси, листопад 2019 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки» (м. Київ, листопад 2019 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи світової науки та освіти» (м. Осака, лютий 2020 р.); X Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (м. Баку – Харків-Жиліна, квітень 2020 р.); VII Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві» (м. Суми, квітень 2020 р.); I Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки» (м. Дніпро, квітень 2020 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 49 наукових праць, з яких: 1 авторська монографія, 1 колективна монографія, 24 статті, зокрема 13 статей у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з технічних наук та 4 статті у наукових фахових виданнях із переліку МОН України з географічних наук, 7 статей у зарубіжних наукових періодичних виданнях та у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних (Scopus та Web of Science), 23 матеріали доповідей у збірниках праць конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 303 найменувань на 36 сторінках, та 20 додатків на 54 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 390 сторінок, з яких основного тексту – 264 сторінки, робота містить 46 рисунків та 32 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність наукової проблеми, сформульовано мету й завдання досліджень, наведено наукову новизну та практична цінність одержаних результатів, дані про особистий внесок здобувача та апробацію результатів дисертації, публікації, структуру й обсяг роботи.

У **першому розділі** виконано огляд літературних джерел та визначено основні чинники техногенного впливу на екосистему поверхневого джерела водопостачання, з урахуванням особливостей басейнового управління водними ресурсами України.

Проведено аналіз екологічного стану поверхневих вод України та транскордонних водних об'єктів, а також розкрито особливості співробітництва у сфері управління транскордонними водними ресурсами. Виконано аналіз дієвості існуючої системи моніторингу поверхневих водних ресурсів України та ефективності управління екологічною безпекою водних ресурсів у межах

річкового басейну в Україні та за її межами, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР. Розглянуто стан експлуатаційних можливостей систем водопостачання та водовідведення в Україні. Проведено обґрунтування доцільності розроблення єдиного наукового підходу щодо зменшення техногенного впливу на гідросферу, з урахуванням екологічних ризиків та транскордонного перенесення ЗР в умовах басейнового принципу управління водними ресурсами.

Питанням вирішення проблеми управління екологічною безпекою на рівні річкового басейну та інтегрованого управління водними ресурсами присвятили свої наукові праці такі українські та зарубіжні учені як: І. Л. Головинський, Є. Д. Гопченко, А. В. Гриценко, І. О. Єременко, М. Р. Забоклицька, С. М. Маджд, В. І. Осадчий, В. Г. Пряжинська, В. А. Сташук, В. М. Удот, М. А. Хвесик, В. К. Хільчевський, О. В. Яроцька, F. Cavalcante, M. Falkenmark, I. Moss, Liu Wei-Hong та ін.

Теоретичні дослідження і практичний досвід як вітчизняних, так і закордонних дослідників показав, що навіть для достатньо великого водного об'єкта ефективність відомих прогностичних моделей зміни якісного складу вод значною мірою визначається повнотою й адекватністю задання вихідної інформації. Для прогнозування гідрохімічного режиму поверхневих водних об'єктів використовується велика кількість різних моделей, спрямованих на вирішення таких завдань, як трансформація ЗР за довжиною водотоку; гідрологічний та гідрохімічний режими водного об'єкта; джерела забруднення; розміри розрахункової області тощо.

Водночас, застосування математичних моделей для прогнозування екологічного стану поверхневого водного об'єкта сьогодні обмежене з двох причин. По-перше, для використання цих методів потрібна значна кількість вихідних даних, що мають досить високу точність, і великі обчислювальні ресурси. По-друге, у разі використання тільки усереднених за перерізом потоку характеристик моделі дають істотну похибку. Ще більш складною є проблема оцінки вихідних параметрів моделей (як правило, складні багатокomпонентні моделі більш чутливі до точності задання вихідних параметрів). Досить адекватне задання параметрів таких моделей в загальному випадку є можливим на основі багаторічних, детальних і комплексних гідрохімічних, гідрологічних і гідробіологічних спостережень. Тому у разі створення системи оперативного прогнозування та нормування техногенних навантажень, за досить обмеженого обсягу вихідної інформації, в першу чергу, гідрохімічного та гідробіологічного характеру, доцільно використовувати більш прості моделі.

На сьогодні взагалі не розглянуто питань прогнозування і оцінки зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта з урахуванням впливу транскордонного забруднення.

Виходячи з аналізу літературних джерел, запропоновано у процесі обґрунтування, розроблення та затвердження планів управління річковими басейнами для кожного району річкового басейну ґрунтуватися на таких принципах:

1. Обробка та узагальнення даних спостережень державного моніторингу вод, що стосуються певного проміжку часу або певної території, повинна проводитись з урахуванням транскордонного перенесення ЗР.

2. Проведення постійної оцінки екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод та встановлення екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод із визначенням джерел негативного впливу на них.

3. Розроблення дієвої системи прогнозування екологічного стану вод і його змін в умовах впливу транскордонних водних об'єктів.

4. Розроблення науково обґрунтованих рекомендацій, необхідних для прийняття управлінських рішень у галузі використання й охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Відповідно до цілей сталого розвитку в розділі забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та їх санітарією, першочергового значення набуває реалізація підходів до прогнозування зміни екологічного стану техногенно-трансформованих поверхневих водних об'єктів, що потребує розроблення єдиного наукового підходу із використанням єдиної методологічної бази.

Виходячи з проведеного аналізу наукових та практичних досягнень і виявлених при цьому недоліків, сформульовано наведені вище мету та завдання досліджень.

У другому розділі розглянуто об'єкт і методи досліджень, здійснено організацію структури проведення теоретичних та експериментальних досліджень із залученням комбінації різних методів і розроблено алгоритм їх використання.

Методологічну основу дослідження склало застосування системного підходу до поєднання методів (аналізу, спостереження, систематизації, статистично-математичного, математичного моделювання, математичного прогнозування, гідроаналітичного, гідрохімічного, гідробіологічного, фізико-хімічного та токсикологічного).

Формування якісного складу поверхневих природних вод відбувається як у самому поверхневому водному об'єкті, так і на його водозборі, та є вкрай складним процесом. Одночасно із процесом утворення та надходження ЗР, у тому числі й за рахунок їх транскордонного перенесення, безперервно відбувається самоочищення поверхневого водного об'єкта від різних ЗР. На сучасному рівні знань розділити ці процеси досить проблематично, тому що основні закономірності формування якісного складу поверхневого водного об'єкта до сих пір у достатній мірі не встановлені.

Тому при оцінці та прогнозуванні зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта за якісними показниками необхідно враховувати такі аспекти: по-перше, показники хімічного складу води в конкретному створі є лише індикатором процесів забруднення (надходження) ЗР із поверхні водозбору, на якому відбуваються як різна техногенна діяльність, так і природні процеси; по-друге, одночасно із процесом утворення та надходження ЗР, у тому числі й за рахунок транскордонного їх перенесення, як на водозборі, так і в самому

поверхневому водному об'єкті безперервно відбуваються і процеси їх самоочищення; по-третє, при оцінці існуючого стану поверхневого водного об'єкта необхідно враховувати регіональні, локальні та транскордонні джерела забруднення (існуючі й потенційні), що необхідно для обґрунтування рекомендацій з управління його якістю у випадку освоєння території або стабілізації її екологічного стану.

Оскільки вплинути на природні процеси, що відбуваються всередині водойми, неможливо, доцільною є розробка заходів щодо управління техногенною діяльністю на водозборі, яка має безпосередній вплив на формування екологічної, природної якості води поверхневого водного об'єкта і враховує вплив транскордонного забруднення. Водозбір поверхневого водного об'єкта може відбуватися з декількох адміністративних територій в межах одного річкового басейну (суб'єктів господарювання, адміністративних утворень, а іноді й суміжних держав), тому прогнозування зміни якості вод повинно вестися на підставі басейнового принципу.

Метою прогнозування повинно бути запобігання подальшому забрудненню поверхневого водного об'єкта (зниження техногенного навантаження), а в ідеальному варіанті – наближення і повернення до «доброго» природного стану. Для досягнення цієї мети необхідно враховувати:

1. Априорі відомо, що на досить великих просторах (таких як територія держави) склад природних вод ніколи не був і не може бути абсолютно ідентичним. Отже, відповідні нормативні показники стану поверхневого водного об'єкта не можуть бути однаковими. Вони повинні носити регіонально-басейновий характер та враховувати вплив транскордонного забруднення.

2. Оскільки за переважною більшістю навіть достатньо великих поверхневих водних об'єктів є дуже обмежені в історичному масштабі ряди спостережень за хімічним складом вод (як правило, вже обтяжені техногенним впливом), то немає сенсу сподіватися на розроблення еталона, до якого потрібно прагнути. Можливий тільки «покроковий» підхід до нормування. Плановані нормативи повинні мати тимчасовий характер і переглядатися в міру накопичення даних регулярного моніторингу.

3. Для зменшення техногенного впливу на поверхневий водний об'єкт є потреба у виконанні ряду природоохоронних, організаційно-технічних заходів на водозборі, які торкаються промислових підприємств, населених пунктів, сільгоспугідь і т.д. Оскільки ці заходи пов'язані з фінансовими затратами, то плани управління річковим басейном повинні бути нерозривно пов'язані з цільовими регіональними програмами, які враховують сучасну якість вод поверхневих водних об'єктів, прогнозований рівень її поліпшення та економічні можливості регіону.

Таким чином, нормативи якості вод поверхневих водних об'єктів повинні розроблятися на регіональному рівні (для басейнів та їх суббасейнів) на невеликий прогнозний часовий період і ув'язуватися з конкретними водоохоронними програмами (зниження техногенного навантаження). Вони не

можуть бути ідентичними в масштабах держави, а повинні ґрунтуватися на прогностичній оцінці якості природних вод і носити порівняльний характер.

Існуюча на цей час практика оцінки впливу техногенного навантаження на екологічний стан поверхневого водного об'єкта ґрунтується на нормативах допустимого впливу на водні об'єкти (НДВ). Однак цей показник фактично не враховує як площу водозбору, так і його освоєність. Встановлені НДВ повинні носити техніко-соціально-економічний характер, що забезпечить:

- співставлення в оцінці якості вод різних водних басейнів та їх ділянок, розташованих на території України, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР;

- реалізацію соціальної рівності населення в можливостях використання води для особистих і виробничих потреб;

- рівномірне і найбільш ефективно вкладення коштів у заходи щодо поліпшення якості природних вод на основі прогностичних показників.

Роль басейнових управлінь полягає в координації цих робіт по басейнах і регіонах, ув'язуванні їх у загальнодержавний стратегічний план і міжнародну взаємодію у сфері якості вод поверхневих водних об'єктів.

Встановлено особливості методології оцінки та нормування якісного складу поверхневих водних об'єктів у країнах світу та в Україні. Основні принципи встановлення стандартів у провідних країнах світу наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Закордонний досвід нормування водокористування

Країна	Стандарти якості води	Примітки
Канада	Нормування здійснюють провінції. Стандарти базуються на ГДК ЗР.	Ініціатива Канади – вважати забруднення довкілля невинуватим інтересами суспільства, кримінальним злочином, поряд із вбивством, і т.д. – є нововведенням до права навколишнього середовища.
Нідерланди	1. Короткострокові цільові показники (КЦП). 2. Довгострокові цільові показники (ДЦП).	Коригування КЦП дозволяє досягти поетапного кінцевого результату, тобто ДЦП.
Німеччина	Три рівні: федеральний, земельний і місцевий. Не має національних стандартів якості води.	Відповідальність за якість води несуть влади земель і можуть передавати повноваження водним асоціаціям.
США	1. Стандарти, що ґрунтуються на ГДК. 2. Гранично допустиме техногенне навантаження призначається за басейновим принципом. 3. «Технології найкращого управління».	Штати можуть вводити більш суворі, ніж федеральні нормативи. Застосовується регулювання господарської діяльності на водозборі, а не нормування вмісту тієї чи іншої ЗР.
Франція	Басейновий принцип управління. Не встановлюються жорсткі нормативи. Основна роль при управлінні відводиться механізму економічного стимулювання.	Відповідно до Рамкової Директиви ради Європи басейнова модель управління за французьким зразком вводить у всіх країнах Європейського союзу.

Продовження таблиці 1

Країна	Стандарти якості води	Примітки
Японія	1. Показники якості питної води. 2. Нормативи екологічної рівноваги водних екосистем.	Якщо державні нормативи менш жорсткі, то місцеві органи вправі змінювати стандарти в бік їх посилення.

Особливої уваги заслуговує досвід нормування шкідливих впливів Японії, яка використовує за основу нормативи екологічної рівноваги водних екосистем, а також США, де значну увагу приділено нормуванню господарської діяльності на водозаборі.

В Україні, відповідно до ВРД та «Порядку розроблення плану управління річковим басейном», стратегічною екологічною ціллю для всіх районів річкових басейнів є досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод, а також «доброго» екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод.

Головним недоліком існуючої системи нормування водокористування в Україні є те, що вона не містить відмінностей у вимогах до складу вод природних (природно-техногенних) поверхневих водних об'єктів і води, що використовується людиною для пріоритетних цілей водокористування. Помилковість такого підходу до нормування якості природних вод виникає, на наш погляд, через невірне трактування самого терміна «якість води». У формулюванні Водного Кодексу України «якість води – характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних цілей використання». Встановлене Водним Кодексом України поняття «якість води» однозначно пов'язує його із придатністю для використання в тих чи інших цілях. Поставлено знак рівності між складом вод, що формується у природному середовищі, та складом води, що потрібен людині для її використання.

У третьому розділі, враховуючи головну мету ВРД – запобігання погіршенню стану всіх поверхневих водних об'єктів для досягнення ними «доброго» стану, надано базові підходи щодо класифікації поверхневих водних об'єктів за їхнім екологічним станом; термін «якість води» пропонується трактувати як «характеристику складу води, яка визначає її властивості».

Виходячи з таких міркувань, система прогнозування змін екологічного стану поверхневого водного об'єкта повинна полягати в тому, щоб довести склад води на ділянці водотоку до необхідного «доброго» стану. Відносно ж води природних водних об'єктів мета прогнозування змін її екологічного стану повинна полягати у стабілізації існуючого екологічного стану, зменшенні техногенного навантаження, в бік його скорочення, і досягнення ними «доброго» екологічного стану. План управління річковим басейном має враховувати результати прогнозування зміни екологічного стану води внаслідок техногенного впливу, беручи до уваги транскордонне забруднення, що змінює її природну екологічну якість.

Тому пропонується методику нормування якості води розробляти з урахуванням геоекоекологічних процесів на водозборі враховуючи транскордонне забруднення, а не тільки екологічного стану та якості води самого поверхневого

водного об'єкта. Така методика повинна дозволяти прогнозувати зміну екологічного стану поверхневого водного об'єкта на основі змін рівня техногенного впливу на нього, з урахуванням особливостей БУВР та впливу транскордонних водних об'єктів.

Порівняльний критерій прогнозного стану поверхневих водних об'єктів дозволяє проводити їх ранжування за здатністю привносити ЗР, та враховуючи транскордонне забруднення, а також прогнозувати проведення першочергових природоохоронних заходів і отримувати максимальний екологічний ефект.

З усього вищесказаного випливає, що перш ніж розробляти заходи для плану управління річковим басейном, необхідно розділити об'єкти нормування на дві категорії (рис. 1).

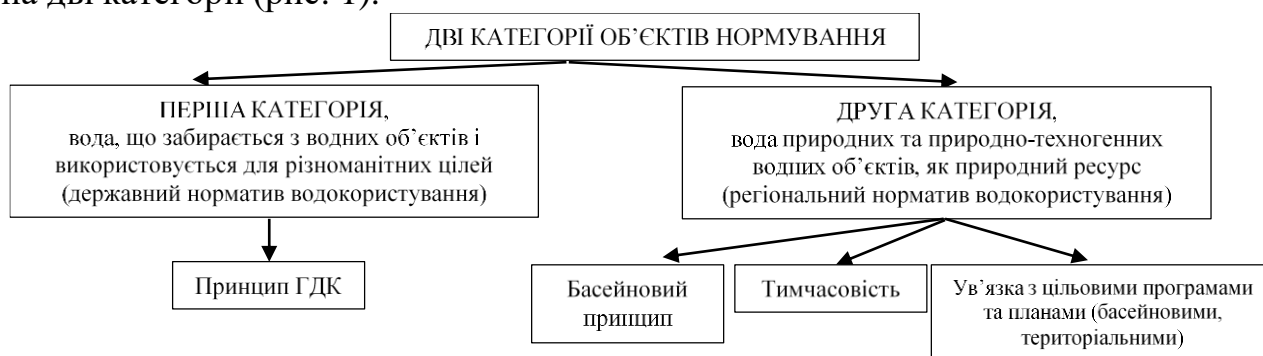


Рисунок 1 – Категорії нормування якості вод поверхневих водних об'єктів

Перша категорія – це вода, що забирається з поверхневих водних об'єктів і використовується людиною для тих чи інших цілей (господарсько-питне, промислове, сільськогосподарське водопостачання, риборозведення, зрошення сільгоспугідь та ін.).

Друга категорія – це вода природних або природно-техногенних поверхневих водних об'єктів як природний ресурс, що формується під впливом географічних, кліматичних, ландшафтних, ґрунтових та інших природних умов (в т.ч. і з урахуванням техногенної діяльності та впливу транскордонного забруднення).

Поділ поверхневих водних об'єктів на дві категорії дозволяє кардинально змінити саму суть нормування вод. Проблема нормування вод, що відносяться до першої категорії є досить зрозумілою. Оскільки основна мета у цьому випадку – відповідність хімічного складу таких вод вимогам людського організму, організмів риб, рослин, тварин або води як сировини або технологічного компонента у виробництві тієї чи іншої продукції, то до нормування її складу цілком можна застосувати принцип ГДК. Ці нормативи якості повинні розроблятися на державному рівні й бути обов'язковими для виконання на всій території держави. Подібні нормативи якості вод повинні досягатися у відповідних системах водопідготовки і рекуперації, а витрати на їх досягнення – відноситися до собівартості продукції.

Набагато складніше (в методологічному, технічному та економічному планах) вирішується питання із прогнозуванням зміни хімічного складу води, що відноситься до другої категорії. Отже, мета ефективного прогнозування зміни якісного складу вод другої категорії має досягатися на регіональному

рівні в межах басейнового управління та з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів.

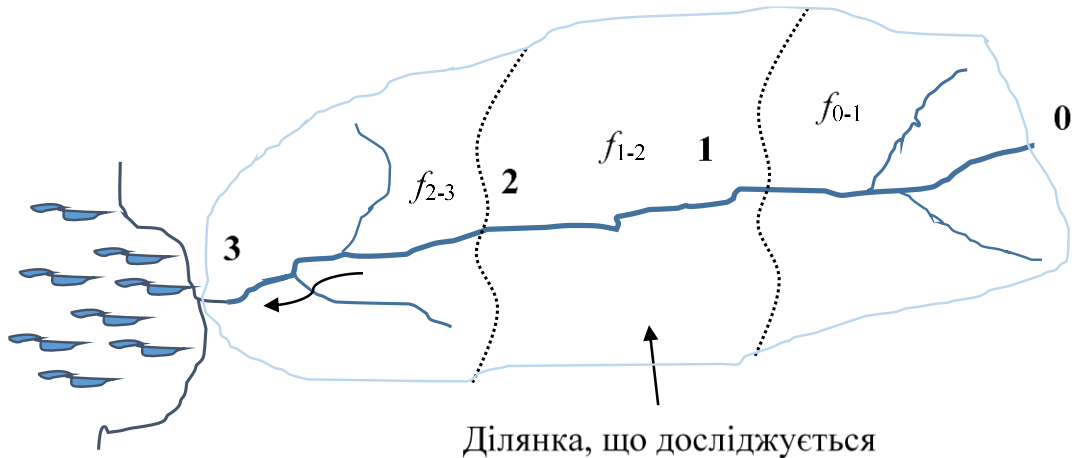
У четвертому розділі для визначення та прогнозування зміни величини гранично допустимого техногенного навантаження на поверхневі водні об'єкти пропонується варіант розрахунку їх максимальної асиміляційної здатності. Різниця між якістю вод поверхневого водного об'єкта у природному стані з урахуванням його асиміляційної здатності і сучасним існуючим станом дозволяє визначити ступінь його деградації. Однак визначити природний стан через недостатню кількість або повну відсутність даних для великої кількості поверхневих водних об'єктів, оцінити їх асимілюючу здатність, розділити надходження ЗР і самоочищення, на сьогодні є достатньо складною проблемою.

З урахуванням сучасного науково-технічного розвитку для оцінки існуючого стану поверхневих водних об'єктів використовується статистичний аналіз вмісту тих чи інших ЗР за стаціонарними постами. Як показують чисельні дослідження науковців, достатньо складною є можливість встановити навіть загальний характер зміни складу вод у часі: залежно від зміни водності може спостерігатися як збільшення, так і зменшення вмісту ЗР, а в ряді випадків спостерігаються максимуми або мінімуми. Це пов'язано зі «стандартністю» підходів, що застосовуються: аналіз трансформації якісного складу проводиться щодо кожного окремого створу; при цьому не враховуються процеси, що відбуваються по довжині водотоку між виділеними створами або за часом – для водойми, а тим більше вплив транскордонного забруднення.

Фактичний екологічний стан поверхневого водного об'єкта, його відхилення від природного залежать від великої кількості факторів. Отже, для аналізу водно-екологічної ситуації на водозборі та як індикатор в самому поверхневому водному об'єкті найбільш доцільно застосовувати питомий комплексний показник. Такий показник повинен відображати кількісне надходження конкретної ЗР та їх сукупності, у тому числі внаслідок транскордонного забруднення, в поверхневий водний об'єкт у межах річкового басейну та їх зміни в міру наростання його площі.

Питомий комплексний показник повинен дозволяти: по-перше, порівнювати різні площі водозбору і різні водозбори між собою за надходженням ЗР; по-друге, відображати екологічний стан всього водозбору, геоекологічні процеси, що відбуваються на ньому, з урахуванням впливу транскордонних водних об'єктів, а не тільки якість води самого поверхневого водного об'єкта; по-третє, з урахуванням обмеженості фінансових коштів на водоохоронні заходи найбільш раціонально вкладати ці кошти, ранжуючи їх черговість у часі, виходячи з їх наявності.

Для відповідності об'єктивних показників оцінки якості води поверхневих водних об'єктів принципам побудови програмних заходів проаналізуємо найпростішу модель формування якісного складу води на ділянці водозбору, обмеженій верхнім (1) і нижнім (2) створами (рис. 2).



f_{0-1} , f_{1-2} та f_{2-3} – площі водозборів розрахункових ділянок річки; F – площа всього водозбірного басейну (дорівнює сумі усіх площ розрахункових ділянок);
1 – вхідний створ; 2 – вихідний створ
Рисунок 2 – Схема відокремленої розрахункової ділянки в басейні річки

Масова витрата ЗР у будь-якому створі (m_i^j), як відомо, визначається не тільки складом стічних вод, але й техногенною діяльністю на водозборі, а також природними процесами, що відбуваються в самому поверхневому водному об'єкті, та розраховується за формулою: $(m_i^j)_{zp} = C_i^j \cdot Q_i$, (мг/с), де C_i^j – концентрація розглянутої j -ої ЗР, мг/дм³; Q_i – витрата води в i -му створі, дм³/с. Приріст масової витрати ЗР, що формується на водозбірній площі, обмеженій верхнім і нижнім створами ділянки поверхневого водного об'єкта, складається із зосереджених джерел, тобто $(\Delta m_{i+1,i}^j)_{zoc}$; дифузійного стоку, який формується на водозборі та складається із забруднень як природного $(\Delta m_{i+1,i}^j)_n$ так і техногенного походження $(\Delta m_{i+1,i}^j)_m$, тобто $(\Delta m_{i+1,i}^j)_n + (\Delta m_{i+1,i}^j)_m$; додаткового дифузійного стоку, який надходить із донних відкладень (вторинного забруднення), тобто $(\Delta m_{i+1,i}^j)_{em}$. Певна частина ЗР самоочищується за рахунок природних процесів як на території водозбору, так і в самому руслі річки, тобто $(\Delta m_{i+1,i}^j)_{co}$.

Якщо позначити масові витрати ЗР, обмеженої вхідним і вихідним створами ділянки водотоку, через Δm_{2-1}^j (за певний проміжок часу – для водойми), то балансове рівняння розглянутої ділянки буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} \Delta m_{2-1}^j &= C_2^j \cdot Q_2 - C_1^j \cdot Q_1 = m_2^j - m_1^j = \\ &= (\Delta m_{2-1}^j)_{zoc} + (\Delta m_{2-1}^j)_n + (\Delta m_{2-1}^j)_m + (\Delta m_{2-1}^j)_{em} - (\Delta m_{2-1}^j)_{co} = \\ &= (\Delta m_{2-1}^j)_3 - (\Delta m_{2-1}^j)_{co}. \end{aligned} \quad (1)$$

Перетворивши рівняння (1), отримаємо:

$$\frac{\Delta m_{2-1}^j}{(\Delta m_{2-1}^j)_3} = 1 - \frac{(\Delta m_{2-1}^j)_{co}}{(\Delta m_{2-1}^j)_3}. \quad (2)$$

Якщо позначити відношення витрати самоочищення до масової витрати забруднення водозбору, в тому числі внаслідок транскордонного перенесення ЗР, через коефіцієнт самоочищення водозбору (K_{co}):

$$K_{co} = \frac{(\Delta m_{2-1}^j)_{co}}{(\Delta m_{2-1}^j)_3}, \quad (3)$$

а відношення приросту масової витрати забруднення, в тому числі внаслідок транскордонного забруднення, до витрати забруднення водозбору – через коефіцієнт трансформації забруднення (K_{mp}):

$$K_{mp} = \frac{(\Delta m_{2-1}^j)}{(\Delta m_{2-1}^j)_3}, \quad (4)$$

то остаточно рівняння (4) можна записати:

$$K_{mp} = (1 - K_{co}). \quad (5)$$

Розв'язати рівняння (1) або (5) аналітично неможливо, але на їх підставі можна аналізувати стан водозбору і поверхневого водного об'єкта. За співвідношенням (5) логічно виділити три зони значення K_{co} і відповідного йому K_{mp} .

$$(I) K_{co} = 0, \quad K_{mp} = 1;$$

$$(II) K_{co} = 0 \div 1, \quad K_{mp} = 1 \div 0;$$

$$(III) K_{co} > 1, \quad K_{mp} < 0.$$

Зона (I) – критичний стан, тобто самоочищення практично не відбувається; і такий стан характеризується повною деградацією поверхневого водного об'єкта (техногенний стан). Усі ЗР, у тому числі за рахунок транскордонного надходження, транзитом переміщуються і накопичуються по довжині річки і водозбору.

Зона (II) – перехідний стан, при якому швидкість самоочищення є порівняною зі швидкістю утворення забруднень.

Зона (III) – благополучний стан, тобто самоочищення водозбору і річки перевищує швидкість надходження ЗР, у тому числі за рахунок транскордонного надходження.

За умов освоєння водозбору значення коефіцієнтів будуть змінюватися. Зі збільшенням техногенного навантаження і за відсутності водоохоронних заходів коефіцієнт самоочищення буде прагнути до нуля, а коефіцієнт трансформації – до одиниці та, як наслідок, водозбір і поверхневий водний об'єкт будуть наближатися до зони (I).

Графічно схему екологічного стану поверхневого водного об'єкта та його водозбору можна подати так, як це показано на рисунку 3.

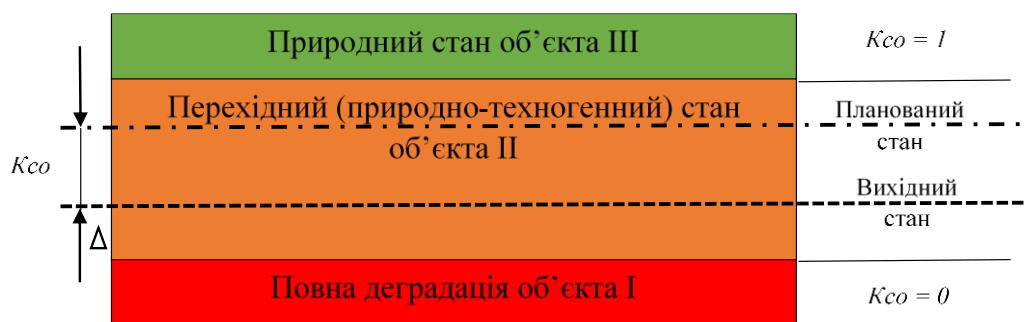


Рисунок 3 – Схема екологічного стану поверхневого водного об'єкта та його водозбору

У табличній формі це виглядає таким чином (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів самоочищення K_{co} і трансформації K_{mp} забруднень залежно від категорії стану водозборів та поверхневих водних об'єктів

Категорія стану водозбору та поверхневого водного об'єкта	Значення коефіцієнтів		Значення різниці масових витрат	Стан водозбору та поверхневого водного об'єкта
	K_{co}	K_{mp}		
I	0	1	$\Delta m_{2-1}^j = (\Delta m_{2-1}^j)_3$	Водозбір та поверхневий водний об'єкт зазнали повної деградації
II	0–1	1–0	$\Delta m_{2-1}^j = (\Delta m_{2-1}^j)_3 \dots 0$	Водозбір та поверхневий водний об'єкт асимілюють частину забруднень
III	> 1	< 0	$\Delta m_{2-1}^j < 0$	Водозбір та поверхневий водний об'єкт повністю асимілюють забруднення і мають запас здатності до самоочищення

Кінцевою метою програми як складової частини плану управління річковим басейном із досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод та їх водозбору є призначення рівня цільового показника (ЦП). Такий показник планується в результаті виконання водоохоронних заходів (рис. 3). Це і є той довгостроковий ЦП (ДЦП) або короткостроковий ЦП (КЦП) (залежно від масштабів програми). Його досягнення пов'язане з підвищенням значення коефіцієнта самоочищення водозбору ΔK_{co} (рис. 3). Призначення ДЦП і КЦП, а отже, і ΔK_{co} , залежить від вихідного стану поверхневого водного об'єкта і обсягу коштів, які можуть бути вкладені у виконання програмних заходів. Як вихідні ЦП залежно від стану об'єкта можуть бути взяті значення ГДК або більш «м'які» (надалі вони будуть «підвищуватися», «посилюватися»). Однак, оскільки мова йде не тільки про сам поверхневий водний об'єкт, а й діяльність на його водозборі та транскордонних водних об'єктах, такий показник повинен бути «прив'язаний» не до створу, а через створи (як індикатори забруднення водозбору та транскордонного

перенесення ЗР) до площі його басейну. Це дозволяє оцінювати питоме навантаження даного водозбору в порівнянні із сусідніми ділянками, басейном річки в цілому і сусідніми басейнами (аж до території України та країни сусідів у цілому).

Таким чином, необхідний такий прогностичний показник змін якості вод поверхневих водних об'єктів, який дозволяв би:

- оцінювати і порівнювати якість вод як у межах декількох адміністративно-територіальних утворень, так і в межах природних водних басейнів та їх ділянок, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР;

- ранжувати за ступенем внеску в загальне забруднення масиви поверхневих вод конкретних басейнів, транскордонних водних об'єктів, адміністративних утворень і ділянок;

- виходячи з наявних реальних коштів, планувати їх вкладення у водоохоронні заходи, які дадуть максимальний екологічний ефект;

- враховувати регіональні особливості формування якості вод і природний вміст ЗР, який знижувати недоцільно;

- планувати можливість використання вод поверхневих водних об'єктів на виділених ділянках як ресурсу;

- оптимізувати систему моніторингу якості вод водних об'єктів, шляхом збільшення кількості постів спостережень за її екологічним станом, у тому числі для транскордонних водних об'єктів;

- розраховувати реально досяжні нормативи допустимих впливів на поверхневі водні об'єкти та їх ділянки, з урахуванням транскордонного перенесення ЗР;

- після закінчення встановленого терміну – переглядати вищевказані нормативи на підставі оцінки змін, що сталися в якості вод, у тому числі внаслідок впливу транскордонного забруднення.

Такій сукупності умов задовольняє інтегральний показник порівняльної оцінки якості вод поверхневих водних об'єктів, що базується на показникові екологічного стану водозбору і поверхневого водного об'єкта та враховує вплив транскордонного перенесення ЗР, тобто модуль трансформації ($M_{i+1,i}^j$, мг/(с · км²)) j -ї ЗР на $(i+1, i)$ -й даній ділянці й являє собою відношення приросту масової витрати ($\Delta m_{i+1,i}^j$, мг/с) до площі цієї ділянки ($f_{i+1,i}$, км²):

$$M_{i+1,i}^j = \frac{\Delta m_{i+1,i}^j}{f_{i+1,i}}. \quad (6)$$

Цей показник у межах виділених ділянок і в цілому по басейну є об'єктивним критерієм екологічного стану водозбору та поверхневого водного об'єкта, оскільки є питомою величиною, що погоджує надходження ЗР із водозбору і самоочищення, що відбувається як на водозборі, так і в самому поверхневому водному об'єкті та враховує вплив транскордонного забруднення.

Для ділянок із негативними модулями виносу $M_{i+1,i}^j < 0$, у межах яких приріст масової витрати j -ї ЗР $\Delta m_{i+1,i}^j < 0$, можна дійти таких висновків: 1) у

межах цих ділянок процеси самоочищення переважають над надходженням ЗР і вони є ділянками благополучного екологічного стану; 2) на певному етапі розроблення програми із досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод та їх водозбору вони можуть бути виключені з числа ділянок із планованими програмними заходами.

Графічно крива збільшення масової витрати ЗР за ділянками з наростанням площі водозбору від витoku до гирла наведена на рисунку 4.

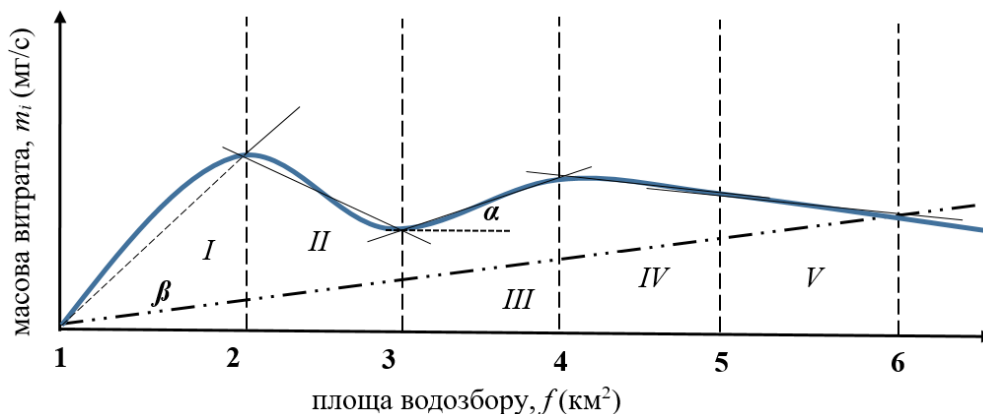


Рисунок 4 – Схема інтегральної кривої масової витрати ЗР із наростанням площі басейну

Тангенс кута нахилу (α) будь-якої січної або дотичної лінії до інтегральної кривої є модуль трансформації ЗР на цій ділянці ($M_{i+1,i}^j$, мг/(с · км²)):

$$tg\alpha_{i+1,i}^j = \frac{\Delta m_{i+1,i}^j}{f_{i+1,i}} = \frac{m_{i+1}^j - m_i^j}{f_{i+1} - f_i} = M_{i+1,i}^j. \quad (7)$$

Якщо знайти відношення модуля трансформації j -ї ЗР для ділянки ($tg\alpha_{i+1,i}^j$) до модуля трансформації зазначеної речовини з території річкового басейну в цілому, в тому числі внаслідок транскордонного надходження ($tg\beta_j$), то можна дійти висновку про екологічний стан кожної виділеної ділянки по відношенню до стану басейну водотоку в цілому: якщо це відношення менше одиниці, то на даній ділянці екологічний стан є більш сприятливим, в іншому випадку – гіршим. На рисунку 4 ділянки (II), (IV) і (V) є ділянками з відносно благополучним екологічним станом (табл. 2, зона III).

Всі вищеписані міркування відносяться до однієї j -ї ЗР. На практиці ж ми маємо справу з цілим спектром ЗР. Отже, потрібен якийсь інтегральний показник якості води поверхневих водних об'єктів, яким може служити середнє значення модуля трансформації, розрахованого за формулою (6), за групою певних регіонально значущих ЗР, зокрема й унаслідок транскордонного надходження, перелік яких можна скласти на підставі багаторічних даних мережі постів моніторингу. Порядок розрахунку є таким.

За формулою (6) для кожної регіонально значущої ЗР по всіх виділених ділянках і в замикаючому створі розраховуються їх модулі трансформації. Слід зауважити, що при розрахунку модуля трансформації в замикаючому створі приймається не прирощення, а масова витрата відповідної ЗР у цьому створі.

Потім розраховується бальна оцінка ($B_{i+1,i}^j$) для всіх m -х речовин за n -ми виділеними ділянками за довжиною водотоку (за розрахунковими роками – для водойми), що являє собою відношення модуля трансформації по j -й речовині в даному створі ($M_{i+1,i}^j$) до модуля трансформації за цією самою речовиною в замикаючому створі ($M_{зам}^j$) для водотоку (природного вихідного стану для водойми).

За отриманими даними складається матриця вихідного стану поверхневого водного об'єкта (табл. 3).

Таблиця 3 – Інтегральна матрична оцінка стану поверхневого водного об'єкта за гідрохімічною якістю води (існуючий стан)

Речовина	Роки для водойм (для водотоків – розрахункові ділянки)				Сумарний бал
	1	2	.....	m	
1	B_{0-1}^1	B_{1-2}^1$	.....	B_{m-1,m}^1$	$\sum_{k=1}^m B_k^1$
.....	.....	.....	.....	.....	$\sum_{k=1}^m B_k^{\dots}$
n	B_{0-1}^n	B_{1-2}^n$	.....	B_{m-1,m}^n$	$\sum_{k=1}^m B_k^n$
	$\sum_{i=1}^n B_{0-1}^i$	$\sum_{i=1}^n B_{1-2}^i$	.....	$\sum_{i=1}^n B_{m-1,m}^i$	Сума B

Примітка. Відповідно до правил матричного обчислення сумарний бал (Сума B), розрахований як у вертикальній, так і в горизонтальній площині, повинен бути однаковим і є контролем правильності виконаних розрахунків.

Сумарний бал і є показником існуючого стану поверхневого водного об'єкта, який також враховує вплив транскордонного забруднення. Він відображає усереднений стан поверхневого водного об'єкта та його водозбору за регіонально значущими ЗР, в порівнянні із загальним станом всього водозбору по замикаючому створу для водотоків (з вихідним станом – для водойм). Зростання показника існуючого стану вказує на погіршення екологічного стану поверхневого водного об'єкта (надходження ЗР переважає над процесами самоочищення), а зниження – на його стабілізацію.

На підставі вказаного підходу пропонується методика порівняльної оцінки якості вод басейнів, ділянок водотоків і водойм.

Отже, регіональні нормативи впливів для річкових басейнів та їх ділянок повинні ґрунтуватися на критерії порівняльної оцінки якості вод, враховувати вплив транскордонного забруднення, геоекологічні процеси, зокрема – техногенні, що відбуваються на водозборах. Одним із таких критеріїв може слугувати модуль трансформації ЗР. На основі запропонованого показника екологічного стану водозбору і поверхневого водного об'єкта розроблено методику порівняльної оцінки якості вод басейнів водотоків, ділянок водотоків і водойм.

П'ятий розділ присвячено прогнозуванню зміни якості води в поверхневих водних об'єктах, з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів. Для визначення необхідного прогнозного рівня зниження техногенного впливу на поверхневий водний об'єкт за надходженням ЗР, у тому числі транскордонного походження, запишемо рівняння матеріального балансу. Розглянемо виділену ділянку річки, обмежену верхнім i -м і нижнім $(i+1)$ -м створами (рис. 5). Позначимо масову витрату j -ї ЗР у нижньому створі (m_{i+1}^j) через таку у верхньому (m_i^j), самоочисну здатність поверхневого водного об'єкта ($m_{i+1,i}^{j(co)}$) і надходження цієї ж речовини в межах виділеної ділянки, як із дифузійним, так і з зосередженим стоками ($m_{i+1,i}^{j(zoc)} = \sum_{n=1}^N Q_n \cdot C_n^j$, де N – кількість зосереджених, у тому числі транскордонних приток), тобто ($m_{i+1,i}^{j(ном)} = m_{i+1,i}^{j(zoc)} + m_{i+1,i}^{j(диф)}$):

$$\Delta m_{i+1}^j = m_{i+1,i}^{j(надх)} - m_{i+1,i}^{j(co)} \cdot \quad (8)$$

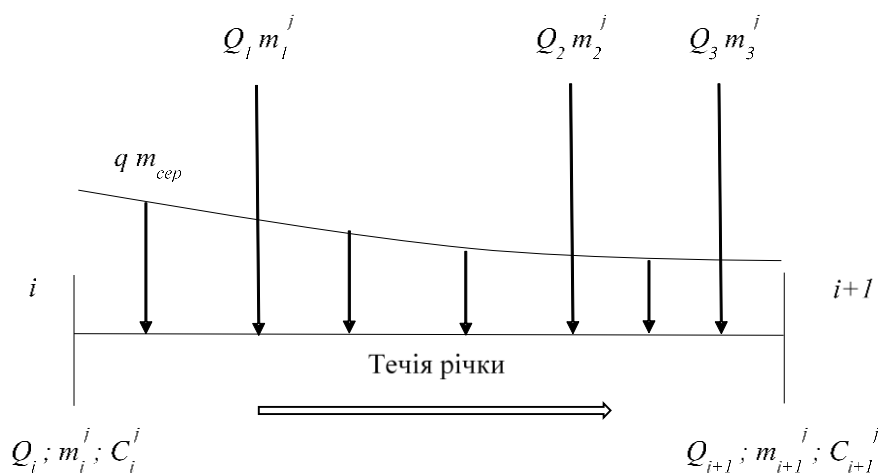


Рисунок 5 – Схема зміни витрат води в річці, масової витрати і концентрації j -ї ЗР, у тому числі транскордонного походження, на ділянці річки від верхнього i -го створу до нижнього $(i+1)$ -го створу

Відомо, що формування якісного складу в поверхневому водному об'єкті відбувається під дією двох взаємозалежних процесів – «чистого «механічного» розведення» і під дією природних процесів. Розглянемо окремий випадок зміни якісного складу водотоків – випадок «чистого розведення», який найбільш часто використовується у практиці гідрохімічних розрахунків. Для нього є характерними такі умови:

1) Зміна концентрацій ЗР відбувається тільки за рахунок їх надходження, у тому числі за рахунок транскордонного надходження і подальшого розведення в межах виділеної ділянки, тобто $\Delta C_{i+1,i}^j = \Delta C_{i+1,i}^{j(чрз)} = C_{i+1}^j - C_i^j = C_{i+1,i}^{j(чрз)} - C_i^j$, мг/дм³.

2) Зміни мас ЗР, у тому числі транскордонного походження, за рахунок природних процесів у поверхневому водному об'єкті на цій ділянці, не відбувається, тобто $m_{i+1,i}^{j(co)} = 0$, тому $m_{i+1,i}^{j(чрз)} = m_i^j + \Delta m_{i+1,i}^{j(чрз)}$.

3) Витрати води в нижньому створі (Q_{i+1}) складається із транзитних витрат, протікаючих через верхній створ (Q_i), і сформованої витрати в межах виділеної ділянки, як за рахунок зосередженого, так і дифузійного стоків, тобто: $Q_{i+1} = Q_i + \Delta Q_{i+1,i(np)}$; при цьому $\Delta Q_{i+1,i(np)} = \Delta Q_{i+1,i} = Q_{i+1} - Q_i$, $\text{дм}^3/\text{с}$.

Рівняння для розрахунку приросту концентрацій j -ї ЗР між розглянутими створами може бути записане в наступному вигляді:

$$\Delta C_{i+1,i}^j = C_{i+1}^j - C_i^j = \frac{m_i^j + \Delta m_{i+1,i}^j(\text{чрз})}{Q_{i+1}} - C_i^j. \quad (9)$$

Якщо рівняння (9) перетворити, то остаточно його можна записати в такому вигляді:

$$\Delta C_{i+1,i}^j(\text{чрз}) = \frac{1}{Q_{i+1}} \cdot \Delta m_{i+1,i}^j(\text{чрз}) - (C_i^j) \cdot \left(1 - \frac{Q_i}{Q_{i+1}}\right), \quad (10)$$

яке й описує трансформацію розглянутої ЗР, у тому числі транскордонного походження, у випадку «чистого розведення». Якщо до рівняння (10) ввести позначення: перше: $d_{i+1,i}^j(\text{чрз}) = \frac{1}{Q_{i+1}}$, яке дозволяє зробити висновок про те, що воно не залежить від виду ЗР і є рівно зворотнім величині витрати водотоку в замикаючому $(i+1)$ -му створі; і друге: $f_{i+1,i}^j(\text{чрз}) = \frac{m_i^j \cdot Q_{i+1} - m_i^j \cdot Q_i}{Q_i \cdot Q_{i+1}} = (C_i^j) \cdot \left(1 - \frac{Q_i}{Q_{i+1}}\right)$, то воно може бути перетворене до лінійного вигляду:

$$\Delta C_{i+1,i}^j(\text{чрз}) = d_{i+1,i}^j(\text{чрз}) \cdot \Delta m_{i+1,i}^j(\text{чрз}) - f_{i+1,i}^j(\text{чрз}) \cdot \quad (11)$$

Розглянемо реальний поверхневий водний об'єкт, для якого процеси самоочищення і надходження є нероздільним і відбувається практично завжди. Фактичний баланс всіх процесів для реальних умов його екосистеми описується рівнянням:

$$\Delta m_{i+1,i}^j = (\Delta m_{i+1,i}^j)_{\text{вч}} - (\Delta m_{i+1,i}^j)_{\text{вч}} = (Q_i \cdot \Delta C_{i+1,i}^j + \Delta Q_{i+1,i} \cdot \Delta C_{i+1,i} - Q_i \cdot C_i^j) - (\Delta m_{i+1,i}^j)_{\text{вч}}. \quad (12)$$

Математичне моделювання даних ретроспективного аналізу екологічного стану води Дніпра показало, що в реальних умовах залежність збільшення дійсної концентрацій j -ї ЗР ($\Delta C_{i+1,i}^j(\text{дн})$) від збільшення їх мас ($\Delta m_{i+1,i}^j(\text{дн})$) в межах ділянок водотоку, обмежених існуючими стаціонарними створами, описується лінійним рівнянням виду:

$$\Delta C_{i+1,i}^j(\text{дн}) = \Delta m_{i+1,i}^j(\text{дн}) \cdot \alpha_{i+1,i}^j - \beta_{i+1,i}^j, \quad (13)$$

де $m_{i+1,i}^j(\text{дн})$, $m_{i(\text{дн})}^j$, $C_{i+1,i}^j(\text{дн})$ і $C_{i(\text{дн})}^j$ – відповідно дійсні маси і концентрації j -ї ЗР у верхньому і нижньому створах водотоку, мг та мг/дм³; $\alpha_{i+1,i}^j$ і $\beta_{i+1,i}^j$ – відповідно значення кутового коефіцієнта і вільного члена для цієї ж речовини, чисельні

значення яких для розглянутих ділянок, для водотоку в цілому, а так само і для різних водотоків – є неоднаковими. Вони враховують як історично сформовані умови формування кількісних і якісних показників, так і унікальність басейну, в межах якого відбувається їх формування.

Рівняння (13) дозволяє: 1) приблизно розрахувати масові витрати j -ї ЗР або її концентрацію в будь-якому створі; 2) проводити моделювання зміни збільшення як масової витрати ЗР, так і її концентрації в межах виділеного, а так само на нижчих ділянках, у процесі розробки водоохоронних програм; 3) розподіляти плановані нормативи допустимих впливів між водокористувачами, розташованими в межах цієї ділянки.

У діючій методиці комплексної оцінки ступеня забрудненості поверхневих водних об'єктів за гідрохімічними показниками чіткого поділу речовин на консервативні й неконсервативні немає. Нами пропонується наступний методичний підхід до визначення консервативності ЗР. На рисунках 6 і 7 показано лінійні залежності (на основі даних моніторингу Державного агентства водних ресурсів України – ДАВР), що описують трансформацію ЗР у руслі річки в межах виділеної ділянки водотоку, як для умов «чистого розведення» (лінія 1), так і для умов реального поверхневого водного об'єкта (лінія 2).

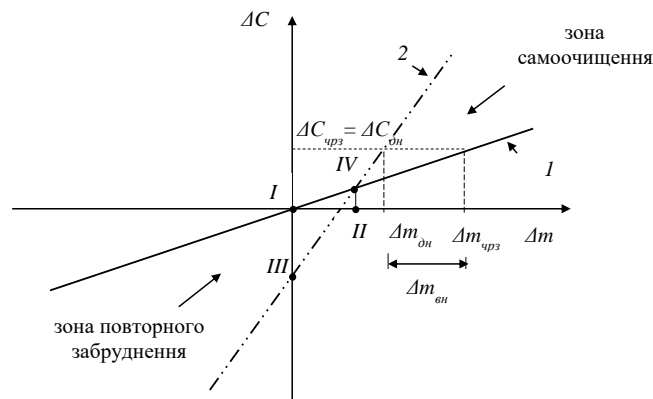


Рисунок 6 – Трансформація неконсервативних ЗР (біогенів)

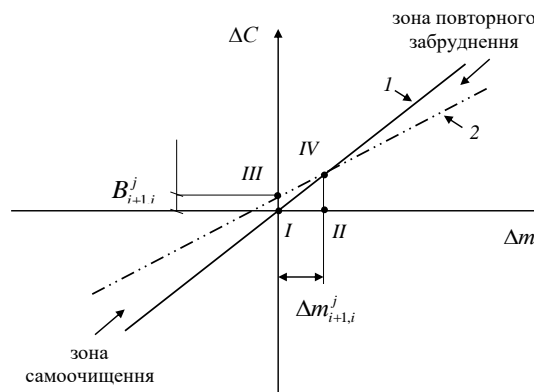


Рисунок 7 – Трансформація консервативної ЗР (синтетичні поверхнево-активні речовини)

Аналіз рисунків 6 і 7 дозволяє виділити такі характерні точки:

– точка II показує, що у разі виконання даних умов у реальному поверхневому водному об'єкті приріст масової витрати j -ї ЗР відбувається тільки за рахунок зміни витрати в межах виділеної ділянки; концентрація ж цієї речовини на даній ділянці залишається постійною;

– точка III показує, що у випадку виконання даних умов у реальному поверхневому водному об'єкті приріст масової витрати j -ї ЗР відбувається тільки за рахунок зміни концентрації в межах виділеної ділянки, в той час як витрата – залишається постійною;

– точка IV показує співвідношення між «чистим розведенням» і природними процесами в поверхневих водних об'єктах, яке залежить від виду ЗР.

За рівних значень збільшення концентрацій $\Delta C_{i+1,i(\partial n)}^j = \Delta C_{i+1,i(\text{чрз})}^j$ для неконсервативних речовин, збільшення масової витрати для реального поверхневого водного об'єкта ($\Delta m_{i+1,i(\partial n)}^j$) буде менше, ніж для умов «чистого розведення» ($\Delta m_{i+1,i(\text{чрз})}^j$). Тобто в реальному поверхневому водному об'єкті зі збільшенням приросту концентрації ЗР посилюються природні процеси ($\Delta m_{i+1,i(\partial n)}^j$).

Таким чином, існуюча на цей час практика, коли самоочисна здатність поверхневого водного об'єкта приймається в «запас» не завжди виправдана. Зокрема, для неконсервативних ЗР слід очікувати збільшення надходження цих речовин за рахунок вторинного забруднення, у тому числі й транскордонного походження. Для консервативних ЗР (див. рис. 7) співвідношення вищеписаних процесів виходять прямо протилежними.

Отже, можна констатувати, що в реальному поверхневому водному об'єкті залежно від водності року можуть спостерігатися такі характерні випадки:

1) зі збільшенням витрати зміна змісту j -ї ЗР відбувається тільки за рахунок переважання процесу її надходження із зосередженим і дифузійним стоками з водозбору і його розведення через збільшення витрат, що надходять, у тому числі транскордонного походження;

2) зі зменшенням витрат процес «механічного» надходження і розведення знижується, і починають переважати природні процеси у поверхневих водних об'єктах.

Це, у свою чергу, дозволяє довести, що лінійні залежності, одна з яких описує процес «чистого» «механічного» розведення, а інша – процеси, що відбуваються в реальному поверхневому водному об'єкті, будуть подані лініями, що взаємно перетинаються (див. рис. 6 і рис. 7).

Розглянемо точку IV – перетин двох лінійних залежностей в якому «чисте розведення» відповідає процесам у реальному поверхневому водному об'єкті. Якщо порівняти загальний вигляд рівнянь (11) і (13), то вони практично збігаються. Тоді результати розрахунків за цими рівняннями для розглянутого випадку за середньорічними даними так само повинні бути рівними:

$$\begin{cases} \Delta C_{\text{реал. річки}} = \Delta C_{\text{"чист" розв}} \\ \Delta m_{\text{реал. річки}} = \Delta m_{\text{"чист" розв}} \\ \Delta m_{i+1,i}^j \Rightarrow 0 \end{cases}$$

Виходячи з цього, можна припустити, що якщо виконуються умови: перша: $\alpha_{i+1,i}^j - d_{i+1,i}^j \approx \pm \delta_Q$, де δ_Q – похибка вимірювання витрати води у водотоці; і друга $b_{i+1,i}^j - r_{i+1,i}^j \approx \pm \sqrt{\delta_Q^2 + \delta_C^2}$, де δ_Q – похибка визначення концентрації j -ї ЗР, то ця ЗР є консервативною, в іншому випадку – неконсервативна для конкретних умов ділянки водотоку.

Оцінка ступеня консервативності речовини може бути проведена, в першому наближенні, й за коефіцієнтом кореляції (R^2) експериментальної залежності (13). Для консервативних речовин R^2 значно нижче, ніж для неконсервативних.

З рівняння модуля трансформації j -ї ЗР (6) знайдемо приріст масової витрати ($\Delta m_{i+1,i}^j = M_{i+1,i}^j \cdot f_{i+1,i}$) і, підставивши в рівняння (13), отримаємо:

$$\Delta C_{i+1,i}^j = a_{i+1,i}^j \cdot M_{i+1,i}^j \cdot f_{i+1,i} - b_{i+1,i}^j. \quad (14)$$

Рівняння (14) пов'язує два взаємопов'язані процеси – формування гідрохімічного режиму поверхневого водного об'єкта в межах виділеної ділянки та його трансформацію безпосередньо в самому поверхневому водному об'єкті. Це дозволяє дійти висновку – приріст концентрації j -го ЗР ($\Delta C_{i+1,i}^j$) буде від'ємним (процеси самоочищення будуть переважати над надходженням, у тому числі транскордонного походження), при $M_{i+1,i}^j > 0$, тільки якщо: $a_{i+1,i}^j = M_{i+1,i}^j \cdot f_{i+1,i} < b_{i+1,i}^j$; завжди – при $M_{i+1,i}^j < 0$.

Якщо рівняння (14) представити у вигляді $M_{i+1,i}^j = \frac{\Delta C_{i+1,i}^j}{a_{i+1,i}^j \cdot f_{i+1,i}} + \frac{b_{i+1,i}^j}{a_{i+1,i}^j \cdot f_{i+1,i}}$, то

на основі обробки ретроспективних середньорічних спостережень можна переконатися, що другий член фактично буде існуючим (сучасним) регіональним «фоном» за даною ЗР, а перший – відображати процес трансформації компонента, що розглядається, як у водотоці, так і в його водозборі, за значенням якого і слід призначати програму водоохоронних заходів (призначення ОНРЗ), виходячи із планової зміни модуля трансформації j -ї ЗР.

Розробка планів управління річковим басейном по досягненню/підтриманню «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод вимагає значних технічних, матеріальних і часових витрат. Завдання, пов'язані зі зниженням матеріальних витрат, стає особливо актуальним у процесі виконання цих планів, оскільки потрібно проводити безперервний моніторинг зміни гідрохімічного стану водотоку для подальшого коректування запроектованих водоохоронних заходів. У той же час відомо, що витрати (матеріальні й часові) задля визначення вмісту в поверхневому водному об'єкті

різних ЗР, у тому числі транскордонного походження, – не однакові. Тому пропонується наступний підхід щодо зниження цих витрат.

Призначення ОНРЗ для поверхневого водного об'єкта спрямоване на стабілізацію його якісного складу на існуючому рівні, а в подальшому – на досягнення/підтримання його «доброго» екологічного стану. Припустимо, за рахунок проведення водоохоронних заходів надходження ЗР, у тому числі транскордонні надходження, знижується і, як наслідок, концентрація j -ї ЗР за довжиною водотоку зменшується, тобто виконується умова: $C_i^j > C_{i+1}^j$ (див. рис. 7). Тоді, в будь-якому довільному створі ($L_i \leq L_x \leq L_{i+1}$), розташованому між існуючими стаціонарними, концентрація тієї чи іншої ЗР може бути

розрахована за формулою: $C_x^j = C_i^j \left(\frac{C_{i+1}^j}{C_i^j} \right)^{\frac{L_x - L_i}{L_{i+1} - L_i}}$. Зазначену формулу легко

перевірити: якщо довільно обраний створ збігається з вище розташованим, тобто $L_i = L_x$, тоді показник ступеня в ній перетворюється на нуль і $C_{x=L}^j = C_i^j$.

Крім того, як це було зазначено вище, для двох довільно вибраних ЗР на даній ділянці водотоку залежності збільшення концентрацій від збільшень масових витрат описуються лінійними рівняннями, як це показано на рисунку 8.

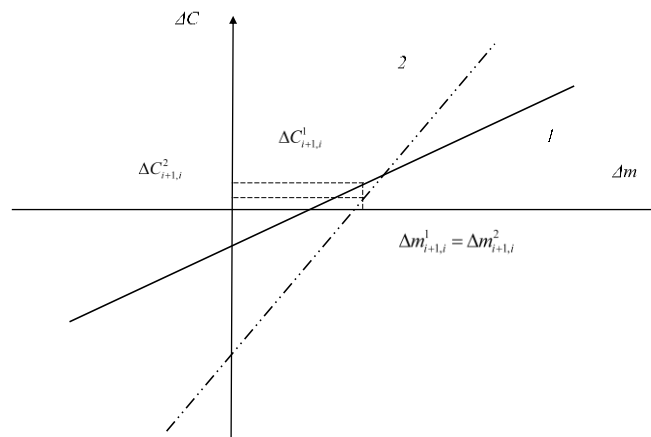


Рисунок 8 – Залежності збільшення концентрації від збільшення масової витрати для речовини 1 ($\Delta C_{i+1,i}^1(\Delta m) = \Delta m_{i+1,i}^1(\Delta m) \cdot a_{i+1,i}^1 - b_{i+1,i}^1$) і речовини 2

$$(\Delta C_{i+1,i}^2(\Delta m) = \Delta m_{i+1,i}^2(\Delta m) \cdot a_{i+1,i}^2 - b_{i+1,i}^2)$$

Виберемо довільний відрізок на осі абсцис $\Delta m_{i+1,i} = \Delta m_{i+1,i}^1 = \Delta m_{i+1,i}^2$ (див. рис. 9) і проведемо нормаль до даної осі. Отримаємо для першої речовини ординату $\Delta C_{i+1,i}^1$, а для другої – $\Delta C_{i+1,i}^2$. Тоді в першому наближенні можна припустити таке:

1) Якщо з рівняння для першої ЗР виразити приріст її масової витрати

$$\Delta m_{i+1,i}^1 = \frac{1}{a_{i+1,i}^1} \cdot (\Delta C_{i+1,i}^1 - b_{i+1,i}^1)$$
 і підставити в рівняння для другої, отримаємо:

$$\Delta C_{i+1,i}^2 = \frac{a_{i+1,i}^2}{a_{i+1,i}^1} (\Delta C_{i+1,i}^1 - b_{i+1,i}^1) + b_{i+1,i}^2. \quad (15)$$

Рівняння (15) дозволяє в першому наближенні проводити розрахунок збільшення концентрації другої ЗР за умови, що приріст концентрації першої ЗР є відомим.

2) Якщо є середньорічні (за тривалий період) дані щодо змін концентрацій декількох ЗР, то залежність збільшення концентрації ($\Delta C_{i+1,i}^n$) будь-якої з них може бути виражена через аналогічні залежності інших:

$$\begin{aligned} \Delta C_{i+1,i}^n = & \frac{a_{i+1,i}^n}{(n-1) \cdot a_{i+1,i}^1} \cdot \Delta C_{i+1,i}^1 + \frac{a_{i+1,i}^n}{(n-1) \cdot a_{i+1,i}^2} \cdot \Delta C_{i+1,i}^2 + \dots + \frac{a_{i+1,i}^n}{(n-1) \cdot a_{i+1,i}^{n-1}} \cdot \Delta C_{i+1,i}^{n-1} + \\ & + \left[b_{i+1,i}^n - \frac{a_{i+1,i}^n}{(n-1)} \left(\frac{b_{i+1,i}^1}{a_{i+1,i}^1} + \frac{b_{i+1,i}^2}{a_{i+1,i}^2} + \dots + \frac{b_{i+1,i}^{n-1}}{a_{i+1,i}^{n-1}} \right) \right] \end{aligned} \quad (16)$$

або

$$\Delta C_{i+1,i}^n = \frac{a_{i+1,i}^n}{(n-1) \cdot a_{i+1,i}^1} \left[\frac{1}{a_{i+1,i}^1} (\Delta C_{i+1,i}^1 - b_{i+1,i}^1) + \frac{1}{a_{i+1,i}^2} (\Delta C_{i+1,i}^2 - b_{i+1,i}^2) + \dots + \frac{1}{a_{i+1,i}^{n-1}} (\Delta C_{i+1,i}^{n-1} - b_{i+1,i}^{n-1}) \right] + b_{i+1,i}^n$$

при $n \geq 2$

Це дозволяє в будь-якому проміжному створі розрахувати трансформацію однієї з ЗР за даними для інших ЗР, у тому числі і для ЗР транскордонного походження.

3) Залежність суми збільшень концентрацій декількох ЗР ($\sum_{n=1}^N \Delta C_{i+1,i}^n$) від їх складових ($\Delta C_{i+1,i}^1, \Delta C_{i+1,i}^2, \dots, \Delta C_{i+1,i}^n$) можна розрахувати за формулою (16), вважаючи, що $\sum_{n=1}^N \Delta C_{i+1,i}^n = \Delta C_{i+1,i}^{n+1}$.

Таким чином, наведені залежності (15) і (16) в будь-якому довільному створі в першому наближенні дозволяють розраховувати збільшення концентрацій деяких ЗР, у тому числі транскордонного походження. Це дозволяє значно знизити матеріальні й часові витрати на визначення вмісту тих чи інших ЗР, в порівнянні із традиційними методиками визначення.

Отже, у випадку визначення орієнтовного рівня поліпшення якості вод та розроблення програм водоохоронних заходів доцільно здійснювати прогнозування якісного складу поверхневих водних об'єктів, тобто його моделювання, з урахуванням впливу на них транскордонного забруднення.

У шостому розділі проведено порівняльну оцінку якості вод басейнів водотоків у межах України. В основу запропонованої оцінки покладено басейновий принцип, який передбачає районування поверхневих водних об'єктів на території України за їх басейнами, з урахуванням кількості адміністративних одиниць в його межах, і представляється у вигляді матриці формату «Басейн – адміністративна одиниця – забруднювальна речовина».

Шляхом ретроспективного аналізу проведено обстеження основних приток басейну Дніпра. Основні параметри обстеженого басейну і поверхневих водних об'єктів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Основні характеристики поверхневих водних об'єктів басейну Дніпра

Найменування поверхневого водного об'єкта (основні притоки)	Області, якими протікає	Характеристики поверхневого водного об'єкта		
		Площа водозбору, тис. км ²	Середньорічний стік, м ³ /с	Довжина водотоку, км
р. Сож	Росія (Смоленська область) Республіка Білорусь (Могилевська область, Гомельська область) Україна (Чернігівська область)	41,4	207	648
р. Прип'ять	Республіка Білорусь (Брестська область, Гомельська область) Україна (Волинська область, Рівненська область, Київська область)	121	460	775
р. Тетерів	Україна (Житомирська область, Київська область)	15,3	18,4	385
р. Ірпінь	Україна (Житомирська область, Київська область)	3,3	173,6	162
р. Десна	Росія (Смоленська область, Брянська область) Україна (Чернігівська область, Сумська область, Київська область)	88,9	360	1130
р. Трубіж	Україна (Чернігівська область, Київська область)	4,7	3,6	113
р. Рось	Україна (Вінницька область, Київська область, Черкаська область)	12,6	22,5	346
р. Супій	Україна (Черкаська область, Київська область, Чернігівська область)	2	6,0	130
р. Сула	Україна (Сумська область, Полтавська область)	19,6	29	363
р. Тясмин	Україна (Кіровоградська область, Черкаська область)	4,5	0,2	161
р. Псел	Росія (Курська область, Білгородська область) Україна (Сумська область, Полтавська область)	22,8	55	717
р. Ворскла	Росія (Белгородська область) Україна (Сумська область, Полтавська область)	14,7	36	464
р. Оріль	Україна (Харківська область, Полтавська область, Дніпропетровська область)	9,8	13,2	346

Продовження табл. 4

Найменування поверхневого водного об'єкта (основні притоки)	Області, якими протікає	Характеристики поверхневого водного об'єкта		
		Площа водозбору, тис. км ²	Середньорічний стік, м ³ /с	Довжина водотоку, км
р. Самара	Україна (Донецька область, Харківська область, Дніпропетровська область)	22,7	17	320
р. Інгулець	Україна Кіровоградська область, Дніпропетровська область, Миколаївська область, Херсонська область)	14,9	8,5	549

Для оцінки за наявною мережею постів системи моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України ДАВР, з усіх поверхневих водних об'єктів у межах басейну на території України в замикаючих створах використовуються середньорічні значення витрати води $(Q_{зам})_{\epsilon/m}^k$ і концентрації пріоритетних ЗР $((C_{зам}^j)_{\epsilon/m}^k)$ і розраховуються їх масові витрати $((m_{зам}^j)_{\epsilon/m}^k)$:

$$(m_{зам}^j)_{\epsilon/m}^k = (Q_{зам})_{\epsilon/m}^k \cdot (C_{зам}^j)_{\epsilon/m}^k. \quad (17)$$

Ураховуючи, що всі ЗР поділяються на 4 класи небезпеки, для розрахунку модуля трансформації j -ї ЗР додатково вводяться поправкові коефіцієнти (KO_S^j) , чисельні значення яких у першому наближенні можна прийняти такими: речовини 4-го класу небезпеки – 1; 3-го класу – 2; 2-го класу – 3 і 1-го класу – 4.

Для попередньої оцінки якісних характеристик транскордонних водних об'єктів у першому наближенні частка об'єктів у межах басейну на території України розраховується пропорційною площі водозбору і формула для розрахунку модуля трансформації j -ї ЗР для кожного до k -го водотоку має вигляд:

$$(M_o^j)_{\epsilon/m}^k = \frac{(m_{зам}^j)_{\epsilon/m}^k}{F_{\epsilon/m}^k} \cdot K_{\epsilon/m}^k \cdot KO_S^j, \quad (18)$$

де $F_{\epsilon/m}^k$ – площа водозбору розглянутого водотоку в замикаючому створі, км²;

$K_{\epsilon/m}^k = \frac{f_{з/б}^{Y_{кр}}}{F_{\epsilon/m}^k}$ – коефіцієнт пропорційності; $f_{з/б}^{Y_{кр}}$ – площа водозбору k -ї річки в межах басейну на території України, км².

Для кожної j -ї ЗР визначається середнє значення модуля трансформації з усіх розглянутих поверхневих водних об'єктів в межах басейну України:

$$(M^j_{БасУкр})_{\epsilon/m} = \frac{\sum^K (M_o^j)_{\epsilon/m}^k}{K}, \quad (19)$$

де K – кількість розглянутих водотоків у межах басейну на території України, од.

Бальна оцінка існуючого стану для k -го водотоку по j -й ЗР у межах басейну на території України:

$$(B^j_{\text{БасУкр}})_{\text{в/м}}^k = \frac{(M_o^j)_{\text{в/м}}^k}{(M_{\text{БасУкр}}^j)_{\text{в/м}}} \quad (20)$$

Інтегральна порівняльна оцінка якості води для k -го водотоку за пріоритетними ЗР розраховується як середнє арифметичне значення з усіх:

$$\overline{(B^j_{\text{БасУкр}})_{\text{в/м}}^k} = \frac{\sum_{j=1}^N (B^j_{\text{БасУкр}})_{\text{в/м}}^k}{N}, \quad (21)$$

де N – кількість пріоритетних регіональних ЗР, од.

Розрахована середня оцінка дозволяє: по-перше, провести ранжування всіх водотоків розглянутого басейну (або його ділянки) за рівнем техногенного навантаження (надходженням ЗР), тобто провести його районування; по-друге, виявити з усього переліку ті ЗР, які мають максимальні масові витрати, і можливі джерела їх надходження; по-третє, прогнозувати зміну екологічного стану поверхневого водного об'єкта і визначити пріоритетність вкладення коштів, з метою досягнення максимального екологічного ефекту в цілому по басейну в межах України.

Ранжований ряд основних водотоків у межах басейну Дніпра, проведений за запропонованою методикою, наведений в таблиці 5.

Таблиця 5 – Ранжований ряд основних приток Дніпра в межах його басейну на території України

Поверхневий водний об'єкт	Берег Дніпра	Внесок поверхневого водного об'єкта в загальне забруднення води Дніпра
р. Самара	Лівий	0,347
р. Оріль	Правий	0,229
р. Тетерів	Правий	0,062
р. Інгулець	Правий	0,058
р. Ворскла	Лівий	0,047
р. Ірпінь	Лівий	0,037
р. Сула	Правий	0,036
р. Псел	Лівий	0,033
р. Прип'ять	Лівий	0,03
р. Рось	Правий	0,029
р. Десна	Лівий	0,028
р. Трубіж	Лівий	0,023
р. Сож	Лівий	0,022
р. Тясмин	Лівий	0,019
р. Супій	Правий	дані ДАВР відсутні

На основі середньо-багаторічних даних проведено ранжування за запропонованою методикою (табл. 6) восьми річкових басейнів України, окрім басейну річок Криму, оскільки дані в системі моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України ДАВР щодо нього відсутні.

Таблиця 6 – Ранжований ряд річкових басейнів України

Район річкового басейну	Сумарний внесок ЗР у поверхневі водні об'єкти в межах річкового басейну	Вплив річкового басейну на екологічний стан гідросфери України
Річки Причорномор'я	2902,52	0,407
Річки Приазов'я	1845,24	0,259
Дон	635,41	0,089
Дунай	507,49	0,072
Південний Буг	513,84	0,071
Дністер	327,92	0,046
Дніпро	233,54	0,033
Вісла	167,58	0,023

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш несприятливий вплив на екологічний стан гідросфери України, у порівнянні з іншими басейнами, мають поверхневі водні об'єкти басейнів річок Причорномор'я та Приазов'я.

Як правило, річковий басейн практично ніколи не збігається з територіальними межами державного кордону України (єдиним відокремленим басейном у межах України є район басейну річки Південний Буг). На більшість вод басейнів України мають свій вплив поверхневі водні об'єкти, що формуються та протікають по території країн-сусідів та мають транскордонний характер. Тому порівняльну оцінку розглянутого водотоку по внесенню ЗР пропонується проводити в межах басейнового управління, з урахуванням транскордонного надходження ЗР.

Для порівняльної оцінки якості вод виділених ділянок попередньо за формулою (8) розраховуються середньорічні масові витрати пріоритетних ЗР. Питомим показником зміни j -ої ЗР в межах виділеної $(i+1, i)$ -ї ділянки басейну k -го водотоку z -го транскордонного поверхневого водного об'єкта є модуль трансформації цієї речовини $((M_{i+1,i}^j)^k)$, що являє собою відношення прирощення масової витрати $((\Delta m_{i+1,i}^j)^k)$ до площі водозбору $((f_{i+1,i})^k)$, тобто:

$$(M_{i+1,i}^j)^k = \frac{(\Delta m_{i+1,i}^j)^k}{(f_{i+1,i})^k} \cdot KO_S^j. \quad (22)$$

Модуль трансформації j -ї характерної ЗР для кожного z -го транскордонного поверхневого водного об'єкта, розташованого в межах розглянутого басейну k -го водотоку, розраховується за формулою:

$$(M_{TBO}^j)^k = \frac{(\Delta m_{TBO}^j)^k}{(f_{TBO})^k} \cdot KO_S^j, \quad (23)$$

де $(\Delta m_{TBO}^j)^k$ – приріст масової витрати j -ої ЗР в межах z -го транскордонного поверхневого водного об'єкта, мг/с:

$$(\Delta m_{TBO}^j)^k = (m_{вхТВО}^j)^k - (m_{вхТВО}^j)^k, \quad (24)$$

де $(m_{\text{вхТВО}}^j)_z^k$ і $(m_{\text{вхТВО}}^j)_z^k$ – відповідно масові витрати j -ї ЗР, мг/с.

Інтегральна бальна оцінка існуючого стану проводиться за відношенням модуля трансформації в межах розглянутої $(i+1, i)$ -ї ділянки $((M_{i+1,i}^j)_z^k)$ до такого в замикаючому створі z -го транскордонного водного об'єкта басейну k -го водотоку $((M_{\text{ТВО}}^j)_z^k)$, тобто:

$$(B_{i+1,i}^j)_z^k = \frac{(\Delta m_{i+1,i}^j)_z^k}{(M_{\text{ТВО}}^j)_z^k}. \quad (25)$$

Інтегральна порівняльна бальна оцінка існуючого стану розглянутого басейну k -го водотоку за ділянками в межах z -го транскордонного водного об'єкта здійснюється за формулою:

$$\frac{1}{(B_{\text{ТВО}})_z^k} = \frac{\sum_{j=1}^N (B_{i+1,i}^j)_z^k}{N}. \quad (26)$$

Така усереднена оцінка дозволяє провести ранжування всіх виділених ділянок за надходженням ЗР (техногенного впливу) з їх водозбірної площі в межах розглянутого басейну водотоку.

Приклад порівняльної оцінки існуючого стану басейну р. Прип'ять як найбільшої за середньорічним стоком притоки Дніпра та такої, що має транскордонний характер, за виділеними ділянками, за даними системи моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України ДАВР за надходженням ЗР наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 – Порівняльна оцінка якості води р. Прип'ять за нормованими показниками

Показник	Пост спостереження			Сума	Середнє значення по басейну	Внесок речовини
	р. Прип'ять, 60 км, с. Довляди, кордон із Білоруссю	р. Прип'ять, 26 км, м. Чорнобиль	р. Уж, 15 км, с. Черевач, техн. в/з м. Чорнобиль			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, ммольО ₂ /дм ³	0,22	0,19	0,28	0,69	0,23	0,1345
Сульфат-іони, ммоль/дм ³	0,46	0,53	0,87	1,86	0,62	0,3242
Хлорид-іони, мг/дм ³	0,74	0,92	0,73	2,40	0,80	0,3889
Амоній-іони, ммоль/дм ³	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,0052
Нітрат-іони, ммоль/дм ³	0,10	0,07	0,02	0,19	0,06	0,0531
Нітрит-іони, ммоль/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,0005
Фосфат-іони (поліфосфати), ммоль/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,0003

Продовження табл. 7

Показник	Пост спостереження			Сума	Середнє значення по басейну	Внесок речовини
	р. Прип'ять, 60 км, с. Довляди, кордон з Білоруссю	р. Прип'ять, 26 км, м. Чорнобиль	р. Уж, 15 км, с. Черевач, техн. в/з м. Чорнобиль			
Сума	1,92	2,03	2,21	6,16		
Середнє по ділянці	0,24	0,25	0,28		2,05	
Внесок ділянки	0,31	0,33	0,36			1,00

У цьому розділі проведено прогноз трансформації ЗР за довжиною водотоку. Так, на підставі π -теореми Букінгема була запропонована залежність для розрахунку наведеної концентрації ($C_{i,np}^j = \frac{C_i^j}{C_{ГДК}^j}$) j -ї ЗР:

$$C_{L,np}^j = \left[(C_{i,np}^j)^{n_{i+1,i}^{np} + 1} - K_L^{np} \cdot (n_{i+1,i}^{np} + 1) \cdot \frac{1}{Sh_{i+1,i}^{cp}} \right]^{\frac{1}{n_{i+1,i}^{np} + 1}}, \quad (27)$$

де $n_{i+1,i}^{np} = \left[(Fr_{i+1,i}^{cp})^{k_{1,j}} (D_{i+1,i}^{np})^{k_{2,j}} \cdot \lg(T/T_{20} + 1) \right]^2$ – наведений безрозмірний порядок процесу; T – температура води на момент обстеження ділянки, °C; $k_{1,j}$, $k_{2,j}$ – безрозмірні показники ступеня, чисельне значення яких визначаються експериментально для кожної j -ї ЗР; $Fr_{i+1,i}^{cp} = (V_{i+1,i}^{cp})^2 / (g \cdot H_{i+1,i}^{cp})$ – число Фруда; $V_{i+1,i}^{cp}$, та $H_{i+1,i}^{cp}$, – відповідно середня швидкість і глибина потоку в межах розглянутої ділянки, м/с, м; $D_{i+1,i}^{np} = D_{i+1,i}^{cp, sunp} / \nu$ – наведений коефіцієнт дифузії; ν – коефіцієнт динамічної в'язкості м²/с; $D_{i+1,i}^{cp, sunp} = k_{заз} D_{i+1,i}^{cp}$ – виправлений коефіцієнт турбулентної дифузії, сумарно характеризує умови перемішування в річковому потоці, м²/с; $k_{заз}$ – поправочний коефіцієнт; $D_{i+1,i}^{cp} = \frac{g H_{i+1,i}^{cp} V_{i+1,i}^{cp}}{m_{i+1,i}^{cp} C_{i+1,i}^{cp}}$ – коефіцієнт турбулентної дифузії, м²/с; $C_{i+1,i}^{cp} = \frac{V_{i+1,i}^{cp}}{\sqrt{H_{i+1,i}^{cp} I_{i+1,i}^{cp}}}$ – коефіцієнт Шезі, 1/с; $m_{i+1,i}^{cp}$ – величина, що є функцією коефіцієнта Шезі $C_{i+1,i}^{cp}$; $m_{i+1,i}^{cp} = 0,7 C_{i+1,i}^{cp} + 6$ – усереднене за часом і за глибиною значення поперечної складової швидкості, м/с; $v_{i+1,i}^{cp} = \sqrt{g H_{i+1,i}^{cp} I_{i+1,i}^{cp}}$ – динамічна швидкість, м^{3/2}/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; $w_{i+1,i}^{cp} = \frac{V_{i+1,i}^{cp}}{\sqrt{N_{i+1,i}^{cp}}}$ – середнє значення абсолютної величини пульсаційної швидкості, м/с; $N_{i+1,i}^{cp} = \frac{m_{i+1,i}^{cp} C_{i+1,i}^{cp}}{g}$ – безрозмірне характерне число турбулентного потоку; K_L^{np} – константа швидкості процесу, що розраховується за формулою:

$$K_L^{np} = \left(\frac{1}{n_{i+1,i}^{np} - 1} \right) \cdot \left(\frac{1}{(\xi_L^j)^{np} - 1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{C_i^j}{C_{ГДК}^j} \right)^{np} \cdot \frac{1}{Sh_{i+1,i}^{np}})^{-1}, \quad (28)$$

де $\xi_L^j = C_L^j / i^j$ – безрозмірний параметр; $Sh_{i+1,i}^{cp} = H_{i+1,i}^{cp} / (V_{i+1,i}^{cp} \cdot \tau)$ – число Струхала, безрозмірна величина; τ – час добігання потоку до довільного створу, с.

Необхідно також відзначити, що якщо знайти похідну інтегральної порівняльної оцінки за всіма k -ми водотоками в межах басейну Дніпра на території України від інтегральної порівняльної оцінки існуючого стану по всіх розглянутих ділянках басейнів водотоків у межах z -х транскордонних утворень, то можна провести ранжування всіх виділених ділянок за надходженням ЗР у води поверхневих водних об'єктів у цілому по басейну (внаслідок техногенного впливу). Це дозволяє провести прогнозування подальшої зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта, а також визначити пріоритетність проведення природоохоронних заходів на конкретних ділянках водотоків (формувані басейнові програми водоохоронних заходів), з урахуванням впливу транскордонного забруднення.

Проведено порівняльну оцінку якості води у водоймі. Водойма відрізняється від водотоків уповільненим або практично відсутнім водообміном, тому порядок розрахунку для неї у значній мірі відрізняється від водотоків. Для порівняльної оцінки якості води водойм необхідний тривалий ряд R -років спостережень, який повинен охоплювати P -років природного стану водойми, а також безпосередньо період його господарського використання, тривалістю $(R-P)$ -років. Основними вихідними даними є середньорічні обсяги водойми (V_i) концентрації пріоритетних ЗР (C_i^j). Порядок оцінки є наступним. На першому етапі за кожним роком для всіх R -років спостережень за кожен рік наявного ряду спостережень за період P -років природного стану водойми за кожною j -ою ЗР розраховуються середньоарифметичне значення їх масових витрат:

$$\overline{(m_p^j)_{\text{прир}}} = \frac{\sum_{j=1}^P m_i^j}{P}, \quad (29)$$

де i – порядковий номер року з R -років спостережень.

Бальна оцінка за j -ою ЗР є відношенням масової витрати в перший рік $(R-P)$ -років техногенного впливу на водойму, що аналізується, до її середньоарифметичного значення у природному стані:

$$B_i^j = \frac{(m_i^j)_{\text{техноген}}}{(m_p^j)_{\text{природ}}}. \quad (30)$$

Інтегральна порівняльна бальна оцінка екологічного стану водойми для кожного року за період $(R-P)$ -років її господарського використання визначається за формулою:

$$\overline{(B_i^{\text{водоїм}})} = \frac{\sum_{j=1}^N B_i^j}{N}, \quad (31)$$

де N – кількість пріоритетних регіональних ЗР, од.

Графічна залежність $\overline{(B_i^{\text{водойм}})} = f(R - P)$ дозволяє наочно простежити етапи зміни екологічного стану водойми на прикладі водойми-охолоджувача озера Лиман (охолоджувач Зміївської ТЕС, Харківська область), а також дозволяє прогнозувати його зміну внаслідок техногенного впливу на нього (рис. 9).

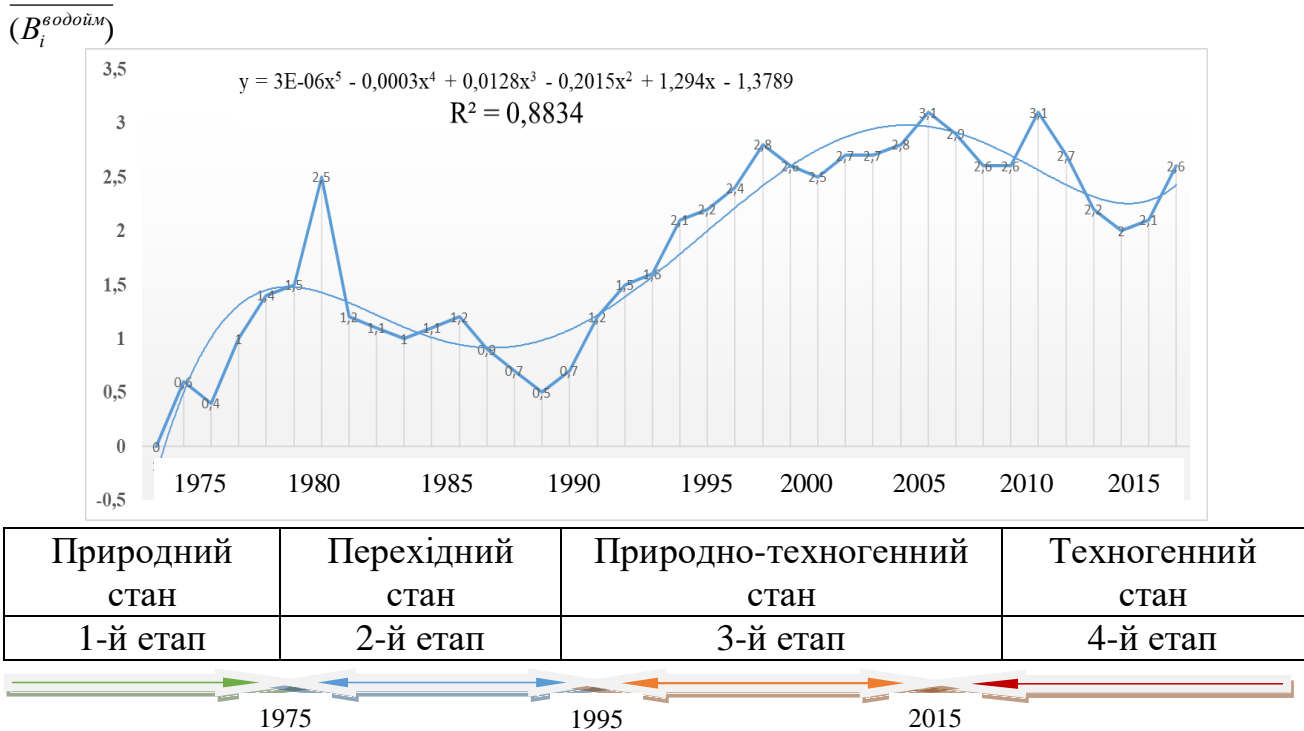


Рисунок 9 – Інтегральна порівняльна оцінка (за роками) і етапи зміни екосистеми озера Лиман

Таким чином, призначення НДВ на поверхневі водні об'єкти та їх водозбори мають розроблятися на підставі їх фактичного стану, а основоположні принципи їх призначення повинні бути наступними: перший – регіональність; другий – тимчасовість; третій – розробка програми водоохоронних заходів; четвертий – регулярний моніторинг і перегляд нормативів; п'ятий – ув'язка з наявністю достатнього фінансування.

У цих умовах найбільш ефективно застосовувати наступний підхід до розрахунку НДВ на поверхневі водні об'єкти:

1. На першому етапі розрахункові нормативи носять тимчасовий характер і спрямовані на стабілізацію існуючого екологічного стану поверхневого водного об'єкта, який визначається показником існуючого стану.

2. Одночасно розробляється перелік «Програми ...» щодо стабілізації та поетапного досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану поверхневого водного об'єкта, а також орієнтовний необхідний рівень при реалізації намічених заходів і термін виконання програми.

3. У процесі реалізації заходів «Програми ...» на підставі безперервного моніторингу нормативи повинні періодично переглядатися з урахуванням знову накопичених даних фактичної зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта, з урахуванням надходження транскордонних ЗР, а також

досягнутого рівня в порівнянні з планованим. Ведуться спостереження щодо уточнення природного фону.

4. На всіх наступних етапах вводяться нормативи, що посилюються в бік досягнення/підтримання «доброго» екологічного стану масивів поверхневих вод.

Відповідно до зазначеного підходу пропонується під тимчасовим НДВ на поверхневий водний об'єкт (його ділянку) за надходженням ЗР, у тому числі транскордонного походження, розуміти комплекс таких показників:

1. Показник існуючого стану поверхневого водного об'єкта (ділянки) за надходженням ЗР– ПС.

2. Орієнтовно необхідний рівень зниження шкідливого впливу на поверхневий водний об'єкт (ділянку) за надходженням ЗР – ОНРЗ.

3. Програму водоохоронних заходів – ПВЗ.

4. Термін виконання програми ПВЗ та досягнення орієнтовного рівня техногенного впливу на поверхневий водний об'єкт (ділянку) – ТВП.

Реалізація програми повинна здійснюватися за умов постійного моніторингу стану поверхневого водного об'єкта, що дозволить оцінити ефективність пропонованих заходів і зробити їх коригування на наступних етапах.

Отже, методологія відновлення якості вод поверхневих водних об'єктів, у тому числі внаслідок впливу на них транскордонного забруднення, яка може бути використана при розробці Плану управління річковим басейном, повинна включати: прогнозування та оцінку існуючого стану поверхневого водного об'єкта; визначення орієнтовного рівня поліпшення якості вод; розробку програм водоохоронних заходів; призначення можливого терміну реалізації програм з урахуванням економічних можливостей регіону і досягнутих на попередньому етапі результатів.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасних методів прогнозування та оцінки якісного складу вод дозволив виявити основні недоліки існуючих методологій. Запропоновано при розробці плану управління річковим басейном розділяти поверхневі водні об'єкти в його межах на дві категорії: перша категорія – вода як сировина; друга категорія – вода природних поверхневих водних об'єктів як природне джерело.

2. Проведено ретроспективний аналіз зміни якості вод природних поверхневих водних об'єктів у межах басейну Дніпра з урахуванням техногенного впливу на них. Визначено можливі причини зміни їх екологічного стану та можливі шляхи його покращення.

3. Обґрунтовано методологічний підхід до прогнозування зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкта, шляхом розробки нормативів шкідливих техногенних впливів на нього. Теоретично обґрунтовано механізм впровадження регіональних нормативів впливів на природні поверхневі водні об'єкти, з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів та особливостей БУВР.

4. Запропоновано критерій оцінки якісного складу вод, який враховує транскордонний вплив ЗР, геоекологічні процеси, що відбуваються як на водозборі, так і в поверхневому водному об'єкті. Розроблено методику порівняльної та прогнозової оцінки якості вод, з урахуванням впливу на них ЗР транскордонного походження, тобто районування водних об'єктів у межах БУВР.

5. Розроблено інтегральну бальну оцінку існуючого екологічного стану поверхневого водного об'єкта, який враховує відношення модуля трансформації ЗР, з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів. Така усереднена оцінка дозволяє провести ранжування всіх виділених ділянок за рівнем техногенного впливу з їх водозбірної площі в межах розглянутого басейну.

6. Встановлено, що прогнозування зміни якісного складу вод другої категорії (вода як природний ресурс, що формується під впливом техногенного навантаження) має проводитися на регіональному рівні в межах басейнового управління, з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів.

7. Розроблена методологія і методи експериментально апробовані на прикладі басейну Дніпра. Запропоновано заходи, які можуть бути використані БУВР при розробці плану управління річковим басейном. Оцінка існуючого екологічного стану річки Дніпро за запропонованою методикою дозволила обґрунтувати основні етапи евтрофікації водойми, виявити основні ЗР, які суттєво впливають на її екологічний стан.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Монографії

1. Пономаренко Р. В. Науково-теоретичні основи зниження техногенного навантаження на системи водопостачання регіону з урахуванням основних принципів басейнового управління водними ресурсами : монографія. Харків, 2020. 112 с.

2. Основи моделювання в ергономіці, екології і хімічній технології : монографія / за заг. ред. д-ра техн. наук, професора С. М. Логвінкова. Харків, 2017. С. 119–141.

Здобувачу належить розділ за напрямом управління процесом протидії джерелам екологічної небезпеки в умовах діючих станцій підготовки питної води.

Статті у фахових наукових виданнях із переліку МОН України

3. Пономаренко Р. В. Підвищення рівня екологічної безпеки питного водопостачання регіону в умовах забруднення поверхневого джерела. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. 2013. Вип. 1/2013 (15). С. 24–27.

4. Пономаренко Р. В. Возможность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с антропогенным воздействием на

поверхностные водоемы. *Загальнодержавний науково-технічний журнал «Проблеми екології»*. 2014. №1(33). С. 22–30.

5. Третьяков О. В., Пономаренко Р. В. Використання структуризації надзвичайних ситуацій як засобу забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2014. Вип. 64. С. 87–91.

Здобувач встановив можливість застосування підходу структуризації надзвичайних ситуацій для забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання регіону.

6. Третьяков О. В., Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В., Бородич П. Ю. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми. *Проблеми надзвичайних ситуацій: науковий журнал*. 2019. Вип. 29(1). С. 61–78.

Здобувач здійснив удосконалення математичної моделі показників екологічного стану поверхневих вод.

7. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В., Ковальов П. А. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2019. Випуск 6 (2/2019) С. 69–77.

Здобувач розробив модель прогнозування екологічного стану поверхневих вод басейну Дніпра.

8. Пономаренко Р. В., Слепужніков Є. Д., Пляцук Л. Д., Аблеєва І. Ю., Третьяков О. В. Визначення якісного стану водної екосистеми річки Дніпро. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. 2019. № 2(28). С. 52–62.

Здобувач провів оцінку якості води Дніпра за основними показниками, шляхом ретроспективного аналізу даних моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України.

9. Shtepa V., Plyatsuk L., Ablieieva I., Hurets L., Sherstiuk M., Ponomarenko R. Substantiation of the environmental and energy approach of improvement of technological regulations of water treatment systems. *Журнал «Technology audit and production reserves»*. 2020. Том 1, № 3(51) С. 11–17.

Здобувач обґрунтував еколого-енергетичний критерій оцінки функціонування споруд очищення стічних вод.

10. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В., Аблеєва І. Ю., Буц Ю. В., Барбашин В. В. Удосконалення методології визначення якісного стану в одній екосистемі (на прикладі річки Дніпро). *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. Серія: технічні науки та архітектура. 2020. Том 1, випуск 154. С. 82–93.

Здобувач удосконалив методологію визначення екологічного стану водотоку.

11. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Шерстюк М. М., Третьяков О. В., Штепа В. М. Прогнозування впливу техногенного забруднення на якісний стан

водної екосистеми річки Дніпро. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2020. Випуск 1(120). С. 80–85.

Здобувач розробив порядок проведення вимірювань оперативних показників екологічного стану поверхневого вододжерела.

12. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третяков О. В., Черкашин О. В., Затько Й. Прогнозування показників кисневого режиму поверхневого джерела в умовах водної екосистеми басейну Дніпра. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2020. Випуск 7 (1/2020). С. 51–56.

Здобувач провів дослідження щодо можливості використання двокомпонентної моделі Стрітера-Фелпса, а також її модифікації в умовах поверхневого водного об'єкта.

13. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Tretyakov O., Ablieieva I. Modeling of oxygen mode indicators in the conditions of the aquatic ecosystem of the Dnepr basin. *Журнал «Вода та водоочисні технології. Науково-технічні вісті»*. 2020. Том 26, № 1. С. 36–44.

Здобувач здійснив перевірку адекватності математичної моделі прогнозування кисневого режиму водної екосистеми басейну Дніпра.

14. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Tretyakov O., Ablieieva I. Modeling of operational control of the oxygen regime of the aquatic ecosystem in the conditions of the Dnieper basin. *Науковий журнал «Environmental Problems»*. 2020. Vol. 5, No. 1, P. 58–62.

Здобувач провів дослідження щодо вдосконалення математичної моделі динаміки інтегральних показників екологічного стану водойми.

15. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третяков О. В. Оцінка зміни та прогнозування показників кисневого режиму поверхневого джерела. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2020. Вип. 89. С. 51–59.

Здобувач удосконалив математичну модель динаміки інтегральних показників екологічного стану водойми шляхом доповнення корегуючими коефіцієнтами.

16. Пономаренко Р. В., Буц Ю. В. Управління процесом підготовки питної води в умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2012. Вип. 7. С. 123–129.

Здобувач обґрунтував шляхи оперативного управління водно-хімічним режимом в умовах поверхневого вододжерела.

17. Пономаренко Р. В., Буц Ю. В. Якісна питна вода запорука екологічної безпеки регіону. *Науковий журнал Харківського національного університету ім. Каразіна «Людина та довкілля. Проблеми неоекології»*. 2014. № 1-2. С. 112–114.

Здобувач провів ретроспективний аналіз показників якості води поверхневого джерела водопостачання.

18. Слепужніков Є. Д., Тарахно О. В., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В. Удосконалення контролю відбору проб рідких, газоподібних та сипучих речовин при дослідженні техногенного впливу на довкілля. *Науковий журнал*

Харківського національного університету ім. Каразіна «Людина та довкілля. Проблеми неоекології». 2018. Випуск 30. С. 148–158.

Здобувач розробив рекомендації щодо процедури відбору проб із виявлення небезпечних речовин.

19. Слепужников Е. Д., Петухов Р. А., Пономаренко Р. В., Буц Ю. В. Экологически безопасный метод локализации загрязнения почв при чрезвычайных ситуациях техногенного характера. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2019. Вип. 21. С. 63–71.

Здобувач розробив метод локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з витоком летючих токсичних рідин.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях, які індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science

20. Безсонний В. Л., Третьяков О. В., Халмурадов Б. Д., Пономаренко Р. В. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Том 5, № 10 (89). С. 32–38.

Здобувач визначив модельовані та емпіричні коефіцієнти показників визначення екологічного стану поверхневого водного об'єкта.

21. Buts Y., Asotskyi V., Kravnyuk O., Ponomarenko R. Influence of technogenic loading of pyrogenic origin on the geochemical migration of heavy metals. *Журнал геології, географії та геоecології (Journal of Geology, Geography and Geoecology)*. 2018. №27 (1). P. 43–50.

Здобувач провів розрахунки впливу техногенного навантаження на геохімічну міграцію важких металів у ґрунтах прибережних зон поверхневого водного об'єкта.

22. Asotskyi V., Buts Y., Kravnyuk O., Ponomarenko R. Post-pyrogenic changes in the properties of grey forest podzolic soils of ecogeosystems of pine forests under conditions of anthropogenic loading. *Журнал геології, географії та геоecології (Journal of Geology, Geography and Geoecology)*. 2018. №27 (2). P. 175–183.

Здобувач провів аналіз постпірогенної зміни ґрунтів екогеосистем соснових лісів прибережних зон поверхневого водного об'єкта.

23. Buts Y., Asotskyi V., Kravnyuk O., Ponomarenko R., Kovalev P. Dynamics of migration property of some heavy metals in soils in Kharkiv region under the influence of the pyrogenic factor. *Журнал геології, географії та геоecології (Journal of Geology, Geography and Geoecology)*. 2019. №28 (2). P. 409–416.

Здобувач вивів рівняння для визначення області максимального осадження (аккумуляції) гідроксидів та гідросокомплексів важких металів.

24. Buts Y., Asotskyi V., Kravnyuk O., Ponomarenko R., Kalynovskyi A. Geoecological analysis of the impact of anthropogenic factors on outbreak of emergencies and their prediction. *Журнал геології, географії та геоecології (Journal of Geology, Geography and Geoecology)*. 2020. №29 (1). P. 40–48.

Здобувач провів геоекологічний аналіз ризику виникнення надзвичайних ситуацій екологічного характеру на основі розміщення об'єктів підвищеної небезпеки.

25. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Том 5, № 10 (105). С. 54–62.

Здобувач провів математичне моделювання показників екологічного стану Дніпра.

Статті в інших наукових виданнях

26. Пономаренко Р. В., Ковальов П. А., Виноградов С. А. Prevention of accidental related to pollution of surface water sources with heavy metal ions. «Управління безпекою складних систем 2014». Зб. наук. праць. «Riadenie bezpečnosti zložitých systémov 2014». м. Ліптовьки Мікулаш, Словаччина. 2014. Вип. 1. С. 292–298.

Здобувач провів розрахунки ефективності видалення забруднювальних речовин шляхом аерації води.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

27. Пономаренко Р. В., Виноградов С. А. Забезпечення населення питною водою в надзвичайних ситуаціях. Збірка матеріалів І Міжвузівської науково-методичної конференції «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях» (Харків, 21 листопада 2012 р.). Харків, 2012. С. 228–229.

28. Третьяков О. В., Пономаренко Р. В. Підготовка питної води високої якості в умовах незадовільного екологічного стану поверхневого джерела. Збірник статей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України» (Запоріжжя, 15 грудня 2012 р.). Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2012. С. 54–55.

29. Третьяков О. В., Пономаренко Р. В. Забезпечення населення якісною питною водою як основа безпеки людини в сучасних умовах. *Матеріали IV Міжнародної науково-методичної конференції НТУ «ХП» «Безпека людини в сучасних умовах»* (Харків, 6-7 грудня 2012 р.). Харків, 2012. С. 119–120.

30. Пономаренко Р. В., Губаренко К. Г. Моніторинговий контроль якості господарсько-питної води для населення – основа її безпеки. *Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів»* (Харків, 16-18 жовтня 2013 р.). Харків: ХНАДУ, 2013. С. 127–129.

31. Шахов С. М., Шеремет О. М., Пономаренко Р. В. Пути предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с техногенным загрязнением поверхностных источников водоснабжения. *Материалы II научно-практической конференции курсантов и студентов «Стратегия «Казахстан – 2050»: совершенствование системы защиты от чрезвычайных ситуаций, развитие научных исследований в сфере безопасности»*

и жизнедеятельности населения (14 марта 2014 г.). Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2014. С. 310–317.

32. Пономаренко Р. В., Шеремет О. М., Шахов С. М. Якісна питна вода, як основа національної екологічної політики. Матеріали інтернет-конференції «Державне регулювання освітньо-наукового забезпечення підготовки конкурентоспроможних фахівців у сфері цивільного захисту» (Харків, 19-20 березня 2014 р.). Харків: НУЦЗУ, 2014. С. 139–140.

33. Шахов С. М., Пономаренко Р. В. Об'єкти водопостачання та гідроспоруди, як потенційно небезпечні об'єкти. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції курсантів та студентів «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (Харків, 2–3 квітня 2014 р.). Харків: НУЦЗУ, 2014. С. 91.

34. Третьяков О. В., Пономаренко Р. В. Забезпечення населення якісною питною водою шляхом впровадження нових технічних рішень. Збірник тез доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» Ч.ІІІ (Харків, 21-23 травня 2014 р.). Харків: НТУ «ХПІ». С. 270.

35. Пономаренко Р. В., Пономаренко Г. В. Аналіз наявних ресурсів протидії джерелам екологічної небезпеки для об'єктів питного водопостачання. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (Харків, 29–31 жовтня 2014 р.). Харків: ХНАДУ, 2014. С. 99–102.

36. Пономаренко Р. В., Будник О. М. Виробництво питної води в умовах діючих станцій водопідготовки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан цивільного захисту: перспективи та шляхи до Європейського простору» (Київ, 22–23 вересня 2015 р.). Київ: ІЛУЦЗ, 2015. С. 315–317.

37. Єрмоменко В. І., Пономаренко Р. В. Деякі питання щодо стану техногенної безпеки в Україні в 2016 році Матеріали щорічної міжнародної науково-технічної конференції «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (Харків, 27–28 квітня 2016 р.). Харків: ХНУБА, 2016. С. 114–116.

38. Пономаренко Р. В., Мішина В. О. Деякі питання щодо діяльності Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів. Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (Харків, 20–21 жовтня 2016 р.). Харків: ХНАДУ, 2016. С. 142–143.

39. Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В. Моніторинг поверхневих джерел водопостачання у випадку аварійної ситуації. Збірник матеріалів ІV науково-практичної конференції для молодих вчених, присвяченої 100-річчю Національної академії наук України «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Київ, 6–7 листопада 2017 р.). Київ, 2017. С. 11–12.

40. Мішина В. О., Пономаренко Р. В. Управління надійністю системи водопостачання як засіб вирішення проблеми екологічної безпеки регіону.

Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів *«Галузеві проблеми екологічної безпеки»* (Харків, 24 жовтня 2017 р.). Харків, 2017. С. 138–141.

41. Пономаренко Р. В., Мішина В. О. Характеристика основного джерела водопостачання східного регіону України. Збірник тез доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції *«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018»* (Харків, 18–20 квітня 2018 р.). Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. С. 169–170.

42. Пономаренко Р. В., Третьяков О. В. Питання щодо забезпечення населення якісною питною водою. Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції *«Технології та інфраструктура транспорту»* (Харків, 14-16 травня 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 285–287.

43. Пономаренко Р. В., Слепужніков Є. Д., Кустов М. В. Запобігання надзвичайним ситуаціям шляхом удосконалення контролю небезпеки у сфері екологічної безпеки за допомогою відбору проб рідких, газоподібних та сипучих речовин. Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції *«Інноваційні аспекти систем безпеки праці, захисту інтелектуальної власності»* (Полтава, 28–29 березня 2019 р.). Полтава: ПДАА, 2019. С. 75–78.

44. Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Пляцук Л. Д. Оцінка екологічного стану головної артерії питного водопостачання України. Тези доповідей сьомої міжнародної науково-технічної конференції *«Проблеми інформатизації»* (Черкаси, 13–15 листопада 2019 р.). Том 3: секція 5–7. Черкаси: Черкаський державний технологічний університет, 2019. С. 73.

45. Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Пляцук Л. Д. Визначення екологічного стану головної водної артерії України. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції *«Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водо підготовки»* (Київ, 14–15 листопада 2019 р.). Київ: НУХТ, 2019. С. 188–189.

46. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В., Асоцький В. В. Підхід до визначення екологічного стану Дніпра. Тези 6-ї Міжнародної науково-практичної конференції *«Перспективи світової науки та освіти»* (Осака, 26–28 лютого 2020 р.). Осака, Японія: Видавнича група CPN, 2020. С. 674–681.

47. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В. Модель прогнозування показників кисневого режиму поверхневого джерела. Тези доповідей десятої міжнародної науково-технічної конференції *«Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління»* (9–10 квітня 2020 р.). Том 2: секції 3, 4. Баку – Харків – Жиліна, 2020. С. 75.

48. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Аблеєва І. Ю. Прогноз зміни показників кисневого режиму поверхневого джерела в умовах водної екосистеми басейну Дніпра. Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції *«Сучасні технології у промисловому виробництві»* (Суми,

21–24 квітня 2020 р.). Суми: Сумський державний університет, 2020. С. 175–176.

49. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В., Слепужніков Є. Д. Прогнозування техногенного впливу на якісний стан водної екосистеми басейну Дніпра. Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки» (Дніпро, 28 квітня 2020 р.). Дніпро, 2020. С. 121–123.

АНОТАЦІЯ

Пономаренко Р. В. Науково-теоретичні основи прогнозування техногенного впливу на гідросферу при басейновому управлінні водними ресурсами України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Сумський державний університет, 2020. Спеціалізована вчена рада Д 55.051.04.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми прогнозування зниження рівня техногенного навантаження на екосистему поверхневих джерел водопостачання з урахуванням впливу на них транскордонних водних об'єктів в умовах існуючої системи басейнового управління водними ресурсами.

На основі проведеного ретроспективного аналізу виявлено тенденцію до постійного погіршення якості вод поверхневих водних об'єктів у межах басейну Дніпра за рахунок техногенного навантаження та транскордонного забруднення.

Аналіз сучасних підходів до прогнозування зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів дозволив: виявити основні недоліки існуючої методології оцінки і нормування якісного складу вод; розділити систему нормування якісного складу поверхневих вод на дві категорії: вода як сировина, що використовується людиною для пріоритетних цілей водокористування, та вода природних поверхневих водних об'єктів як компонент природи; запропонувати критерій оцінки якісного складу вод, що враховує геоекологічні процеси, що відбуваються як на водозборі, так і в поверхневому водному об'єкті; розробити методику прогнозування зміни якості вод поверхневих водних об'єктів у межах БУВР; обґрунтувати методику розробки нормативів шкідливих впливів на поверхневі водні об'єкти, що дозволяє забезпечити прогнозування зміни їх екологічного стану. Розроблена методологія і методи експериментально апробовані на прикладі басейну Дніпра.

На основі проведених експериментальних та натурних досліджень розроблено поетапний план переходу до управління якістю вод на рівні БУВР на основі пропонованих методів. На прикладі річки Дніпро (в межах України) проведено підтвердження адекватності запропонованого підходу.

Запропоновано варіанти вдосконалення системи моніторингу в межах річкового басейну, з метою прогнозування зміни екологічного стану р. Дніпро внаслідок техногенного навантаження.

Практичне значення роботи підтверджено актами впровадження у діяльність практичних організацій і навчальний процес.

Ключові слова: екологічна безпека, поверхневий водний об'єкт, річковий басейн, техногенне навантаження, прогнозування, планування водоохоронних заходів, моніторинг.

АННОТАЦІЯ

Пономаренко Р. В. Научно-теоретические основы прогнозирования техногенного воздействия на гидросферу при бассейновом управлении водными ресурсами Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Сумской государственной университет, 2020. Специализированный ученый совет Д 55.051.04.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной проблемы прогнозирования снижения уровня техногенной нагрузки на экосистему поверхностных источников водоснабжения с учетом влияния на них трансграничных водных объектов в условиях существующей системы бассейнового управления водными ресурсами.

На основе проведенного ретроспективного анализа выявлена тенденция к постоянному ухудшению качества вод поверхностных водных объектов в пределах бассейна Днестра за счет техногенной нагрузки и трансграничного загрязнения.

Анализ современных подходов к прогнозированию изменения экологического состояния поверхностных водных объектов позволил: выявить основные недостатки существующей методологии оценки и нормирования качественного состава вод; разделить систему нормирования качественного состава поверхностных вод на две категории: вода как сырье используется человеком для приоритетных целей водопользования и вода природных поверхностных водных объектов как компонент природы; предложить критерий оценки качественного состава вод, учитывающий геоэкологические процессы, происходящие как на водосборе, так и в поверхностном водном объекте; разработать методику прогнозирования изменения качества вод поверхностных водных объектов в пределах БУВР; обосновать методику разработки нормативов вредных воздействий на поверхностные водные объекты которая, позволяет обеспечить прогнозирование изменения их экологического состояния. Разработанные методология и методы экспериментально апробированы на примере бассейна Днестра.

На основе проведенных экспериментальных и натурных исследований разработан поэтапный план перехода к управлению качеством вод на уровне БУВР на основе предлагаемых методов. На примере реки Днестр (в пределах Украины) проведено подтверждение адекватности предложенного подхода.

Предложены варианты совершенствования системы мониторинга в пределах речного бассейна, с целью прогнозирования изменения экологического состояния р. Днестр вследствие техногенной нагрузки.

Практическое значение работы подтверждено актами внедрения в деятельность практических организаций и учебный процесс.

Ключевые слова: экологическая безопасность, поверхностный водный объект, речной бассейн, техногенная нагрузка, прогнозирование, планирование водоохранных мероприятий, мониторинг.

SUMMARY

Ponomarenko R. V. Scientific and theoretical bases for forecasting of the technogenic impact on the hydrosphere in basin management of water resources of Ukraine. – On the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Engineering Sciences Degree by specialty 21.06.01 – ecological safety. Sumy State University, 2020. Specialized Academic Council D 55.051.04.

The dissertation is devoted to solving the scientific and applied problem of forecasting the reduction of man-made load on the ecosystem of surface water supply sources, taking into account the impact of transboundary water bodies in the existing system of basin water management.

Based on the conducted retrospective analysis, the tendency to constant deterioration of surface water quality within the Dnieper basin due to man-caused load and transboundary pollution was revealed.

The analysis of modern approaches to forecasting changes in the ecological status of surface water bodies has allowed: to identify the main shortcomings of the existing methodology for assessing and standardizing the quality of water; to divide the system of standardization of surface water quality into two categories: water as a raw material, used by man for priority purposes of water use and water of natural surface water bodies as a component of nature; to propose a criterion for assessing the quality of water, which takes into account the geo-ecological processes occurring both in the catchment and in the surface water body; to develop a method for forecasting changes in surface water quality of surface water bodies within the BUVR; substantiate the method of development of standards of harmful effects on surface water bodies, which allows to provide forecasting of changes in their ecological status. The developed methodology and methods are experimentally tested on the example of the Dnieper basin.

On the basis of the conducted experimental and field researches the step-by-step plan of transition to water quality management at the level of BUVR on the basis of the offered methods is developed. The adequacy of the proposed approach was confirmed on the example of the Dnieper River (within Ukraine).

Variants of improvement of the monitoring system within the river basin are offered, for the purpose of forecasting of change of an ecological condition of the Dnieper river, owing to technogenic loading.

The practical significance of the work is confirmed by the acts of implementation in the activities of practical organizations and the educational process.

Key words: ecological safety, surface water body, river basin, technogenic loading, forecasting, planning of water protection measures, monitoring.

Підписано до друку 21.09.2020.
Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 2,16. Обл. вид. арк. 2.
Тираж 100 пр. Зам. № 2115199

Видавець і виготовлювач
Надруковано у ФЛ-П Черняк Л. О.
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16
Свідоцтво № 24800000000079553, від 16.05.2007 р.