

## ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВІ ЗВ'ЯЗКИ ЗАБРУДНЕННЯ БІОГЕННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІПРА: СИНТЕЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ДАНИХ

Строкаль В.П., Ковпак А.В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ  
[vita.strokal@gmail.com](mailto:vita.strokal@gmail.com), [strocal\\_v@nubip.edu.ua](mailto:strocal_v@nubip.edu.ua)

Новизна роботи полягає у синтезі теоретичних даних для з'ясування причинно-наслідкових зв'язків забруднення басейну р. Дніпро біогенними речовинами, зокрема фосфат-іонами та нітрат-іонами. Метою досліджень є аналіз теоретичних даних для відображення основних причинно-наслідкових зв'язків забруднення водою біогенними речовинами. Для забезпечення мети дослідження були окреслені наступні завдання: на основі синтезу теоретичних даних виокремити причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм; надати характеристику вмісту біогенних елементів у суббасейнах річки Дніпро в розрізі точкових та дифузних джерел забруднення. Під час виконання роботи були використані загальнонаукові методи дослідження такі як аналіз, синтез, дедукція, індукція.

Відповідно до завдань дослідження у роботі виокремлено наступні результати:

1. На території басейну р. Дніпро простежується вторинне забруднення зарахунок акумуляції шкідливих речовин. Зокрема, на території Суббасейну Верхнього Дніпра, який є найменшим за площею суббасейном, основним маркером антропогенного впливу на стан водойм виступає міська агломерація. Територія Суббасейну річки Прип'ять має антропогенне навантаження через сільськогосподарську діяльність та міські системи. Водойми, що знаходяться на території Суббасейну Середнього Дніпра, страждають через велику кількість розміщених на території Суббасейну промислових та сільськогосподарських підприємств. Суббасейн Нижнього Дніпра має значне антропогенне навантаження через сільськогосподарську діяльність, промисловість та туризм.

2. Виокремлені наступні причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм: 1) через сільське господарство – рослинництво – вирощування с.г. культур – внесення мінеральних та органічних добрив на поля – ерозійні процеси – змив з полів продукції та елементів – надходження у водойми біогенних елементів, зокрема сполук азоту та фосфору; 2) сільське господарство – тваринництво – розведення худоби (тварин) – накопичення органічних добрив – не контрольоване утримання гноєсховищ – надходження через ґрунтові води або за рахунок стічних вод до водойм сполук азоту, фосфору та різних бактерій та мікроорганізмів; 3) житлово-комунальне господарство – використання миючих засобів різної консистенції, що містять фосфати – через стічні води – надходження фосфатів до водойм; 4) житлово-комунальне господарство – стічні води, що утворюються у процесі життєдіяльності людини, – надходження до водойм різних сполук, у тому числі фосфатів та азоту.

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

### **Causes of nutrient pollution in the Dnieper river basin: theoretical syntheses. Strokal V., Kovpak A.**

River pollution is severe in Ukraine. Rivers often contain increasing amounts of nutrients such as nitrogen (N) and phosphorus (P). This causes impacts on society (e.g., blue baby syndrome) and nature (eutrophication). However, causes of nutrient pollution in the Ukrainian rivers are still not well understood and quantified. Furthermore, a better understanding of the spatial variability in the up- mid- and downstream pollution problems is still needed. The Dnieper River is one of the largest rivers in Ukraine. It is an important river for economic activities, but experiences nutrient pollution problems.

This study aims to analyse the causes of nutrient pollution in the Dnieper river basin. To this end, we performed a literature review. We synthesized quantitatively most relevant aspects for water pollution and its causes in the up-, mid- and downstream sub-basins of the Dnieper River. We focused mainly on water pollution with N and P, but also reflected on other pollutants such as microorganisms.

Main findings includes the following. Agriculture, cities and sewers, and touristic activities are considered as the main causes of the river pollution with N and P. Agriculture is often a diffuse source of N and P in the river. It includes the use of mineral and organic fertilizers on land. Farmers apply fertilizers, often in excess of the crop need. This results in discharges of nutrients to rivers via runoff. Erosion processes can also contribute N and P in the river from agricultural fields. Livestock production is an important contributor to river pollution. livestock produces manure that is often not managed well enough to avoid losses of nutrients to the environment. Sewers are point sources of these nutrients. Sewers include human waste and waste from the use of detergents. The share of diffuse sources in the river pollution ranges from 48% (mid- and downstream) to 76% (upstream) for N, and from 17% (upstream) to 25% (downstream) for P. The share of point sources ranges from 24% (upstream) to 25% (mid- and downstream) for N, and from 75% (downstream) to 83% (upstream) for P. This study shows the importance of both diffuse and point sources to manage river pollution. Efforts are needed in reducing nutrients from agricultural fields and from sewers. *Key words:* nutrient pollution, Dnieper river basin, Anthropogenic sources of river pollution, agriculture, livestock production, sewers.

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

Ще одним негативним чинником є діяльність аграрно-тваринницьких комплексів (великі комплекси по розведенню ВРХ, ферми, птахофабрики) [3]. Їхній вплив на водні екосистеми визначається наступним чином: відсутність відповідних санітарно-гігієнічних умов по зберіганню органічних відходів (гноєсховища, відстійники) що призводить до забруднення води; скидання неочищених та необроблених гноєвих мас та стічних вод, що містять хвороботворні бактерії, яйця гельмінтів, насіння бур'янів та повний спектр біогенних елементів ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) [4].

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

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями** полягає у синтезі теоретичних даних щодо виокремлення основних причинно-наслідкових зв'язків забруднення біогенними елементами Дніпровського басейну. У Водній стратегії України на період до 2025 року [8] виокремлені основні водні проблеми

України, серед яких є значний обсяг забруднювальних речовин, що надходять у річки внаслідок скидів і площинного змиву. У Технічному звіті Проекту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372-403)» [27] значну увагу приділено тому, що особливу небезпеку для водних об'єктів басейну Дніпра становлять біогенні елементи, зокрема мінеральні сполуки азоту та фосфору, надлишковий уміст яких призводить до евтрофікації. Поява цих біогенних елементів до водойм басейну зумовлена двома основними шляхами: сільським господарством та промисловістю [4]. Так, у звіті [27] вказано, що 69% (16 005,76 тис. га) із земельного фонду басейну Дніпра переважно знаходиться під оброблюваними сільськогосподарськими угіддями (рілля), 27% (9 304 тис. га) – задіяні під сіножатті, пасовища, ліси, забудовані території, і лише до 4% (1 915,5 тис. га) території водозбору знаходиться під водними об'єктами. Відповідно, для забезпечення запланованої урожайності на сільськогосподарських угіддях виробниками різних форм власності вносяться мінеральні та органічні добрива. За даними 2017 року [27] середні значення внесених мінеральних та органічних добрив на рілля складають: 101 кг N/га (43-239 кг N/га по областях), 23 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$ /га (10-82 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$ /га), 700 кг органічних добрив/га (від 100 кг/га до 2т/га). Промисловими підприємствами на територію басейну Дніпра відведено 3713 тон  $\text{N}_{\text{total}}$  (78% домінували сполуки  $\text{NO}_3$ ) та 246,5 тон  $\text{P}_{\text{total}}$  [27].

Виходячи з вищевикладеного матеріалу, можна зазначити, що проблема забруднення річки Дніпро біогенними елементами є нині актуальною й набирає значного поширення. Ця проблема має інноваційний характер, оскільки пов'язана з основними практичними завданнями, які перетинаються у Положенні про Державне агентство водних ресурсів України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі забрудненню біогенними елементами водних екосистем присвячено чимало публікацій та наукових досліджень як у вітчизняній, так і в зарубіжній науці. Зокрема, у своїх публікаціях О.В. Степова та В.В. Рома [26] розкривають зміст надходження та розподілу у водах місцевого стоку на Полтавщині вмісту біогенних речовин, особливо сполук азоту та фосфору, які є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод. Вони звертають увагу, що надходження поживних біогенних речовин антропогенного генезису призводить до збільшення біомаси водоростей, вищої водної рослинності, фітопланктону, що своєю чергою призводить до дефіциту кисню у воді і являє значну загрозу для життєдіяльності гідробіотів [26]. Багаторічні зміни у стоці біогенних елементів та їх вплив на компоненти водних екосистем досліджували О.І. Денисова [10] та О.П. Нахшина [18]; вмісту біогенних речовин (азоту, фосфору, калію) у водах річок присвячені праці А.Д. Кононенка,

І.Г. Гарасевича, І.Г. Енакі [15]; гідрохімічні особливості біогенних речовин Нижнього Дніпра наведені у праці Л.О. Журавльової [11]; особливості формування річкового стоку біогенних речовин річки Дніпра представлені у праці С.І. Сніжка [24; 25]; оцінку емісій біогенних елементів та органічних речовин у поверхневій воді від дифузних джерел досліджували Н.М. Осадча, О.О. Ухань, В.М. Чехній, О.Г. Голубцов [19]; формуванню вмісту сполук та розподілу їх у річках присвячені праці В. Грубінко та О. Скиба [28]; кінетичні характеристики нітрифікації у водоймах розглянуті у науковій праці вчених В.О. Юрченко, М.П. Радіонов, О.Г. Мельнікова [14]; загрозам антропогенного евтофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування присвячені праці вітчизняних вчених О.О. Дмитрієвої, І.В. Колдоба, І.В. Хоренжя [16].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Проблеми дослідження річкових стоків

на вміст біогенних речовин та вплив їх на водну екосистему присвячено чимало наукових праць, однак залишається невирішеним питання щодо причинно-наслідкових зв'язків забруднення біогенними речовинами басейну річки Дніпро.

**Новизна** роботи полягає у синтезі теоретичних даних для з'ясування причинно-наслідкових зв'язків забруднення басейну р. Дніпро біогенними речовинами, зокрема фосфат-іонами та нітрат-іонами.

**Загальнонаукове значення.** Метою досліджень є аналіз теоретичних даних для відображення основних причинно-наслідкових зв'язків забруднення водойм біогенними речовинами. Для забезпечення мети дослідження були окреслені наступні завдання: на основі синтезу теоретичних даних виокремити причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм; надати характеристику вмісту біогенних елементів у суббасейнах річки Дніпро в розрізі точкових та дифузних джерел забруднення. Під час виконання роботи

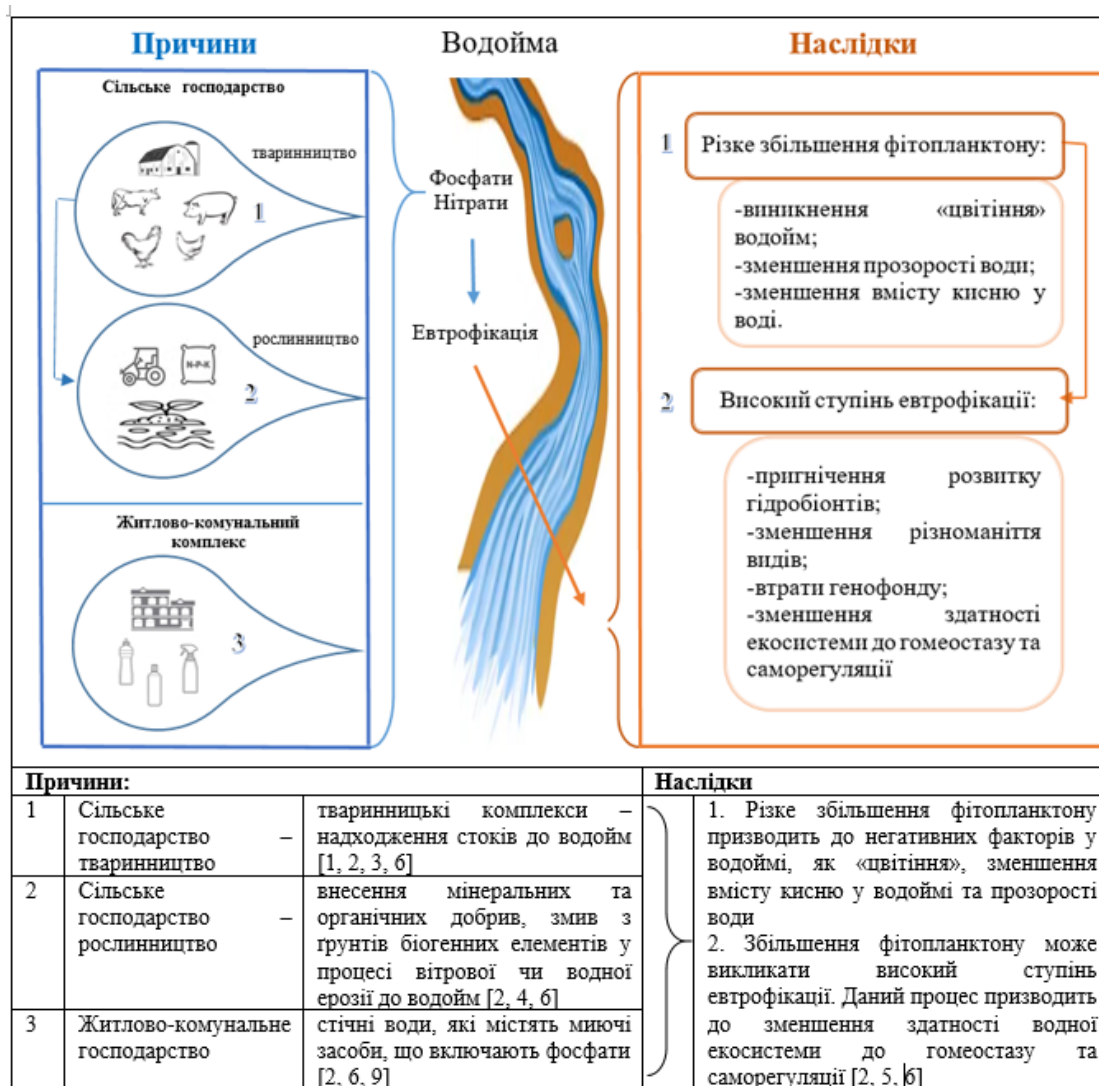


Рис. 1. Причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм  
Джерело: власна розробка на основі синтезу теоретичних даних [1-9]

були використані загальнонаукові методи дослідження, такі як аналіз, синтез, дедукція, індукція.

**Виклад основного матеріалу.** Відповідно до поставленого першого завдання в ході теоретичного аналізу були виокремлені основні причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм (рис. 1). Рисунок демонструє основні три причини, які зумовлюють надходження біогенних елементів (N,P) до водойм: сільське господарство, що розділене на тваринництво та рослинництво, житлово-комунальне господарство.

Виникає питання: чому саме ці три причини були виокремлені? Потрібно розглянути специфіку цих галузей для того, щоб надати відповідь. Зокрема, сільське господарство має дві основні галузі (рослинництво, тваринництво), кожна з яких чинить прямий чи опосередкований вплив на водну екосистему. Рослинництво, через вирощування сільськогосподарських культур, висока урожайність яких потребує внесення значної кількості мінеральних та органічних добрив, може впливати на якість водойм через інтенсивні ерозійні процеси (змив з ґрунтів, який містить у своєму складі елементи мінеральних та органічних добрив). Слід зазначити, що сільськогосподарські угіддя (рілля) у складі земельного фонду території басейну Дніпра становлять 69% [27], відповідно, внесення мінеральних та органічних добрив на цих територіях відбувається постійно, частка внесення азотних складає 43–239 кг N/га, фосфорних – 10–82 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га по областях. Виходячи з цих даних, можна стверджувати, що у зв'язку із появою вітрової чи водної ерозії до водойми може надійти значна частина сполук азоту та фосфору, які у процесі хімічних реакцій можуть спричинити виникнення евтрофікації або посили її процес, якщо він є наявним у даній водоймі.

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

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

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

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

р. Білоус (0,5 км. від м. Чернігів) – вміст амоній-іонів перевищує у 4,46 раз від нормативів (2,23 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 5 раз (0,4 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 05.12.2018 рік;

р. Кізка (5 км. від с. Демидів, поблизу знаходиться вплив зворотних вод «Агромарс») – вміст амоній-іонів перевищує у 43,2 рази від нормативів (21,6 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 57,5 раз (4,6 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 22.10.2019 р.;

р. Дніпро (поблизу смт. Вишеньки, Київська обл., Скидний канал БСА) – вміст амоній-іонів перевищує у 20,2 рази від нормативів (10,1 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 13,75 раз (1,1 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), вміст нітрат-іонів перевищує у 1,08 раз (43,2 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 40), дані за 27.11.2018 р.

Аналізуючи теоретичні дані системи моніторингу водних ресурсів України [13; 17] на території Суббасейну річки Прип'ять та Суббасейну Середнього Дніпра, слід зазначити, що ситуація краща, ніж у Суббасейні Верхнього Дніпра та річки Десни: перевищення спостерігається за показниками NO<sub>3</sub> NO<sub>2</sub> NH<sub>4</sub> лише у кілька разів відносно норм (в середньому від 1 до 2,5 раз).

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

– канал Дніпро-Донбас, р. Орілька (1,5 км. від гирла) – вміст амоній-іонів перевищує у 2,44 рази від нормативів (1,22 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,5), вміст нітрит-іонів перевищує у 1,06 раз (0,085 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 06.12.2018 р.;

– р. Жовта (22 км. нижче скиду ТОВ «Восток-Руда») – вміст нітрит-іонів перевищує у 80,38 раз (6,43 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 17.10.2018 р.;

– р. Інгулець (с. Іскрівка, нижче впадіння р. Жовта) – вміст нітрит-іонів перевищує у 103,37 раз (8,27 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 17.10.2018 р.;

– р. Інгулець (с. Калінінське) – вміст нітрит-іонів перевищує у 2,5 рази (0,2 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,08), дані за 16.10.2018 р.

Виходячи з вищенаведених показників, слід зазначити, що найбільшу занепокоєність викликають дані за показниками вмісту нітритів та амонійного



**Причини – Нзаг., Рзаг.:**

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

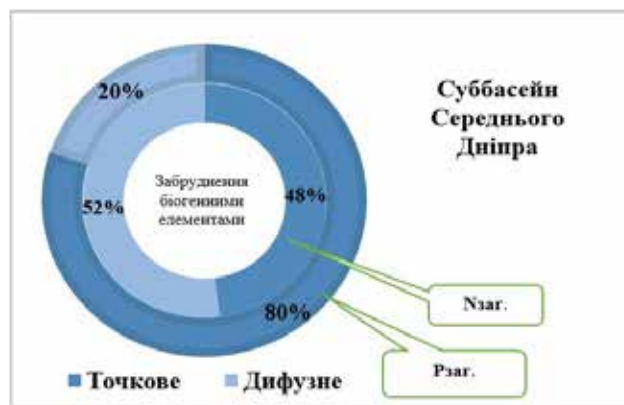
*Дифузні джерела:* с.г. виробництво (мінеральні добрива, гній, ерозія внаслідок розорення – 50–70%), природний фон (7–12%).

**Наслідки виникнення евтрофікації:**

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

*Рис. 2. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Верхнього Дніпра та річки Десни*

Джерело: побудовано на основі теоретичних й аналітичних даних [7; 12; 21; 27]



**Причини – Нзаг., Рзаг.:**

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

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

**Наслідки виникнення евтрофікації:**

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

*Рис. 4. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Середнього Дніпра*

Джерело: побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7; 12; 20; 27]



**Причини – Нзаг., Рзаг.:**

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

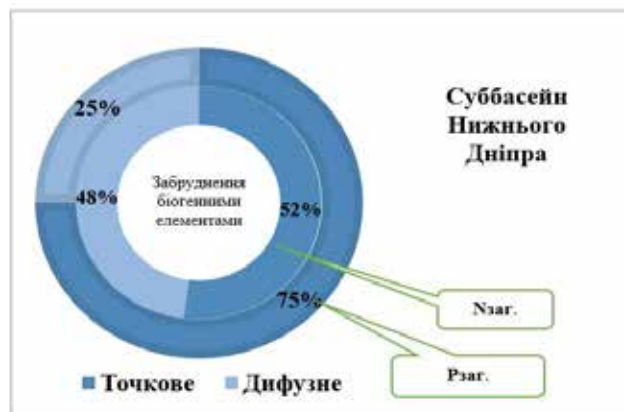
*Дифузні джерела:* сільське населення (31–34%), фоновий вміст (7–16%), сільське господарства, домінує ерозія (50–62%).

**Наслідки виникнення евтрофікації:**

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

*Рис. 3. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну річки Прип'ять*

Джерело: побудовано на основі теоретичних й аналітичних даних [7; 12; 23; 27]



**Причини – Нзаг., Рзаг.:**

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

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

**Наслідки виникнення евтрофікації:**

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

*Рис. 5. Діаграма співвідношення біогенних елементів у відповідності до точкових та дифузних джерел забруднення на території Суббасейну Нижнього Дніпра та річки Десни*

Джерело: побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7; 12; 22; 27]

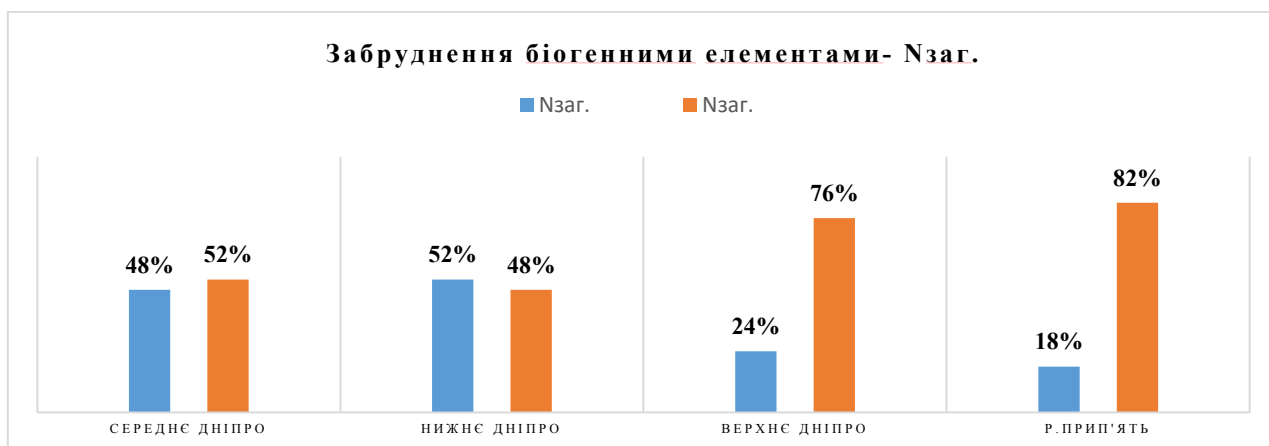


Рис. 6. Графік співвідношення забрудненості територій басейну Дніпра за показником  $N_{заг}$   
Джерело: побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7; 12; 20-23; 27]

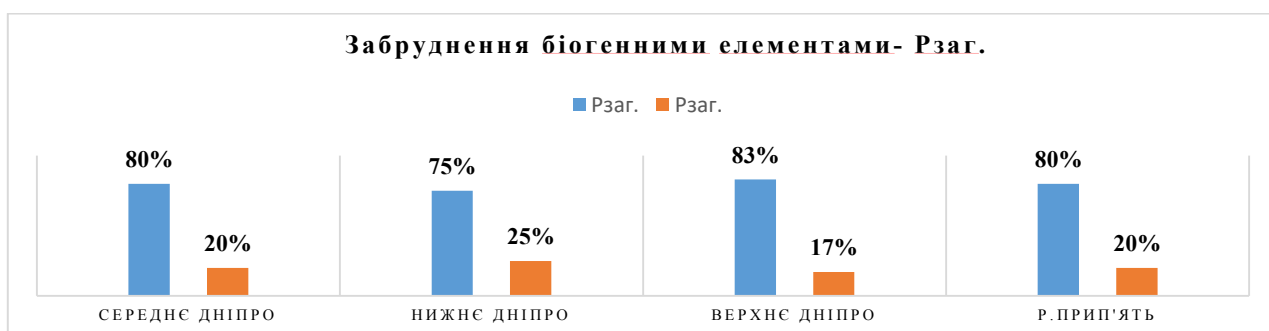


Рис. 7. Графік співвідношення забрудненості територій басейну Дніпра за показником  $P_{заг}$   
Джерело: побудовано на основі теоретичних аналітичних даних [7; 12; 20-23; 27]

азоту, які у деяких ділянках навіть мають перевищення більше ніж у 100 разів. Наявність цих показників у водоймах є результатом як дифузних джерел (сільське виробництво та господарство, інтенсивні прояви ерозійних процесів тощо) забруднення, так і точкових (стічні води житлово-комунального господарства, промисловість).

У звітах Проєкту «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства виокремлені основні еколого-водні проблеми відповідно до Суббасенів р. Дніпра [7; 20–23; 27]. Зробивши синтез даних звітів, можна стверджувати, що вплив дифузних та точкових джерел забруднення на стан надходження біогенних речовин до водойм басейну р. Дніпра відрізняється залежно від самих речовин. Так, дифузне забруднення  $N_{заг}$  перевищує точкове, тоді як точкове забруднення  $P_{заг}$  перевищує дифузне. Більш детально забруднення біогенними речовинами ( $N_{заг}$ ;  $P_{заг}$ ) суббасенів р. Дніпро та основні причини й наслідки наведені на рисунках 2–5, а співвідношення дифузного та точкового забруднення в розрізі суббасейнів р. Дніпро представлено на рисунках 6–7.

**Головні висновки.** В підсумку представленого синтезу теоретичних даних можна виокремити наступні висновки:

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

2. Виокремлені наступні причинно-наслідкові зв'язки надходження основних біогенних речовин (N,P) до водойм: 1) через сільське господарство – рослинництво – вирощування с.г. культур – внесення мінеральних та органічних добрив на поля – ерозійні процеси – змив з полів продукції та елементів – надходження у водойми біогенних елементів, зокрема сполук азоту та фосфору; 2) сільське господарство – тваринництво – розведення худоби (тварин) – накопичення органічних добрив – неконтрольоване утримання гноєсховищ – надходження через ґрунтові

води або за рахунок стічних вод до водойм сполук азоту, фосфору та різних бактерій та мікроорганізмів; 3) житлово-комунальне господарство – використання миючих засобів різної консистенції, що містять фосфати, – через стічні води – надходження фосфатів до водойм; 4) житлово-комунальне господарство – стічні води, що утворюються у процесі життєдіяльності людини, – надходження до водойм різних сполук, у тому числі фосфатів та азоту.

3. Обґрунтовано характеристику вмісту біогенних елементів ( $N_{\text{зар}}$ ,  $P_{\text{зар}}$ ) на територіях Суббасейну річки Дніпро відповідно до співвідношень між точковим та дифузним джерелами забруднення. Суббасейн Верхнього Дніпра має співвідношення щодо азоту наступне – 24% (точкове – житлово-комунальне господарство) та 76% (дифузне – сільськогосподарське виробництва (внесення мінеральних та органічних

добрив, розораність). Фосфорне навантаження розподіляється наступним чином: точкове становить 83% (с.г. виробництво, зокрема розораність земель), дифузне лише 17%. Суббасейн Середнього Дніпра має наступне співвідношення:  $N_{\text{зар}}$  – 52% точкове, 48% – дифузне;  $P_{\text{зар}}$  – 80% точкове, 20% – дифузне. Суббасейн Нижнього Дніпра є єдиним, де точкове забруднення азотом переважає частку дифузного – 52% і 48% відповідно; дифузне надходження сполук азоту більшою мірою визначається сільським населенням; фосфатне навантаження наступне – 75% точкове, 25% – дифузне.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати роботи можна використовувати для проведення моніторингових досліджень у водній галузі, а також для проведення моделювання якості водних об'єктів.

### Література

1. Bouwman, L. et al. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 2013. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.10128781108>.
2. Li, A., Strokal, M., Bai, Z., Kroeze, C. & Ma, L. How to avoid coastal eutrophication - a back-casting study for the North China Plain. *Science of The Total Environment*. 2019. P. 676–690. URL: DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.07.306/file:///C:/Users/user/Downloads/How\_to\_avoid\_coastal\_eutrophication\_-\_a\_back-casti.pdf
3. Serdiuk V.V., Maksin V.I. Challenging in environmental monitoring of groundwater quality in rural areas of Kyiv's region. *Journal of water and water purification technologies. Scientific and technical news*, Kyiv. № 2(27), 2020. DOI: 10.20535/2218-93002722020203178.
4. Strokal V.P., Koypak A.V. The basin approach for water resources management in Ukraine: the SWOT analysis. *Scientific journal «Biological Systems: Theory and Innovation»* 2020. p. 35–56. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2020.04.004>
5. Strokal, M. & Kroeze, C. Nitrogen and phosphorus inputs to the Black Sea in 1970–2050. *Regional Environmental Change* 13. 2013. p. 179–192 DOI 10.1007/s10113-012-0328-z. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-012-0328-z.pdf>
6. Strokal, M. et al. Cost-effective management of coastal eutrophication: A case study for the yangtze river basin. *Resources, Conservation and Recycling* 154, 104635, (2020). URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104635>
7. Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країн Східного партнерства. URL: <https://euwipluseast.eu/ru/euwi-strany-partneru/ukraina>
8. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – Київ : Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і меліорації, 2015. 46 с. URL: [http://iwvim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11\\_03\\_2015.pdf](http://iwvim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf)
9. Войтенко Л, Строкаль В, Слободян А. Оцінювання екологічного ризику забруднення поверхневих вод комунальними стічними водами на прикладі річки Іква. *Подільський вісник*, 2018. С. 39–50.
10. Денисова А.И. Многолетние изменения в стоке биогенных и органических веществ при зарегулировании Днепра. *Гидробиологический журнал*. 1978. Т. 14, №2. С. 80–86.
11. Журавлёва Л.А. Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в условиях зарегулированного стока. Київ : Наук. думка, 1988. 175 с.
12. Заключний звіт «Ідентифікація та розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна» / Водна ініціатива плюс ЄС для країн Східного партнерства (EUWI+): результат 2 і 3 – ENI/2016/372-403, 2019. 117 с.
13. Інтерактивна карта забрудненості річок в Україні на основі даних Державного агентства водних ресурсів. URL: <https://texty.org.ua/water/>
14. Кінетичні характеристики нітрифікації у водоймі – джерелі питного водопостачання / Юрченко В.О., Радіонов М.П., Мельнікова О.Г. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, Випуск 1 (24) том 1, 2019. С. 121–126. URL: [http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part\\_1/23.pdf](http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/1/part_1/23.pdf)
15. Коненко А.Д. Азот, фосфор и калий в воде рек правобережного Украинского Полесья / А.Д. Коненко, И.Г. Гарасевич, И.Г. Енаки. *Гидробиол. журнал*, 1974. Т. 10, №5. С. 14–20.
16. Концептуальні напрями дослідження умов життя населення в зоні евтрофованих водних об'єктів / Дмитрієва О.О., Колдоба І.В., Хоренжая І.В. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, Випуск 4 (27), 2019. С. 134–145. URL: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/4/22.pdf>
17. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України / Офіційний сайт Державного управління водними ресурсами України. URL: <http://monitoring.dav.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>
18. Нахисна Е.П. Ионный и биогенный сток рек бассейна Верхнего Днепра. *Гидрохим. материалы*, 1981. Т. 78. С. 57–64.
19. Оцінка емісій біогенних елементів та органічних речовин у поверхневі води басейну річки Сіверський Донець від дифузних джерел / Осадча Н.М., Ухань О.О., Чехній В.М., Голубцов О.Г. Колективна монографія: Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Київ : Ніко-центр, 2019. С. 192–201
20. План управління річковим басейном Дніпра: Суббасейн Середнього Дніпра – головні водно-екологічні проблеми. URL: [https://drive.google.com/file/d/1ZkUyUa6zcGgC\\_eAd5\\_j8Q5UcZLQpmDRD/view](https://drive.google.com/file/d/1ZkUyUa6zcGgC_eAd5_j8Q5UcZLQpmDRD/view)

21. Про головні водно-екологічні проблеми суббасейну верхнього Дніпра та річки Десни – Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства». URL: [https://www.davt.gov.ua/fls18/upperdnipro-desna\\_summary\\_21072020.pdf](https://www.davt.gov.ua/fls18/upperdnipro-desna_summary_21072020.pdf).
22. Про головні водно-екологічні проблеми Суббасейну Нижнього Дніпра – Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства». URL: <https://www.davt.gov.ua/news/pro-golovni-vodnoekologichni-problemi-subbasejnu-nizhnogo-dnipro>.
23. Про головні водно-екологічні проблеми суббасейну Прип'ять – Інформаційні матеріали підготовлено Держводагентством спільно з проектом «Водна ініціатива плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства». URL: <https://drive.google.com/file/d/19JIP8mVQII9kmZRPTp11Wr2fwBkZcNqn/view>
24. Снежко С.И. Особенности формирования речного стока биогенных веществ на примере бассейна р. Днепр в пределах УССР : автореф. дисс. ... к.геогр.н. Ростов-наДону, 1989. 24 с.
25. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2001. 264 с.
26. Степова О, Рома В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії* 2016. С. 93–97.
27. Технічний звіт: опис характеристик району басейну річки Дніпро / Проект «Водна ініціатива Європейського Союзу Плюс для країн Східного Партнерства: Результати 2 і 3 (ENI/2016/372-403)», 2020. 40 с. URL: [https://euwipluseast.eu/images/2020/01/PDF/EUWI\\_UA\\_Dnipro\\_Characteristic\\_Summary\\_UA\\_2020.pdf](https://euwipluseast.eu/images/2020/01/PDF/EUWI_UA_Dnipro_Characteristic_Summary_UA_2020.pdf).
28. Формування вмісту та розподіл сполук фосфору у річках Тернопільщини – притоках Дністра у зв'язку із ступенем антропогенного навантаження / Грубінко Василь, Скиба Олена. URL: [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/55-59\\_19.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/55-59_19.pdf).