

Н.М. Осадча

ORCID: 0000-0001-6215-3246;
nosad@uhmi.org.ua

Ю.Б. Набиванець

ORCID: 0000-0001-7443-2007;
krava@uhmi.org.ua

О.О. Ухань

ORCID: 0000-0002-4856-7175;
ukhan_o@ukr.net

Ю.О. Лузовіцька

ORCID: 0000-0002-2052-0156;
luzovitska@ukr.net

Д.О. Клебанов

ORCID: 0009-0000-9227-8189,
den@uhmi.org.ua

УДК 556.5.504:628.1.03:
314.1.64.08:327.2.08

DOI: <https://doi.org/10.15407/Meteorology2023.04.017>

МІГРАЦІЯ НАСЕЛЕННЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВНАСЛІДОК РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

Досліджено особливості зміни концентрацій основних фізико-хімічних показників у річках західного регіону України на тлі масової міграції населення внаслідок російської агресії проти України. Встановлено, що різка міграція населення протягом 2022 р. призвела до значного зростання вмісту органічних речовин (як за показником БСК5, так і ХСК), нітрогену амонійного та фосфору фосфатів у воді більшості річок басейну Вісли, верхньої та середньої частини Дністра, а також окремих суббасейнів Дунаю (річок Тиса, Прут і Сірет). Суттєве зростання зазначених показників у поверхневих водах, найвірогідніше, спричинено істотним навантаженням переважно на міські очисні споруди, оскільки значна частка переміщеного населення орієнтувалась на проживання більше у міських агломераціях, ніж у сільській місцевості.

Ключові слова: біогенні елементи, органічні речовини, міграція населення, дифузні джерела, точкові джерела, російська агресія.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ

ВСТУП

Повномасштабне вторгнення російської федерації (рф) 24 лютого 2022 р. торкнулось усіх аспектів соціально-економічного життя України. Невід'ємним наслідком війни стали болючі людські втрати, які знає Україна у ході бойових дій.

Велика маса цивільного населення була змушена покинути свої домівки і переміститися у безпечніші місця. Станом на початок 2023 року за даними МЗС офіційна кількість громадян, які перебувають за кордоном становила ~8 млн осіб. Точну кількість внутрішньо переміщених осіб (ВПО) оцінити складно, оскільки офіційну реєстрацію, особливо в перші місяці після вторгнення, проводили не всі громадяни. Разом з тим, Міжнародна організація з міграції (МОМ) станом на 11 травня 2022 р. звітує про більше, ніж 7,1 млн. осіб ВПО (Кількість ВПО. gov.ua, 11.05.2022). Основна маса ВПО прямувала до західних областей, особливо напливу зазнали великі міста та містечка поблизу державних кордонів, інша частина біженців розмістилася у сільській місцевості.

Ворог системно обстрілює енергетичну структуру, обезкровлюючи економіку та порушуючи життєзабезпечення населення. Численні підприємства та інфраструктурні об'єкти були зруйновані або істотно пошкоджені. Серед них найбільш резонансними є підриви військами рф Каховської ГЕС та захоплення Запорізької АЕС з постійним провокуванням її аварії. Як зазначено на інформаційній платформі Екодозор, створеній Zoі Environment Network <https://ecodozor.org>

org, з початку війни до серпня 2023 р. всього зазнали пошкодження 1 197 об'єктів.

Усі ці руйнування та практика ворога вести бойові дії методом випаленої землі незмінно призводять до значного екологічного впливу і стосуються усіх без винятку елементів довкілля: повітря, землі, води, екосистем у цілому. Через багатомірність взаємозв'язків наслідки цього впливу важко спрогнозувати, але очевидним є факт, що вони будуть спостерігатись ще багато років після закінчення війни.

Найбільш відчутними є наслідки на територіях де безпосередньо велися та ведуться бойові дії. Від детонації боєприпасів у повітря потрапляють парникові гази, забруднюючі речовини різного складу у тому числі і з токсичним впливом. Колони ворожої техніки зумовлюють викиди у повітря решток палива.

Лісові та трав'яні пожежі, що виникли внаслідок бойових дій у 2022 р, згідно інформаційної платформи Екодозор, охопили відповідно 46,6 тис. та і понад 471 тис. га, викидаючи в атмосферу сотні тисяч тон забруднюючих речовин. Так, за результатами досліджень фахівців УкрГМІ (Savenets et al. 2023), внаслідок пожеж на лінії фронту зумовлених артобстрілами відбулось зростання вмісту СО на 8%.

Знищується родючий шар ґрунтів, процеси відновлення якого є тривалими і можуть охопити кілька століть. Утворення вирв від артилерійських обстрілів та ракетних ударів, а також побудовані

приповерхневі та підземні фортифікаційні споруди (бліндажі, окопи, траншеї, тунелі, різного типу сховища), багатокілометрові заміновані лінії оборони зумовляють істотне зростання процесів ерозії з подальшою міграцією забруднюючих речовин, як вглиб ґрунтового покриву, так і у підземні та поверхневі води (Сплодитель та ін. 2023). Крім того, неодноразово фіксувався витік нафтопродуктів, руйнувалися склади зі зберігання добрив.

Не залишаються осторонь від впливу війни й водні ресурси. Водне господарство, забезпечуючи багато важливих функцій для населення і економіки, набуває високої чутливості в умовах воєнного конфлікту (Francis, 2011).

У роботі (Shumilova et al. 2023) наведено перелік інформації щодо впливу збройної агресії проти України на водні ресурси в перші 3 місяці після вторгнення РФ. На той час у кожній області, що була під окупацією, зазнали різного типу руйнації споруди з водозабезпечення та водовідведення. Обстріли очисних споруд 9 березня 2022 р. у м. Миколаєві призвели до часткового виведення з ладу систему механічної очистки стічних вод. Складно оцінити катастрофічні наслідки бойових дій у м. Маріуполь, яке досі перебуває під окупацією, але уже з березня 2022 р. усі стічні води міста з відомих причин скидалися напряму в поверхневі водні об'єкти, зокрема, в Азовське море. Практично у всіх містах де велися і ведуться активні бойові дії, повністю зруйновані або виведені з ладу очисні споруди міст, таких як Попасна, Рубіжне, Лисичанськ, Бахмут, Сєвєродонецьк і ін. Інтенсивні обстріли м. Чернігова, яке на той час перебувало у блокаді, створило великі проблеми з водопостачанням та водовідведенням, поглибивши гуманітарну кризу.

Руйнування об'єктів та підприємств критичної інфраструктури призводять до аварійних викидів забруднювальних речовин у водні об'єкти.

Досить промовистим є перелік випадків використання розгалуженої водної інфраструктури України як зброї. Вже на початку вторгнення була підірвана дамба на р. Ірпінь, що призвело до затоплення 20 км² заплави річки (Овчинникова, 2023, Ecorolitic.com.ua. 15.04.2022). 14 вересня 2022 р. внаслідок ракетного обстрілу м. Кривий Ріг було частково знищено дамбу Карачунівського водосховища. На затоплених територіях спостерігалось перевищення концентрацій біогенних елементів, та заліза (Овчинникова, 2023). 25 жовтня 2022 р. було зруйноване Оскільське водосховище, яке відіграло велику роль у забезпеченні водою Донецької області. Катастрофою глобального масштабу став підірив військами РФ греблі Каховської ГЕС 6 червня 2023 р. Паводкова хвиля від спустошення водо-

сховища спричинила затоплення пониззя Дніпра та людські жертви, кількість яких за офіційними даними сягнула більше 80 чол. (UNEP, 2023), та понесла у Чорне море значну кількість забруднюючих речовин, мулу з донних відкладів. Без доступу до питної води опинилися мільйони людей, сільське господарство півдня України залишилось без меліорації і надалі буде нести великі втрати. Раптове руйнування усталеної екосистеми Каховського водосховища буде мати дуже віддалені наслідки, які ще мають бути осмислені.

Окупація частини територій України порушила загальнодержавну систему моніторингу довкілля, у зв'язку з чим повноцінно екологічні наслідки можуть бути оцінені лише після доступу фахівців до цих територій.

Мета роботи. У даній роботі ми намагалися поглянути на наслідки воєнної агресії РФ з іншого боку. Враховуючи усі перераховані вище руйнування системи водного господарства, ми фокусувались на аспекті зміни хімічного складу та екологічного стану води у основних річкових басейнах України внаслідок переміщення населення, яке рятувалось від війни. У разі встановлення наявності зміни стану водного об'єкта ми розглядали джерела, які могли до них призвести.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методологія аналізу впливу воєнної агресії РФ на стан водних ресурсів України ґрунтувалася на моделі DPSIR, розробленій Європейським Екологічним Агентством (ЄЕА) (European Environment Agency, 23.11.2020). Суть вказаної моделі полягає у визначенні причинно-наслідкового зв'язку між станом водної екосистеми і соціально-економічними показниками у межах річкового басейну, серед яких основна увага приділялась форс — мажорним обставинам, спричиненим воєнними діями на території України.

Модель DPSIR була реалізована шляхом послідовного аналізу взаємозв'язку між Станом (*State*) → Факторами (*Drivers*) → Навантаженням (*Pressures*) → Впливом (*Impact*).

Стан водної екосистеми оцінювали за показниками, які відображають умови існування її біотичної складової, а саме фізико-хімічними, хімічними та гідроморфологічними параметрами. Зміна вказаних параметрів за умови значного антропогенного навантаження може призвести до ризику недосягнення "доброго" екологічного стану вод, тобто до погіршення її якості.

У разі наявності зміни стану проводили аналіз шляхів надходження забруднюючих речовин, який ґрунтувався на врахуванні окремих джерел та ви-

значенні навантаження, що вони сформували (CIS Technical Guidance, 2012).

Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС (Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, 2014) Україна перейшла до європейських принципів управління водними ресурсами, заснованих на екологічному підході. З 2019 р. державний моніторинг вод в Україні почав здійснюватися на засадах Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД) (Постанова КМУ № 758, 2018) з щомісячною частотою відбору проб та просторовою роздільністю на рівні масивів поверхневих вод (МПВ). Оновлений тип моніторингу розпочався у 2019 р. з басейну Дону, і протягом 2020–2021 рр. поступово охопив інші річкові басейни України.

Основними суб'єктами здійснення моніторингу поверхневих вод є Державне агентство водних ресурсів України (ДВА) та Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). За моніторинг підземних вод відповідає Державна геологічна служба України, однак через відсутність фінансування своєї зобов'язання з моніторингу вод вона до цього часу не виконує. Тобто, для аналізу була можливість використовувати лише дані суб'єктів моніторингу поверхневих вод.

Статистичні дані щодо кількості ВПО отримували з офіційних урядових порталів та корегували їх на основі даних Міжнародної організації з міграції, згідно яких офіційна чисельність зареєстрованих ВПО становили лише 38% від їхньої загальної кількості.

Методологія аналізу змін хімічного складу водних об'єктів полягала у порівняльній характеристиці концентрацій окремих показників хімічного складу води за 2022 р. та за період до початку військових дій. Важливо зазначити, що концентрації елементів хімічного складу води напряму залежать від показників водного стоку. За високої водності спостерігається розбавлення емісійного потоку, який формується внаслідок впливу точкових джерел, тоді як за низької водності — навпаки, його концентрування. Для дифузних джерел ця залежність є протилежною. Із збільшенням кількості опадів, які забезпечують транспортування речовин з поверхні водозбору, їх емісія збільшується. Тобто, без застосування процедури нормалізації емісійного потоку коливання водного стоку можуть маскувати або спотворювати тенденції зміни навантаження на водні екосистеми. Для подолання впливу водності OSPAR було розроблено методологію зважування концентрацій речовин за водним стоком (OSPAR Guidelines, 2004).

За моніторинг параметрів водного стоку відповідає ДСНС. Суб'єктом моніторингу до цього часу не

завершено опрацювання даних по витратах води за 2022 р., що унеможливило застосування вищевказаної методології. У обставинах, що склалися, було прийнято рішення використовувати для порівняльного аналізу лише 2 роки поспіль, оскільки природні процеси зазвичай протікають плавно і між сусідніми роками не спостерігається значної мінливості водного стоку. Такий підхід дозволив мінімізувати вплив невизначеностей, обумовлених водністю.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Басейн Вісли. Район басейну річки Вісли розташований у межах Львівської та Волинської областей і складається з двох суббасейнів: Західного Бугу та Сяну.

Відповідно до Плану управління басейном р. Вісла (ПУРБ Вісли, Проєкт, 2023) соціально-економічна структура басейну створює передумови до формування значного антропогенного навантаження, яке чинить вплив на екосистеми поверхневих вод. До основних чинників антропогенного навантаження у басейні належать:

- Населення. У басейні нараховується 1137 населених пункти, в яких проживає близько 1,44 млн осіб. Щільність населення нерівномірна, у Львівській області вона становить 113 осіб/км², у Волинській області — близько 50 осіб/км².
- Підприємства різних галузей економіки України.
- Сільське господарство, яке відноситься до важливих галузей господарства областей басейну і характеризується високим рівнем розвитку. До основних сільськогосподарських культур належать: зернові, технічні, картопля, кормові культури.
- Поперечні споруди на малих і середніх річках, які унеможливають вільне проходження води, транспортування наносів та міграцію гідробіонтів, а також змінюють транзитний режим річок на акумуляційний.

До основних типів навантаження, ідентифікованих у басейні Вісли, відноситься забруднення органічними речовинами, забруднення біогенними елементами, забруднення небезпечними речовинами, гідроморфологічні зміни. Ми акцентували свою увагу на перших двох показниках, оскільки їхня динаміка тісно пов'язана з відходами життєдіяльності населення.

Органічні речовини. Забруднення органічними речовинами оцінювали за непрямими показниками: БСК₅ та ХСК. З них перший показник охоплює групу органічних речовин, які піддаються мікробіальному розкладанню, натомість ХСК характеризує окиснен-

ня як органічних, так і неорганічних речовин (Bridie et al. 1979). На рис. 1 показано співвідношення середніх за рік значень БСК₅ та ХСК у точках моніторингу за 2021 р. та 2022 р.

З рис. 1 слідує, що за основною течією р. Західний Буг спостерігалось збільшення середніх значень за рік БСК₅ на відтинку від м. Буськ до с. Старий Добротвір. Нижче Добротвірського водосховища значення БСК₅ у 2022 р. не перевищували відповідних величин 2021 р., а на прикордонних ділянках були навіть нижчими за них. Серед притоків Західного Бугу у 2022 р. збільшились середньорічні значення БСК₅ у річках Полтва (більше, ніж у 2 рази), Рата та

малих річках Марунька, Кийський Потік. Всі перераховані пункти знаходяться під впливом стічних вод населених пунктів. Річка Полтва приймає стічні води м. Львова і зазнає найбільшого у басейні навантаження органічними речовинами, що досягає 88% загального навантаження у басейні Вісли. За даними Державного водного кадастру за розділом "Водокористування" у 2021 р. та 2022 р. КП "Львівводоканал" у р. Полтва було відведено по 1,5 тис. т органічних речовин за БСК₅.

Аналогічно до закономірностей, встановлених для БСК₅, збільшення середньорічних значень ХСК охоплювало значну ділянку за течією р. Західний Буг

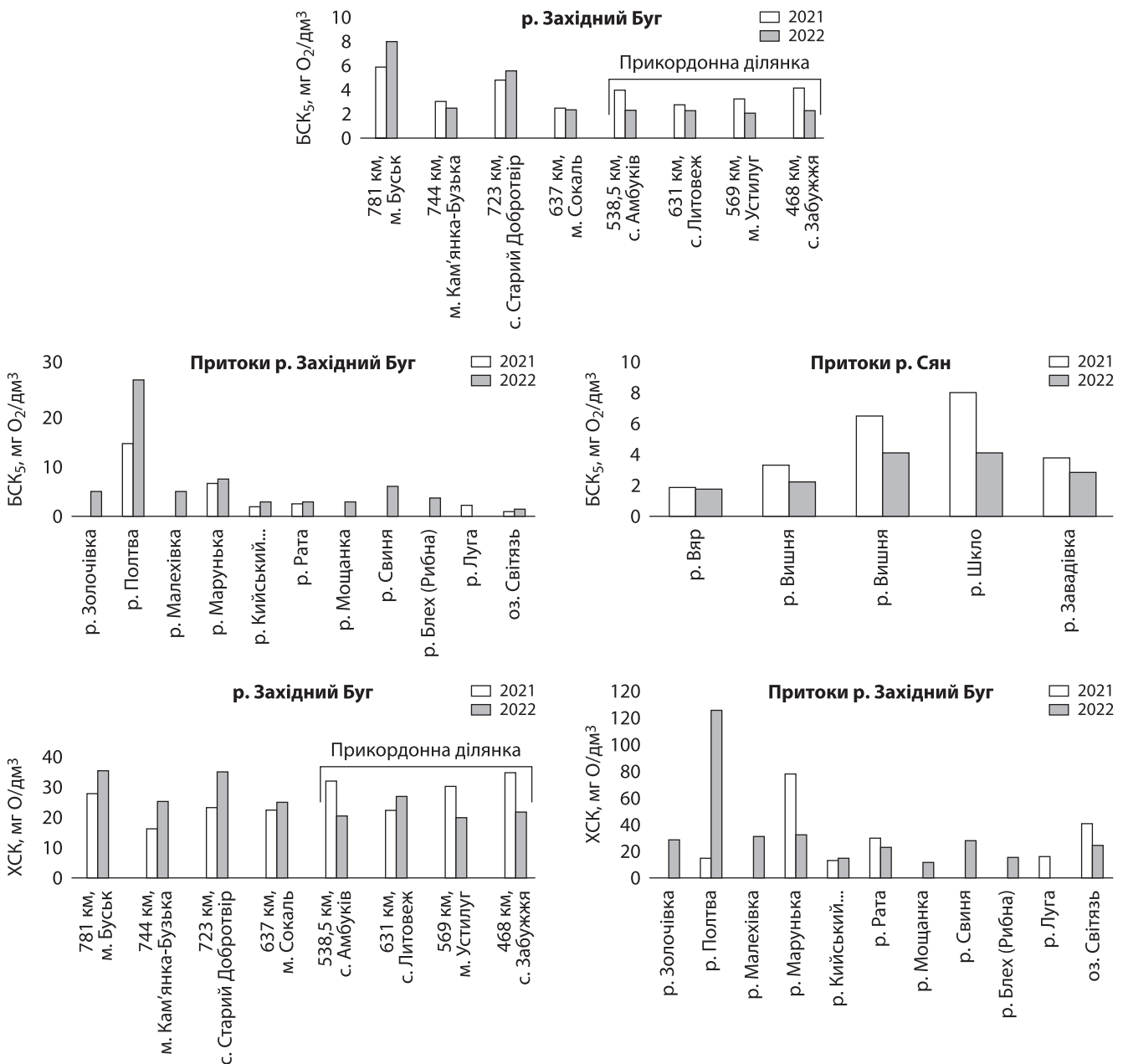


Рис. 1. Співвідношення середніх за рік значень БСК₅ та ХСК у точках моніторингу у басейні р. Західний Буг

і простягалось від м. Буськ до м. Сокаль. У одному з прикордонних пунктів МПВ UA_A6.6.1_0006 поблизу с. Литовеж, поблизу мосту автодороги Новолинськ-Червоноград також відзначено зростання середнього значення ХСК. У притоках Сяну у 2022 р. збільшення значень ХСК не спостерігалось.

Характерно, що співвідношення між ХСК і БСК₅ у притоках коливаються у межах 4–6 разів, тоді як у стічних водах населених пунктів таке співвідношення не перевищує 2. На ділянці р. Західний Буг від 744 км (нижче впадіння р. Полтва) до 583, 5 км (нижче впадіння р. Хучва поблизу кордону з Польщею) вказане характерне співвідношення зростає до 9–11 разів і свідчить про те, що у воді домінує органічне забруднення, яке важко розкладається мікроорганізмами. Якщо проаналізувати екологічний стан за окремими фізико-хімічними показниками, то варто зазначити, що для більшості з них він був задовільним ще до початку війни, а військова агресія додатково створила умови для значного відхилення екосистеми від “доброго” екологічного стану.

Біогенні елементи. Навантаження вод біогенними елементами зумовлене сполуками нітрогену і фосфору, які можуть надходити як від точкових, так і дифузних джерел. Інші біогенні елементи значної ролі не відіграють. Збагачення вод сполуками нітрогену і фосфору прискорює розвиток водоростей аж до виникнення явища “цвітіння”. Наслідком цього є збільшення трофічного статусу екосистеми, небажане порушення балансу організмів у водному середовищі та зниження якості води, що проявляється у зменшенні вмісту кисню, порушенні балансу рН, накопиченні токсичних речовин. Все це істотно знижує якість водних ресурсів (Henderson-Sellers, Markland, 1987).

Сполуки нітрогену. Нітроген (N) завдяки своїй здатності швидко трансформуватися і набувати 9 валентних станів характеризується у довіллі надзвичайно високою міграційною здатністю.

За низьких значень рН, Eh та температури у воді складаються умови до накопичення іонів NH₄⁺, які є першими неорганічними продуктами біохімічного розкладання гідробіонтів. За високих значень зазначених показників та температури води домінуючою формою існування нітрогену будуть іони NO₃⁻. Їхня поточна концентрація буде визначатися асимілюючою здатністю біоти у період вегетації. Наявність у таких умовах високих концентрацій NH₄⁺ свідчить про вплив стічних вод міських агломерацій. Іони NO₂⁻ у умовах природних вод є нестабільними (Hatfield, Follett 2008).

Розгляд тенденції зміни вмісту сполук нітрогену у точках моніторингу протягом 2021р. та 2022 р.

почнемо з характеристики амонійної форми нітрогену (рис. 2).

Характер зміни середніх за рік концентрацій нітрогену амонійного за довжиною р. Західний Буг подібний до зміни органічних речовин. У 2022 р. зафіксовано їхнє збільшення на відтинку від м. Буськ до Добротвірського водосховища, нижче за течією такого збільшення не спостерігалось. Поясненням цього факту є те, що гідробіонти Добротвірського водосховища активно асимілюють сполуки нітрогену для свого розвитку. На відміну від органічних речовин, для амонійного нітрогену у 2022 р. відзначається зростання концентрацій не лише у притоках Західного Бугу, але й Сяну.

Для точкових джерел кількісні показники біогенного навантаження вод тісно пов'язані з органічним. Продукти життєдіяльності живих організмів мають білкову природу, до складу яких входить також нітроген (Bin et al. 2011, Pieterse et al. 2003). В Україні очищення стічних вод виконується за біологічною, так званою вторинною методологією оброблення. Вона досить ефективно працює щодо органічних речовин, вилучаючи 70–75% від їхнього загального надходження. Що стосується біогенних елементів, то ефективність вторинної технології значно менша і дозволяє утилізувати не більше 35% сполук нітрогену і 20% сполук фосфору.

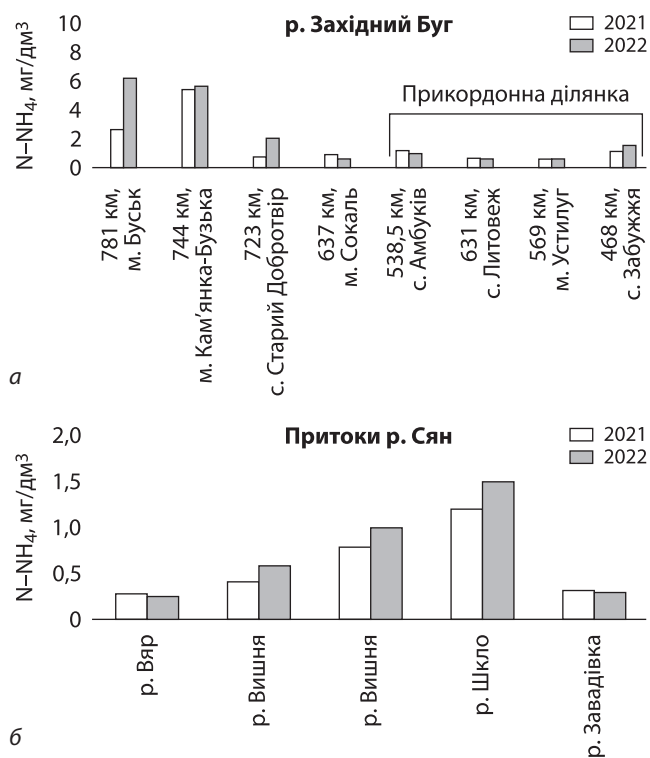


Рис. 2. Співвідношення середніх за рік значень концентрацій NH у точках моніторингу: а — за довжиною р. Західний Буг; б — притоків р. Сян

Високі концентрації амонійного нітрогену у воді річок зазвичай пов'язуються з надходженням стічних вод, які недостатньо розбавляються природним водним стоком. За офіційною статистикою у 2022 р. кількість внутрішньо переміщених осіб у Львівській і Волинській областях становила відповідно 257 066 осіб та 30 160 осіб. Отже, щільність населення у вказаних областях зростає відповідно до 124,8 осіб/км² та 53 осіб/км². Кількість людей, які перебували на території басейну без офіційної реєстрації невідома. Можемо спиратися на оцінки МОМ — 7,1 млн. В той же час у Мінсоцполітики повідомляли про 2,7 млн ВПО, які офіційно зареєструвалися, тобто 38% від загальної кількості зазначеної МОМ.

Дані МОМ виглядали більш реалістичними і на їхній підставі ми розрахували, що за період військових дій загальна кількість населення у Львівській обл. зростає до 3,16 млн чол., у Волинській обл. до 1,18 млн чол. Щільність населення відповідно збільшилась від 113 осіб/км² до 144 осіб/км² у Львівській обл. та від 51 осіб/км² до 58 осіб/км² у Волинській обл. Крім того, суттєво змінився розподіл між міським та сільським населенням. В інтерв'ю директорки Інституту демографії НАНУ Е.М. Лібанової (Лібанова, 2022) зазначено, що в основному з небезпечних районів виїжджали містяни, які відповідно тяжіли до міських агломерацій.

Таке раптове переміщення населення створило значні виклики для місцевої комунальної інфраструктури та призвело до збільшення навантаження на водні ресурси. На підтвердження цієї гіпотези

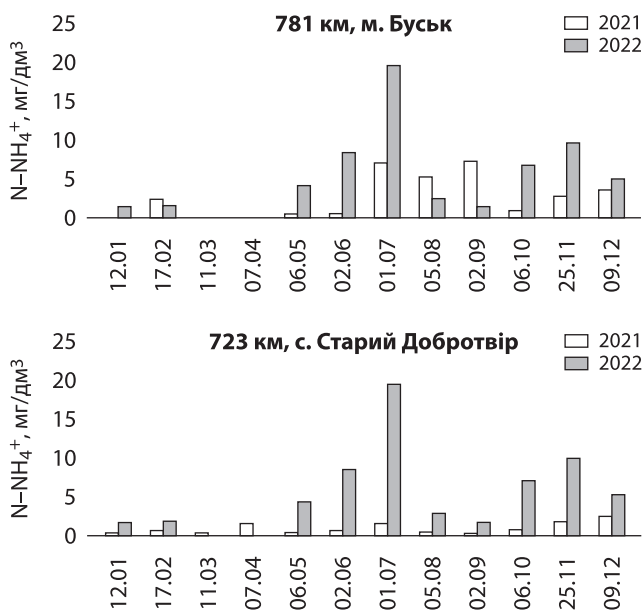


Рис. 3. Щомісячний розподіл концентрацій амонійного нітрогену у воді р. Західний Буг у 2021 р. та 2022 р.: 781 км, м. Буськ; 723 км, с. Старий Добротвır

служують дані внутрішньорічного розподілу середніх концентрацій нітрогену амонійного (рис. 3). Протягом березня і квітня досліджень не проводили, а починаючи з травня місяця спостерігалось різке збільшення вмісту N-NH₄⁺ у воді, яке відбувалось двома хвилями протягом травня–липня та жовтня–грудня.

У Львівській області і до цього існувала проблема з забрудненням поверхневих вод. Стічні води м. Львів відводяться у невелику річку Полтва, середній багаторічний природний стік якої становить 296,4 млн м³·рік⁻¹, що дає можливість розбавляти стічні води не більше ніж у 2–3 рази. Надходження стічних вод погіршує якість води та ставить екосистему р. Полтва під ризик недосягнення “доброго” екологічного стану. КП “Львівводоканал” у 2022 р. відзвітував про відведення недостатньо очищених стічних вод обсягом 103,8 млн м³·рік⁻¹, що було навіть менше значення попереднього року (108,4 млн м³·рік⁻¹). Очевидно, що проблеми з відсутністю електроенергії через російські обстріли інфраструктури завадили повноцінному виконанню процесу очищення стічних вод та обліку обсягу їхнього відведення у водоприймач. Про наявність перенаселеності свідчать дані щодо відведення забруднюючих речовин, кількісні показники яких перевищили значення попереднього року.

Іншим аспектом впливу біженців є утворення додаткової кількості твердих відходів та виникнення несанкціонованих сміттєзвалищ. У суббасейні Західного Бугу до початку війни було більше 200 сміттєзвалищ, розташованих на площі близько 200 га. Жодне з них не відповідало екологічним вимогам і було потенційним джерелом забруднення. Найбільшим є Грибівський полігон, де на площі 33 га накопичено 13 млн. т відходів. Нині на ньому створюють захисні екрани для попередження забруднення вод та проводять рекультиваційні заходи. На кошти ЄБРР будується новий сміттєспалюючий завод з біогазовою установкою. Окрім Грибівського полігону, проектні обсяги вичерпані на сміттєзвалищах поблизу Кам’янки-Бузької, Добротвора, Нового Яричева, Запитова. У суббасейні Сяну полігони твердих відходів займають площу 10 га. А найбільші з них знаходяться поблизу м. Новояворівськ, смт. Бориня (Самбірський район), та с. Липники (Яворівський район). Це створює передумови до дифузного забруднення поверхневих водних об’єктів.

Дослідження (Breemen et al. 2002, Seitzinger et al. 2002) вказують на тісну кореляцію між щільністю населення та емісією нітрогену у річкову мережу. Середнє навантаження на душу населення, що характеризує відведення із стічними водами, становить 2,7 кг N·рік⁻¹. Якщо брати до уваги сукупні витрати

з урахуванням виробництва і споживання їжі та спалювання викопного палива для задоволення потреб у енергії ця величина за даними (OSPAR Guidelines, 2004) збільшується до $3,1 \text{ кг N-рік}^{-1}$.

Ми очікували, що зростання кількості населення призведе до збільшення відведення стічних вод. Однак, серед усіх комунальних підприємств ЖКГ лише МКП "Сокальводоканал" прозвітував про збільшення у 2022 р. обсягу стічних вод на 569 тис. м^3 . Переважна більшість підприємств зазначила зменшення скиду стічних вод. Причини цього обговорювались вище. На фоні зменшення обсягу стічних вод комунальні підприємства звітували про збільшення у 2022 р надходження у складі стічних вод амонійного нітрогену, а саме КП "Львівводоканал" — на 2,3 т; "Червоноградводоканал" — на 2,2 т; УВКГ Володимир-Волинської міської ради — на 0,8 т.

На відміну від амонійної форми нітрогену середній вміст його нітратних сполук у 2022 р. не мав аналогічних змін. Це пов'язано з тим, що надходження нітратної форми нітрогену переважно відбувається від дифузних джерел (Lam, 2010). Чітке зменшення концентрації нітратного нітрогену зафіксовано у воді р. Полтва, у навантаженні якої домінує значне точкове джерело. Вплив дифузних джерел визначається природним фоном, сільськогосподарською освоєністю території, застосуванням мінеральних добрив, атмосферними опадами, наявністю звалищ.

Через високу мобільність нітратних сполук вони легко вимиваються з поверхні водозбору і надходять у річкову мережу. Як зазначено у (ПУРБ Вісли, Проєкт, 2023) 70% МПВ знаходяться під ризиком не досягнення "доброго" екологічного стану саме через дію дифузних джерел. Нами було складено масовий баланс надходження сполук нітрогену у басейні р. Полтва у 2021 р. та 2022 р. (Osadcha et al. 2022). Отримані результати свідчать, що у 2022 р. загальне надходження сполук нітрогену збільшилось на 66,8 т. Серед джерел надходження домінували 2 основних: вимивання з орних земель та надходження від комунальних очисних споруд (КОС). Важливо те, що частка точкових джерел у 2022 р. зросла до 37,4% порівняно з 29,1% у 2021 р. Зростання впливу КОС на 8,3% є кількісним виразом впливу воєнних дій за рахунок переміщення населення.

Сполуки фосфору. Особливістю геохімічної поведінки сполук фосфору є те, що вони легко сорбуються глинистими мінералами ґрунтоутворних порід, і вимиваються у руслову мережу переважно за рахунок ерозії (Djordjic, Villa 2015). Ця властивість сполук фосфору призвела до того, що у переважній більшості річкових басейнів основна частина фосфорного навантаження вод формується за рахунок комунальних стічних вод.

Різке зростання кількості населення у басейні Вісли призвело до суттєвого підвищення середніх за 2022 рік концентрацій іонів фосфатів у Західному Бугу та його притоках (рис. 4). За довжиною р. Західний Буг відзначимо екосистемну роль Добро-твірського водосховища, яке сприяло вилученню значної кількості фосфатних іонів та зменшення концентрацій PO_4^{3-} у створі м. Сокаль. Найвищий ступінь забруднення є характерним для р. Полтва з причин, які вже обговорювались вище. А от на водозбірній площі притоків Сяну немає великих міст, які б слугували концентраторами населення та створювали навантаження на водні об'єкти. Не дивлячись на невелике збільшення середніх за 2022 р. концентрацій фосфатних іонів, їх значення не перевищили екологічно значимої для малих річок межі $0,07 \text{ мг P/дм}^3$. Вірогідно, кількість переміщених осіб була незначною і це не призвело до зростання середніх за 2022 р. концентрацій досліджуваного компоненту.

Підтвердженням тези про переважне надходження сполук фосфору від комунальних підприємств слугують також дані внутрішньорічного розподілу фосфатних іонів у воді р. Західний Буг поблизу м. Буськ, нижче впадіння р. Полтва та у створі

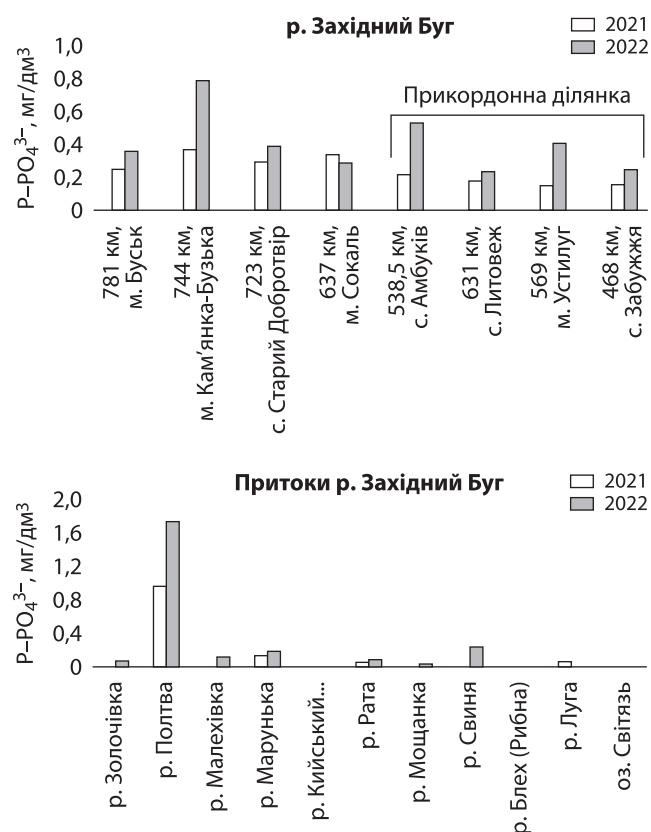


Рис. 4. Співвідношення середніх за рік значень концентрацій PO_4^{3-} у точках моніторингу за довжиною р. Західний Буг; та притоків р. Західний Буг

с. Старий Добротвір (рис. 5). Якщо у лютому місяці, концентрації вказаного компонента були значно нижчими за попередній рік, то з початком воєнних дій вони різко зросли у 2–6 разів.

Нами також було проаналізовано звітність КП “Львівводоканал” щодо відведення фосфатних іонів у 2021 р. та 2022 р. Беручи до уваги той факт, що від 1 людини за рік формується фосфорне навантаження 547,5 г, у м. Львів кількість населення зросла у 1,6 раза.

Основним джерелом появи у воді річок сполук фосфору є надходження стічних вод, що робить їх гарним індикатором відстеження впливу точкових джерел. Отримані дані показали, що у 2022 р. міські агломерації відігравали вагомий роль у зростанні концентрацій фосфору по всій довжині р. Західний Буг та у його притоках р. Полтва, р. Золочівка, р. Малехівка, р. Марунька, р. Свиля. Методом розрахунку масового балансу встановлено, що у басейні р. Полтва загальне навантаження фосфором фосфатів збільшилось з 51,5 т/рік у 2021 р. до 82,3 т/рік у 2022 р. Тобто, вплив воєнних дій на забруднення басейну р. Полтви кількісно дорівнює 31,2 т. Домінуюче джерело надходження фосфору фосфатів сформувалось за рахунок комунальних очисних споруд. У 2021 р. їхня частка складала 80%, а у 2022 р. — 87,5%.

Басейн Дністра. Басейн Дністра у межах України відзначається значною просторовою неоднорідністю природних умов. Характерною особливістю басейну р. Дністер є те, що основна частина водного

стоку формується у верхній Карпатській частині, у межах якої важливим чинником його формування виступає рельєф. Гідрологічний режим цієї частини характеризується як паводковий, річний розподіл витрат води визначається коливанням опадів. У середній та нижній частинах на гідрологічні характеристики разом з атмосферними опадами чинять вплив геологічні і гідрогеологічні умови (Хільчевський та ін. 2013, ПУРБ Дністра. Проект, 2022). За цим же принципом будемо характеризувати зміни хімічного складу води у 2022 р.

Органічні речовини. Результати, показані на рис. 6, свідчать, що у верхній частині р. Дністер у 2022 р. середні значення БСК₅ істотно збільшилось у всіх досліджуваних створах. У тих, що зазнають впливу муніципальних стічних вод, вони зросли майже в 2 рази. Аналогічна закономірність також спостерігалась у більшості притоків цієї частини. Ступінь відхилення варіював у межах від 1,1 до 2,2 раза. Критична ситуація з органічним забрудненням спостерігається у річці Саджава, до якої надходять стічні води Долинського ВУВКГ. До початку війни середні значення БСК₅ у її воді сягало 18,5 мг O₂/дм³, а у 2022 р. збільшилось у 1,3 рази і становило 24,5 мг O₂/дм³. Разом з тим підприємство прозвітувало про однакову кількість відведених органічних речовин за БСК₅ за 2 роки поспіль на рівні 7 т. Аналізуючи щільність населення у Івано-Франківській обл., бачимо, що вона зросла з 97 осіб/км² у 2021 до 107,5 осіб/км² у 2022 р. А за офіційними даними у м. Долина до 21 100 осіб постійного населення додалось 5 тис. офіційно зареєстрованих вимушених переселенців. Якщо застосувати підхід МОМ, то кількість населення у місті могла зрости вдвічі, це й пояснює подвоєння середніх концентрацій БСК₅.

Також звертає увагу тенденція зміни концентрацій БСК₅ у воді р. Зубра, яка приймає стічні води Львівщини. Тут забруднення органічними речовинами не таке високе, у 2021 р. БСК₅ становило 3,66 мг O₂/дм³ і було на верхній межі природної варіабельності досліджуваного показника, а от у 2022 р. воно збільшилось у 2,2 рази і досягло рекордних 8,07 мг O₂/дм³. Що стосується середньої частини басейну Дністра, то в її межах спостерігалось незначне збільшення значення БСК₅ на відтинку 936 км (м. Заліщики) — 826 км (м. Хотин). Нижче за течією до 550 км забруднення вод органічними речовинами, навпаки, зменшилось.

У притоків середньої частини Дністра, таких як, р. Джурин, р. Серет та р. Калюс, пункти моніторингу яких знаходяться нижче скидів стічних вод комунальних підприємств відповідні величини зросли майже у 2 рази.

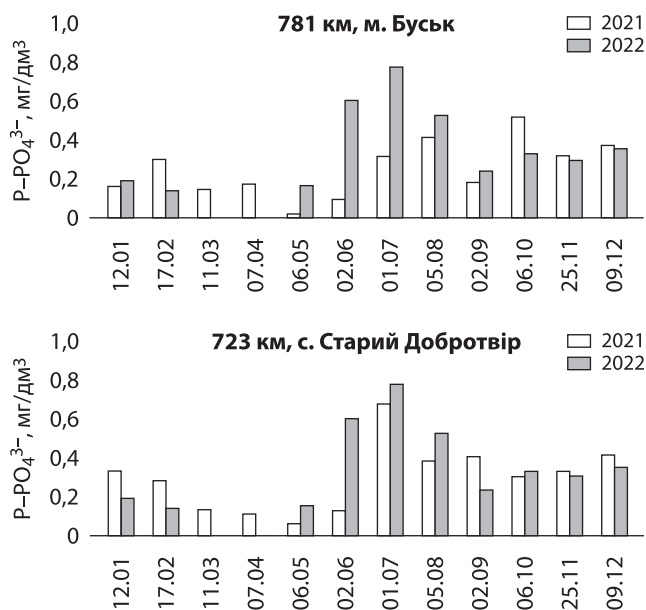


Рис. 5. Щомісячний розподіл концентрацій розчиненого фосфору фосфатів у воді р. Західний Буг у 2021 р. та 2022 р. — 781 км, м. Буськ; та — 723 км, с. Старий Добротвір

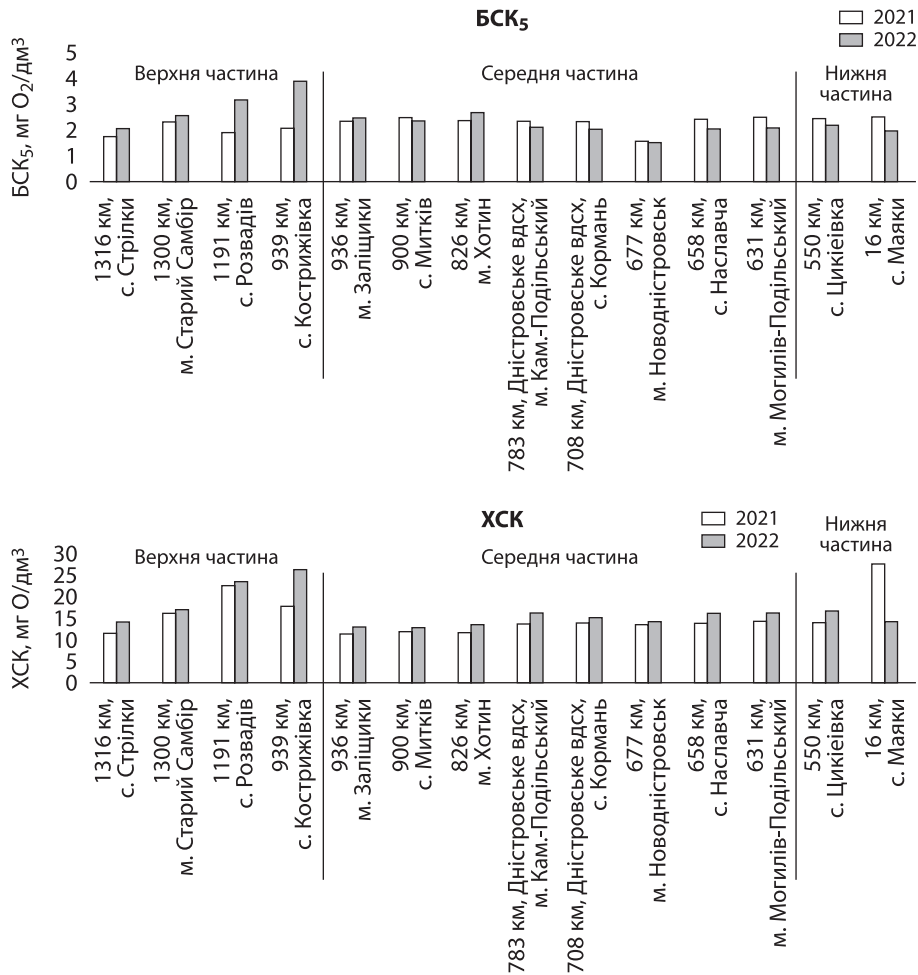


Рис. 6. Співвідношення середніх за рік значень БСК₅ та ХСК у точках моніторингу за довжиною р. Дністер

У нижній частині басейну Дністра середні значення БСК₅ у 2022 р. були нижчими за такі ж величини 2021 р.

Концентрації ХСК практично по всій довжині р. Дністер у 2022 р. зросли. Лише у пониззі, поблизу с. Маяки, спостерігалось різке зменшення. Значення ХСК зросли також у притоках верхнього Дністра таких як: Саджава і Зубра, Стрв'яж, Тисмениця, Стрий, Луг, Свіча, Сівка, Лімниця, Дуба, Павельче, Луква. У більшості притоків середньої частини також спостерігалось збільшення значень ХСК у 2022 р. у межах 1,04–1,79 раза. Найбільше зростання відзначено у річках Тлумачик та Серет нижче скиду стічних вод відповідно у 1,79 та 1,67 раза. Відмінності між характером змін БСК₅ та ХСК обговорювались вище під час розгляду басейну р. Вісла.

Основною гіпотезою, яка пояснює представлений характер змін вмісту органічних речовин у річках басейну Дністра, є різкий притік населення за рахунок внутрішньо переміщених осіб. На підтвердження цієї гіпотези свідчить також хроноло-

гічний графік зміни вмісту органічних речовин у воді р. Саджави (рис. 7). Починаючи з лютого 2022 р. значення показників ХСК та БСК₅ починають різко зростати до кінця літа, а у вересні вони різко зменшуються. Характерно, що у басейні Західного Бугу також у вересні відзначена аналогічна особливість. Очевидно, що деокупація Київської області у квітні

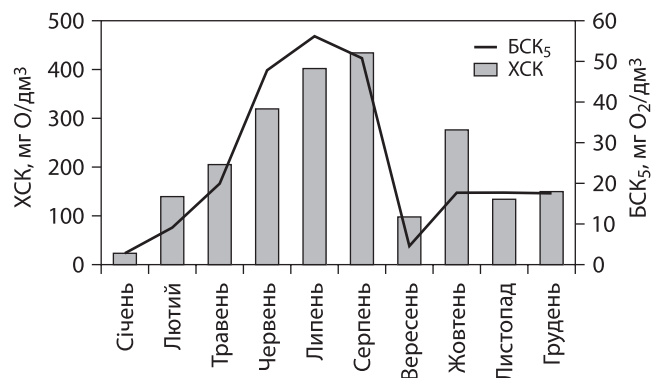


Рис. 7. Сезонний розподіл показників БСК₅ та ХСК у воді р. Саджави за 2022 р.

2022 р. стимулювала людей до повернення у свої домівки.

Біогенні елементи. Вплив навантаження від внутрішньо переміщених осіб найбільш яскраво проявляється на прикладі амонійного нітрогену, на рис. 8 показано, що збільшення середнього вмісту $N-NH_4^+$ спостерігалось вздовж Дністра від його верхньої частини аж до створу Дністровського водосховища (783 км) у середній частині. Це була відносно безпечна частина території України, де була відсутня

загроза прямих бойових зіткнень. Лише у нижній частині басейну Дністра такого зростання не відбувалося. Одеська область знаходилась під постійними обстрілами і ще тривалий час існувала пряма небезпека її захоплення.

Порівняно з органічними речовинами зростання вмісту нітрогену було більшим у 2 рази в більшості випадків, а у створі 939 км (с. Кострижівка) — у 3 рази. У воді більшості притоків верхньої частини також збільшився вміст нітрогену амонійного. Най-

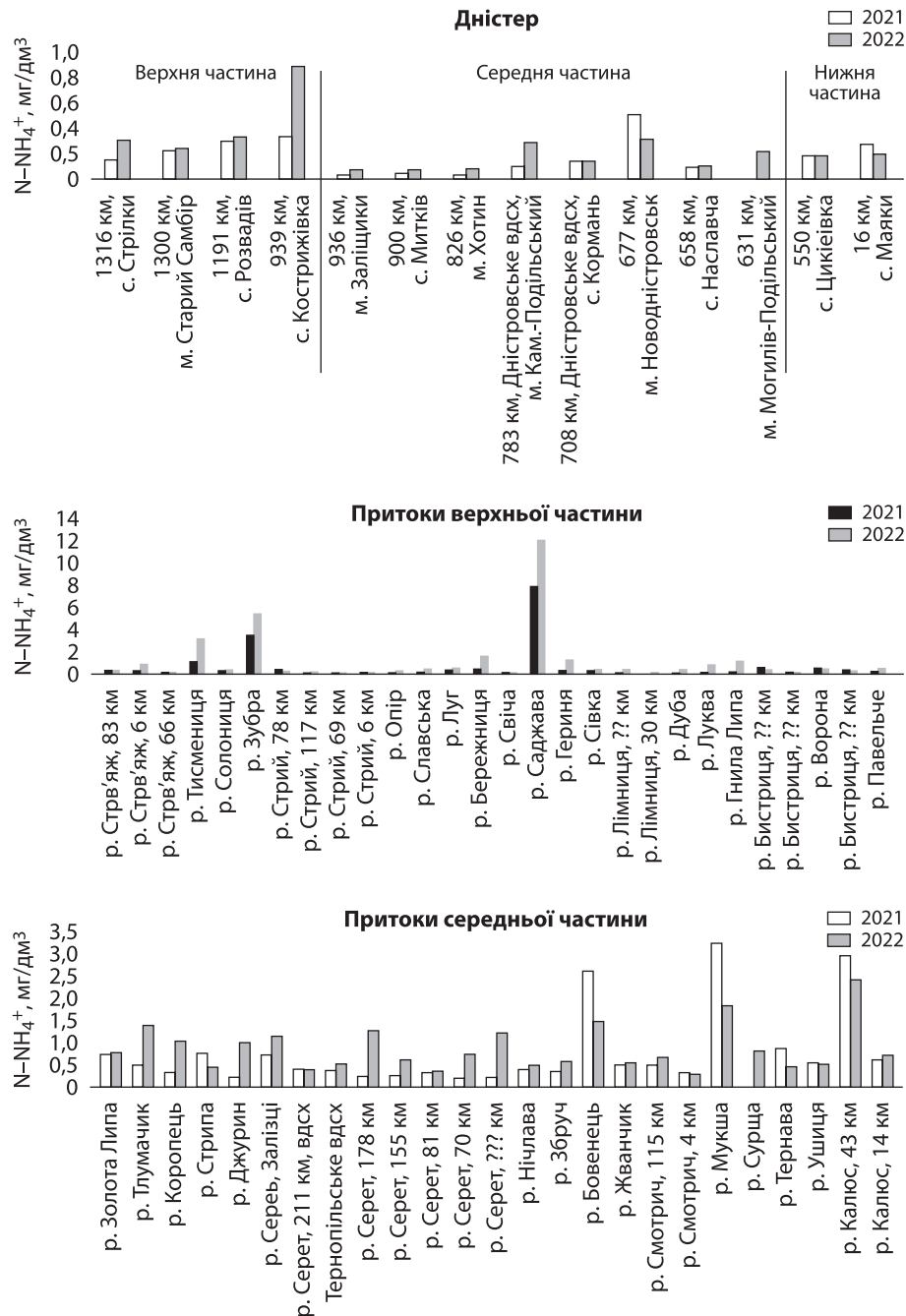


Рис. 8. Співвідношення середніх за рік значень $N-NH_4^+$ у точках моніторингу: за довжиною р. Дністер; притоків верхньої частини; притоків середньої частини

вищий ступінь зростання середніх концентрацій зафіксовано у річках Гнила Липа (у 4,4 раза), Луква (4 рази), Дуба (3,9 раза), Гериня і Бережниця (3,1 раза), до яких відводяться стічні води комунальних підприємств. Максимальний вміст нітрогену амонійного подібно до органічних речовин був характерним для річок Саджава і Зубра. У переважній більшості притоків середнього Дністра також спостерігалось зростання середніх концентрацій нітрогену амонійного. Серед них слід відзначити такі річки як Серет, Джурин, Коропець, а також Касперівське водосховище, де концентрації зросли найбільше, у 3,2–5,3 раза.

Порівняно з нітрогеном амонійним його нітратні сполуки демонструють іншу закономірність. Доведено, що нітратні сполуки переважно надходять з поверхні водозбору внаслідок вимивання мінеральних і органічних добрив. По всій довжині Дністра середні концентрації нітратних сполук у 2022 р. зменшились.

Ще одним вагомим чинником на підтвердження гіпотези про вплив ВПО є специфіка зміни вмісту

сполук фосфору неорганічного. У більшості створів впродовж Дністра та у його верхніх і середніх притоках концентрації фосфору мінерального у 2022 р. збільшились (рис. 9). Фосфор переважно надходить у стічні води з мийними засобами, а біологічна технологія очищення здатна вилучати лише його п'яту частину.

У випадку фосфору, закономірності, встановлені нами для органічних речовин і нітрогену амонійного проявляються по-іншому. Збільшення концентрацій фосфору фосфатів спостерігається після виходу Дністра на Подільську височину (середня частина басейну) та нижче за течією. У верхній частині вагоме зростання вмісту $P-PO_4^{3-}$ відзначається лише у воді р. Саджава. Поясненням цього факту може бути те, що фосфор відноситься до малорозчинних сполук і його концентрації у воді значно менші порівняно зі сполуками нітрогену. Модулі витрат води у верхній частині водозбору високі і спостерігається дія процесу розбавлення. Нижче за течією водність зменшується і достатнього розбавлення вже не спостерігається.

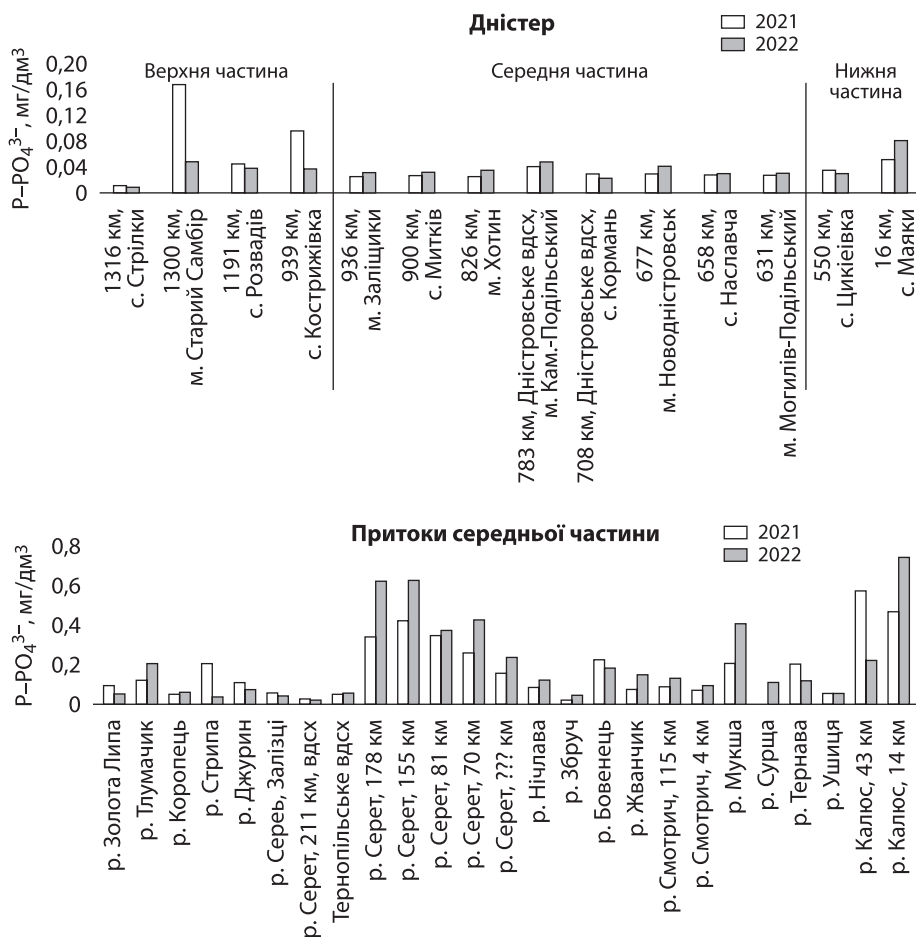


Рис. 9. Співвідношення середніх за рік значень сполук неорганічного фосфору у точках моніторингу: за довжиною р. Дністер та притоків середньої частини

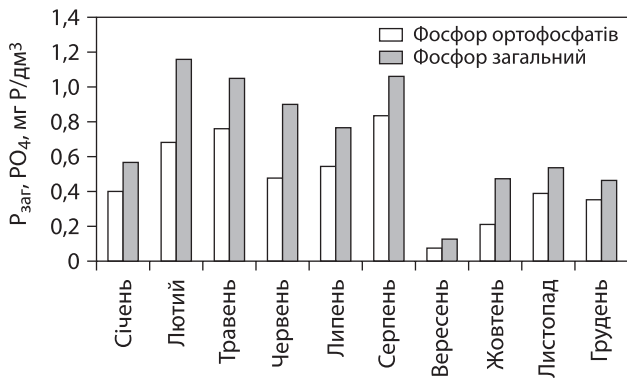


Рис. 10. Хронологічний графік зміни концентрацій сполук фосфору у воді р. Саджава у 2022 р.

Розглянемо сезонну динаміку зміни концентрацій мінерального фосфору у воді р. Саджава протягом 2022 р. Як видно з рис. 10 з лютого по травень вміст фосфатних іонів різко збільшився і до серпня коливався у межах 0,47–0,82 мг Р/дм³. У вересні відзначалося стрімке зменшення концентрацій аналогічно тому як це було характерним для нітрогену та органічних речовин.

Басейн Дунаю на території України складається з чотирьох суббасейнів: р. Тиса, який повністю розташований у межах Закарпатської обл., суббасейн р. Прут знаходиться у межах Чернівецької та Івано-Франківської обл., суббасейн р. Сірет — на території Чернівецької обл., та нижній Дунай — в Одеській обл.

Суббасейн Тиси розташований у межах 2-х орографічних одиниць: Карпатські гори та Закарпатська низовина. Тут щорічно випадає велика кількість опадів (870–1600 мм), внаслідок яких формуються повноводні річки з паводковим гідрологічним режимом. Паводки відзначаються протягом усього року.

Органічні речовини. Як слідує з рис. 11 у вказаних водних об'єктах збільшення величини БСК₅ спосте-

рігалось лише у р. Тиса, на 37 км 849 км та окремих притоках, таких як Апшиця, Теремля, Ріка. Значення ХСК у пунктах моніторингу за довжиною р. Тиса за 2022 р не перевищували показники за попередній рік. Спостерігається не значне збільшення ХСК в таких притоках як Апшиця, Тересва, Теремля, Ріка, в р. Хустець вміст ХСК зріс в 2,4 раза.

Не дивлячись на те, що у Закарпатській обл. щільність переміщених осіб досягла 12,2 осіб/км² і стала на друге місце після показників Дніпропетровської обл., у даній частині водозбору не утворилось істотного концентрування населення. У Карпатській частині немає великих населених пунктів, переважно домінують села, селища міського типу та невеликі міста, найбільшим з яких є м. Хуст з населенням трохи більше 28 тис. осіб. Велика водність річок дозволяє досягти необхідного розбавлення стоків, які до них потрапляють. На підтвердження цієї думки слугує також невідповідність змін між БСК₅ та ХСК як у середньому за рік, так і за щомісячними даними у воді р. Чорна Тиса, 37 км.

Більш інформативним із точки зору антропогенного впливу може бути характер зміни вмісту сполук нітрогену (рис. 12). Зафіксовано зростання середньорічних значень нітрогену в амонійній формі у верхів'ях Тиси, на відтинку Чорної Тиси, а також у більшості притоків. Найбільші зміни були характерні для р. Хустець, біля якої розташоване м. Хуст.

Розглядаючи хронологічні зміни протягом 2022 р., треба відзначити істотне зростання показників органічного забруднення вод, вмісту нітрогену амонійного та іонів мінерального фосфору впродовж липня–вересня. Саме ці показники характерні для комунальних стічних вод. Хронологічні зміни нітрогену нітратного, який переважно надходить від дифузних джерел, мали зовсім іншу закономірність.

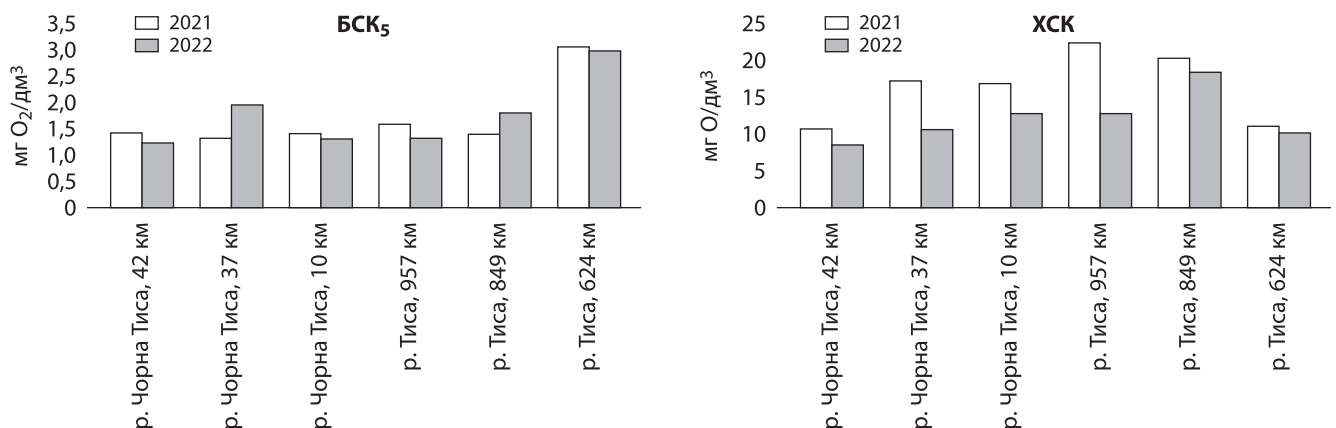


Рис. 11. Співвідношення середніх за рік значень БСК₅ та ХСК у точках моніторингу: за довжиною р. Тиса

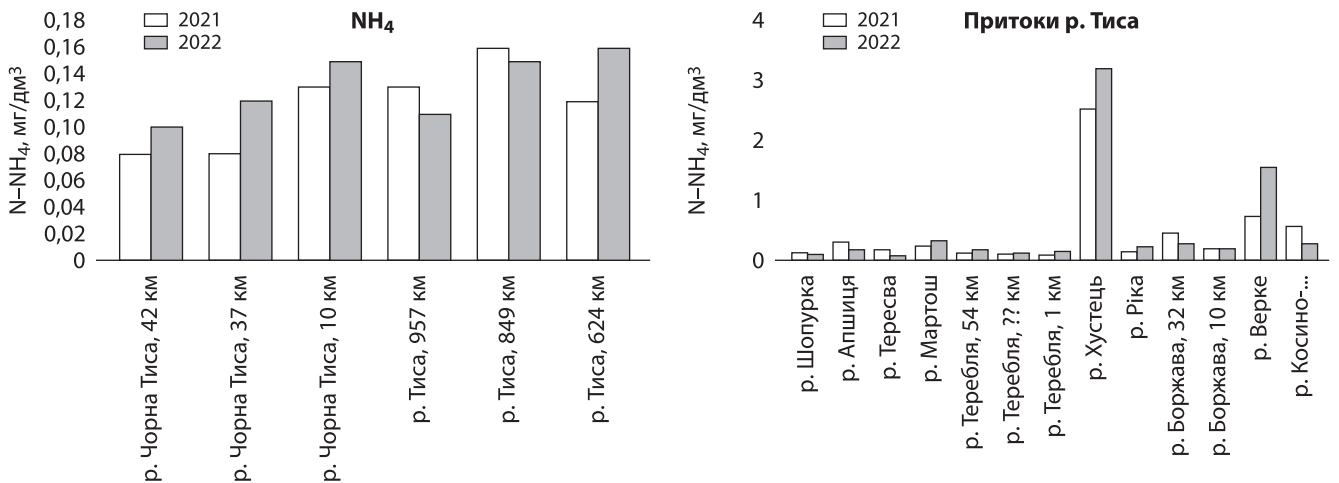


Рис. 12. Співвідношення середніх за рік значень вмісту нітрогену амонійного у точках моніторингу за довжиною р. Тиса та її притоків на території України

У басейні р. Тиса більше 90% навантаження органічними речовинами та сполуками біогенних елементів формується агломераціями міст Ужгород та Мукачево (ПУРБ Тиси. Проект, 2022).

Місто Мукачево розташоване біля берегів р. Латориця. У 2022 р. на відтинку р. Латориця 87 км та 103 км відзначалося збільшення середніх за рік показників легкоокиснюваної органічної речовини (за БСК₅), нітрогену амонійного та фосфору фосфатів. Саме зростання вказаних компонентів вказує на збільшення надходження у стічні води відходів людської життєдіяльності. Середні за рік показники менш інформативні. Більш яскраво характер розвитку ситуації проявляється при аналізі хронологічних графіків. Перші зміни у створі м. Мукачево були пов'язані із зростанням вмісту амонійного нітрогену у травні, далі в червні стрибкоподібно зросло значення БСК₅ та концентрації неорганічних форм фосфору (рис. 13).

Як слідує з рис. 13 збільшення вмісту досліджуваних показників відбувалось кількома хвилями. У червні попередні значення концентрацій окремих елементів зросли у середньому у 3 рази, а у серпні — на 87-му кілометрі р. Латориця рівень підвищення значень БСК₅ досяг 7 кратного збільшення, а фосфору фосфатів — більше ніж у 60 разів. Це пояснюється тим фактом, що із 147 тис. ВПО, зареєстрованих у Закарпатській обл., у м. Мукачево налічувалось 39 тис. ВПО не тяжіли до окремих локацій і з часом перерозподілялися в інші населені пункти.

Аналогічна ситуація відзначається також у воді р. Уж. До обласного центру Закарпатської обл. м. Ужгород з початком війни перемістилася значна кількість людей. Офіційно у місті зареєстровано 28 тис. ВПО, однак цю цифру сміливо можна мно-

жити на 2,6, оскільки за даними МОМ офіційна кількість ВПО становить не більше 38%.

Найближчий до м. Ужгород пост спостереження знаходився на відстані більше 70 км у створі с. Сторожниця поблизу кордону зі Словаччиною. Однак, навіть у цьому випадку відзначалося збільшення середньорічних концентрацій органічних речовин та біогенних елементів у 2022 р. порівняно з аналогічними показниками 2021 р.

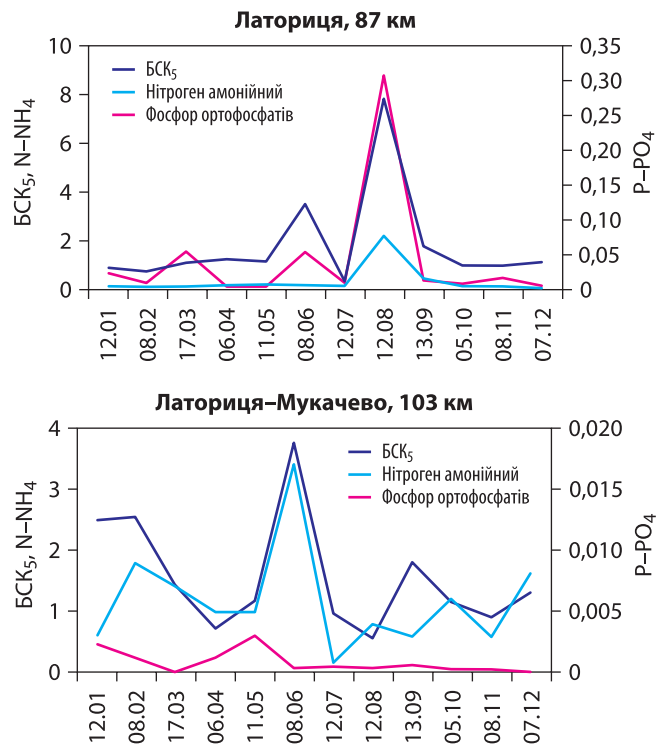


Рис. 13. Хронологічний графік зміни величини показника БСК₅ та вмісту амонійного нітрогену і фосфору неорганічного у 2022р.: р. Латориця, 87 км, с. Н Давидково; р. Латориця, 103 км, м. Мукачево

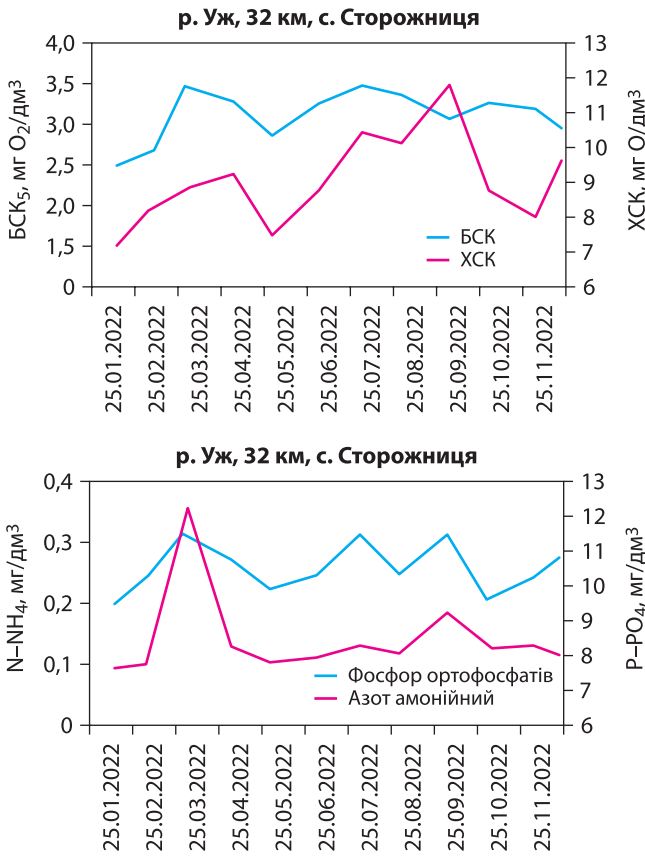


Рис. 14. Хронологічний графік зміни показників органічних речовин та біогенних елементів у воді р. Уж, с. Сторожниця, 32 км. поблизу кордону з Словаччиною у 2022 р.

Характер внутрішньорічних змін також мав хвилюподібну форму. Найкраще ця особливість відображена динамікою фосфатних іонів, частка видалення яких очисними спорудами є найменшою (рис. 14).

На графіку чітко простежуються хвилі збільшення показників у березні, липні та вересні 2022 р. Зміни вмісту органічних речовин, особливо БСК₅, який зазнає мікробіального розкладання, більш згладжені.

Враховуючи кількість ВПО навантаження у створі м. Ужгород мало зрости на 398 т для органічних речовин за БСК₅ та біля 32 т для фосфору загального.

Проаналізуємо дані про відведення стічних вод “Ужгородводоканалу” та забруднюючих речовин у їхньому складі. Дані реєстру 2_ТП-Водгосп свідчать, що у 2022 р. відведення стічних вод збільшилось на 0,72 млн м³ проти 2021 р. Враховуючи норми витрат води на 1 особу це мало відповідати приросту населення на 13 150 осіб. Внаслідок відведення стічних вод у 2022 р. до р. Уж потрапило на 11 т більше органічних речовин за БСК₅ та на понад 4 000 кг сполук фосфору неорганічного. У той же час відведення органічних речовин за показником ХСК та нітрогену амонійного, навпаки, зменшилось. Виходячи з оцінки приросту відведення забруднюючих речовин навантаження за БСК₅ мало зрости на 2009 осіб, а за фосфором загальним — на 9 171 осіб. Ці величини навіть менші за приріст, який визначено за обсягом стічних вод.

У суббасейні Прута спостерігалися аналогічні закономірності до тих, що були встановлені в інших річкових басейнах, розташованих на заході України. Найбільш яскраво зростання навантаження від ВПО простежується на прикладі сполук нітрогену амонійного та фосфору неорганічного (рис. 15). Показники зміни концентрацій органічних речовин за БСК₅ значною мірою маскуються мікробіальним розкладанням.

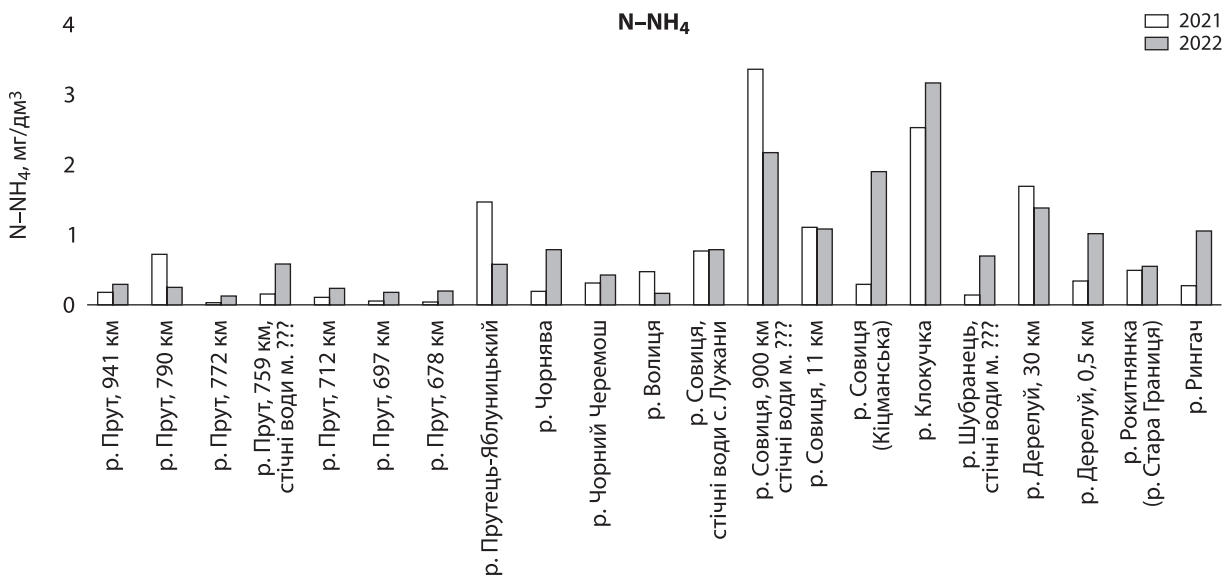


Рис. 15. Співвідношення середніх за рік значень вмісту нітрогену амонійного у точках моніторингу суббасейну р. Прут

До таких наслідків призвело зростання кількості населення у Чернівецькій області більше, ніж 90 тис. осіб офіційно зареєстрованих ВПО. По факту, з урахуванням не зареєстрованих переселенців загальна кількість населення області орієнтовно збільшилась на 200 тис. осіб.

ВИСНОВКИ

Різке переміщення значної кількості населення у західні області країни створило додаткове навантаження у межах річкових басейнів, що розташовані в цьому регіоні. Щільність офіційно зареєстрованих внутрішньо переміщених осіб становила у Закарпатській області 12,2 чол./км², у Львівській, Чернівецькій та Івано-Франківській відповідно 11,8 чол./км², 11,5 чол./км² та 10,5 чол./км². Міжнародна організація з міграції зазначила, що кількість офіційно зареєстрованих переселенців орієнтовно становила 38% від загального числа біженців. Неофіційні переселенці не знаходились постійно на одному місці, а переміщувалися у межах західних областей, виїжджали за кордон, або ж поверталися до своїх осель.

Різка міграція населення внаслідок повномасштабного вторгнення військ РФ, призвела до того, що у 2022 р. у воді більшості річок басейну Вісли, верхньої та середньої частини Дністра, а також окремих суббасейнів Дунаю (річок Тиса, Прут і Сірет) значно збільшився вміст органічних речовин (як за показником БСК₅, так і ХСК), нітрогену амонійного і фосфору фосфатів. Вказані речовини утворюються в результаті життєдіяльності живих організмів, мають білкову природу, що робить їх характерними індикаторами комунальних стічних вод. На фоні цього, вміст нітратних сполук нітрогену, які формуються переважно за рахунок дифузних джерел, зменшився.

Переселенці більшою мірою тяжіли до великих міст, що створило додаткове навантаження на локальну комунальну інфраструктуру. Більшість водоканалів західних областей прозвітували про зростання кількості стічних вод, відведених у 2022 р. порівняно з 2021 р., внаслідок чого збільшилося навантаження від точкових джерел на екосистеми річок-приймальників. На підставі масового балансу показано, що у м. Львів навантаження нітрогеном амонійним зросло близько до 67 т/рік, фосфором — 31 т/рік. Відносна частка навантаження від точкових джерел досягла 37% та 87% відповідно. Усереднений вплив точкових джерел від загального навантаження за рахунок воєнних дій становив 8,3% для сполук нітрогену і 7,5% для сполук фосфору.

Значимі відмінності ступеня видалення різних груп компонентів хімічного складу води призвели до того, що зміни концентрацій біогенних елементів (сполук нітрогену і фосфору) простежувались яскравіше. Цей же чинник вплинув і на внутрішньорічну варіабельність концентрацій окремих компонентів. Якщо місячні показники вмісту біогенних елементів змінювались стрибкоподібно, то коливання концентрацій органічних речовин мали згладжений характер.

Річки західного регіону мають у більшості випадків невеликий природний стік, який не дозволяє ефективно розбавляти недостатньо очищені стічні води комунальних очисних споруд. Ще до початку військових дій ці річки мали відхилення від "доброго" екологічного стану. Серед них р. Полтва була найбільш забрудненим водним об'єктом України. Додатковий різкий приріст населення ще більше поглибив наявні екологічні проблеми.

Робота виконана за фінансової підтримки ОБСЄ.

ЛІТЕРАТУРА

1. В Ірпені руйнування дамби призвело до масштабних затоплень: які наслідки. Ecopolitic.com.ua. (15.04.2022). URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-irpeni-rujnuvannya-dambi-prizvelo-do-masshtabnih-zatoplen-yaki-naslidki/>
2. Інтерв'ю директорки Інституту демографії НАНУ Е.М. Лібанової. 2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EQ5xGuh3RX8>
3. Кількість ВПО. gov.ua (11.05.2022). URL: <https://minre.gov.ua/2022/05/11/kilkist-vnutrishno-peremishheny-osib-vpov-ukrayini-perevyshhyla-8-mln-lyudej-zvidky-j-kudy-yihaly-najbilshe/>
4. Овчинникова, Ю.Ю. (Ред.). (2023). Матеріали слухань у Комітеті Верховної Ради з питань екологічної політики на тему: "Вплив воєнних дій на довкілля в Україні та його відновлення до природного стану" (10 листопада 2022 року). Київ: Комітет Верховної Ради з питань екологічної політики та природокористування, 184 с. URL: <https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Materialy-slukhan-2-1-1.pdf>
5. План управління річковим басейном Вісли (2025–2030). Проект. 2023 р. ДБА. URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Wisla/purb_w.pdf
6. План управління річковим басейном Дністра (2025–2030). Проект. 2023 р. ДБА. URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Dniester/purb_dnis.pdf
7. План управління річковим суббасейном Тиси (2025–2030 pp.). Проект, 2022 р. URL: https://buvrtysa.gov.ua/newsite/wp-content/uploads/2022/12/Tysa_PURB_2-1-100.pdf
8. Постанова КМУ №758 від 19.09.2018 р. "Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>
9. Сплодитель А., Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. (2023). Вплив війни росії проти України на стан

- українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО "Центр екологічних ініціатив "Екодія", 32 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf>
10. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text
 11. Хільчевський В.К. Гончар О.М, Забокрицька М.Р. та ін. (2013). Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України. К.: Ніка-центр, 256 с.
 12. Bin He, Shinjiro Kanae, Taikan Oki, Yukiko Hirabayashi, Yosuke Yamashiki, Kaoru Takara (2011). Assessment of global nitrogen pollution in rivers using an integrated biogeochemical modeling framework. *Water Research*, **45**, 2573–2586.
 13. Bridie A.L., Wolff C.J.M., Winter M. (1979). BOD and COD of some petrochemicals. *Water Research*, **13**, **7**, Pages 627–630. URL: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(79\)90011-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90011-3).
 14. Djodjic F, Villa A. (2015) Distributed, high-resolution modeling of critical source areas for erosion and phosphorus losses. *AMBIO*, **44** (Suppl. 2): S241–S251. doi: 10.1007/s13280-014-0618-4.
 15. European Environment Agency (23.11.2020) URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page002.html>
 16. Francis, R. A. (2011). The impacts of modern warfare on freshwater ecosystems. *Environ. Manage.* **48**, 985–999.
 17. CIS Technical Guidance 28 on the Preparation of an Inventory of Emissions, Discharges and Losses of Priority and Priority Hazardous Substances. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f80f5bdd-d3bd-4e0d-ab51-07e971dceb52>.
 18. Hatfield J.L. and Follett R.F. (Eds) (2008) Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management Elsevier Inc. All rights reserved. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50486-9.X5000-6>
 19. Henderson-Sellers B. and Markland H. R. (1987). Decaying Lakes: The Origins and Control of Cultural Eutrophication. John Wiley & Sons Ltd., Hoboken.
 20. Lam Q.D., Schmalz B., Fohrer N. (2010) Modeling point and diffuse source pollution of nitrate in a rural lowland catchment using the SWAT model. *Agricultural Water Management*, **97** (2): 317–325. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.10.004>
 21. Osadcha N., Luzovitska Yu, Ukhan O. et al (2022). Methodology for assessing the surface water pollution by nutrients. *Ukrainian Geographical Journal*, **2022** (4), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04.037>.
 22. OSPAR Guidelines for Harmonized Quantification and Reporting Procedures for Nutrients (HARP-NUT): Guideline 7: Quantification and reporting of the monitored riverine load of nitrogen and phosphorus, including flow normalization procedures. Reference number: 2004-2-E.
 23. Pieterse N.M, Bleuten W., Jørgensen S.E. (2003). Contribution of point sources and diffuse sources to nitrogen and phosphorus loads in lowland river tributaries. *Journal of Hydrology*, **271**, 213–225. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694-\(02\)00350-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694-(02)00350-5)
 24. Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach Ukraine, 2023, UNEP, 2023, 130 p. URL: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43696>
 25. Savenets M., Osadchyi V., Komisar K., Zhemera N., Oreshchenko A. (2023) Remotely visible impacts on air quality after a year-round full-scale Russian invasion of Ukraine. *Atmospheric Pollution Research*, **14** (11), 101912. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101912>
 26. Seitzinger, S.P., Kroeze, C., Bouwman, A.F., Caraco, N., Dentener, F. and Styles, R.V. (2002). Global Patterns of Dissolved Inorganic and Particulate Nitrogen Inputs to Coastal Systems: Recent Conditions and Future Projections. *Estuaries*, **25** (4b), 640–655.
 27. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., et al. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, **1–9** (5), 578–586. URL: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>.
 28. van Breemen, N., Boyer, E.W., Goodale, C.L., Jaworski, N.A., Seitzinger, S., Paustian, K., Helling, L., Lajtha, K., Eve, M., Mayer, B., van Dam, D., Howarth, R.W., Nadelhoffer, K.J. and Billen, G. (2002). Where Did all the Nitrogen Go Fate of Nitrogen Inputs to Large Watersheds in the Northeastern U.S.A. *Biochemistry*, **57/58**, 267–293.

REFERENCES

1. The destruction of the dam led to large-scale flooding in Irpin: what are the consequences. *Ecopolitic.com.ua*. (15.04.2022). [in Ukrainian]. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-irpini-rujnuvannya-dambi-prizvelo-do-masshtabnih-zatoplen-yaki-naslidki/>
2. Interview with the director of the Demography Institute of the NASU, E.M. Libanova. 2022 URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EQSxGuh3RX8>
3. Number of IDPs. *gov.ua* (11.05.2022). URL: <https://minre.gov.ua/2022/05/11/kilkist-vnutrishno-peremishhenyh-osib-vpov-ukrayini-perevyshhyla-8-mln-lyudej-zvidky-j-kudy-yihaly-najbilsh/>
4. Ovchinnikova Yu.Yu (Edited by). (2023). Materials of the meeting of the Verkhovna Rada Committee on Environmental Policy on the topic: The impact of military actions on the environment in Ukraine and restoring to its natural state (10 November 2022). Kyiv: The Verkhovna Rada Committee on Environmental Policy and Nature Management, 184 p. URL: <https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Materialy-slukhan-2-1-1.pdf> [in Ukrainian].
5. Vistula River Basin Management Plan (2025–2030). Project. URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Wisla/purb_w.pdf
6. Dniester River Basin Management Plan. Project. 2022. URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Dniester/purb_dnis.pdf
7. The Tysa River subbasin Management Plan. Project. 2022. URL: https://buvrtysa.gov.ua/news/wp-content/uploads/2022/12/Tysa_PURB_2-1-100.pdf
8. On Approval of the Procedure for State Water Monitoring. KMU Resolution № 758 of September 19, 2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>
9. Splodytel A., Golubtsov O., Sorokina L., Sploditel A., Chumachenko S. (2023) The impact of Russia's war against Ukraine on the soil condition of Ukraine. Analysis results. Kyiv: CO "Center for Environmental Initiatives" "Ecoaction", 32 p. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf> [in Ukrainian].
10. Association Agreement between Ukraine and the European Union. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text.
11. V.K. Khilchevskiy, O.M. Gonchar, M.R. Zabokrycka et al. (2013). The hydrochemical regime and water quality of the Dniester surface water basin in Ukraine. K.: Nika-Centre, 256 p. [in Ukrainian].

12. Bin He, Shinjiro Kanae, Taikan Oki, Yukiko Hirabayashi, Yosuke Yamashiki, Kaoru Takara (2011). Assessment of global nitrogen pollution in rivers using an integrated biogeochemical modeling framework. *Water Research*, **45**, 2573–2586.
13. Bridie A.L., Wolff C.J.M., Winter M. (1979). BOD and COD of some petrochemicals. *Water Research*, **13**, Issue 7, Pages 627–630. URL: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(79\)90011-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90011-3).
14. Djodjic F, Villa A. (2015) Distributed, high-resolution modeling of critical source areas for erosion and phosphorus losses. *AMBIO* 2015, **44** (Suppl. 2). S241–S251. doi: 10.1007/s13280-014-0618-4.
15. European Environment Agency (23.11.2020). URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page002.html>
16. Francis, R. A. (2011). The impacts of modern warfare on freshwater ecosystems. *Environ. Manage*, **48**, 985–999.
17. CIS Technical Guidance 28 on the Preparation of an Inventory of Emissions, Discharges and Losses of Priority and Priority Hazardous Substances. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f80f5bdd-d3bd-4e0d-ab51-07e971dceb52>.
18. Hatfield J.L. and Follett R.F. (Eds) (2008) Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management Elsevier Inc. All rights reserved. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50486-9.X5000-6>
19. Henderson-Sellers B. and Markland H. R. (1987). Decaying Lakes: The Origins and Control of Cultural Eutrophication. John Wiley & Sons Ltd., Hoboken.
20. Lam Q.D., Schmalz B., Fohrer N. (2010) Modeling point and diffuse source pollution of nitrate in a rural lowland catchment using the SWAT model. *Agricultural Water Management*, **97** (2), 317–325. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.10.004>
21. Osadcha N., Luzovitska Yu, Ukhan O. et al (2022). Methodology for assessing the surface water pollution by nutrients. *Ukrainian Geographical Journal*, **2022** (4), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04.037>.
22. OSPAR Guidelines for Harmonized Quantification and Reporting Procedures for Nutrients (HARP-NUT): Guideline 7: Quantification and reporting of the monitored riverine load of nitrogen and phosphorus, including flow normalization procedures. Reference number: 2004-2-E.
23. Pieterse N.M, Bleuten W., Jørgensen S.E. (2003). Contribution of point sources and diffuse sources to nitrogen and phosphorus loads in lowland river tributaries. *Journal of Hydrology*, **271**, 213–225. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00350-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00350-5)
24. Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach Ukraine, 2023, UNEP, 2023, 130 p. URL: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43696>
25. Savenets M., Osadchyi V., Komisar K., Zhemera N., Oreshchenko A. (2023) Remotely visible impacts on air quality after a year-round full-scale Russian invasion of Ukraine. *Atmospheric Pollution Research*, **14** (11). 101912. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101912>
26. Seitzinger, S.P., Kroeze, C., Bouwman, A.F., Caraco, N., Dentener, F. and Styles, R.V. (2002). Global Patterns of Dissolved Inorganic and Particulate Nitrogen Inputs to Coastal Systems: Recent Conditions and Future Projections. *Estuaries*, **25** (4b), 640–655.
27. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., et al. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, **1–9**(5), 578–586. URL: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>.
28. van Breemen, N., Boyer, E.W., Goodale, C.L., Jaworski, N.A., Seitzinger, S., Paustian, K., Hetling, L., Lajtha, K., Eve, M., Mayer, B., van Dam, D., Howarth, R.W., Nadelhoffer, K.J. and Billen, G. (2002). Where Did all the Nitrogen Go Fate of Nitrogen Inputs to Large Watersheds in the Northeastern U.S.A. *Biochemistry*, **57/58**, 267–293.

Nataliia Osadcha

ORCID: 0000-0001-6215-3246;
nosad@uhmi.org.ua

Yurii Nabyvanets

ORCID: 0000-0001-7443-2007;
krava@uhmi.org.ua

OIha Ukhan

ORCID: 0000-0002-4856-7175;
ukhan_o@ukr.net

Yuliia Luzovitska

ORCID: 0000-0002-2052-0156;
luzovitska@ukr.net

Denys Klebanov

ORCID: 0009-0000-9227-8189;
den@uhmi.org.ua

Ukrainian Hydrometeorological Institute
of the State Emergency Service of Ukraine and
the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv

POPULATION MIGRATION AS A PRESSURE IMPACT FACTOR ON THE STATUS OF SURFACE WATERS CAUSED BY RUSSIAN AGGRESSION AGAINST UKRAINE

The full-scale invasion of Ukraine by Russian troops has caused massive population displacement. The International Organization for Migration noted that the number of officially registered internally displaced persons is 38% of the total number of refugees. The abrupt migration of population to the western regions of Ukraine has created an additional burden within the river basins. The priority migration destination was cities, while others dispersed to rural areas. In the first case, population growth led to an additional load on the municipal infrastructure and increased the impact of point sources on river ecosystems. In the second case, it has created conditions for an increasing of diffuse pollution. The results of water utilities reporting in the western regions of Ukraine (by the 2TP-Vodhosp form) indicate the rising in 2022 of wastewater discharge compared to the volume in 2021. Based on the analysis of organic substances (BOD₅ and COD) and nutrients (ammonium nitrogen and phosphorus), a significant increase in their content was revealed

for rivers in the Vistula basin, the upper and middle parts of the Dniester basin, sub-basins of the Danube (Tisza, Prut, and Siret rivers). These substances are formed as a result of the vital activity of living organisms and are protein in nature, which makes them characteristic indicators of municipal wastewater. By calculating the mass balance, it was shown that in Lviv, the load of ammonium nitrogen increased to about 67 tons per year, and phosphorus — 31 tons per year. The relative share of the load from point sources reached 37% and 87%, respectively. The average impact of point sources due to military actions was 8.3% for nitrogen compounds and 7.5% for phosphorus compounds. Against this background, the content of nitrate nitro-

gen compounds, which are formed mainly by diffuse sources, decreased. Most of the small rivers in the western region of Ukraine had deviations from the "good" ecological status. The reason for this was a small natural flow, which does not allow for effective dilution of insufficiently treated wastewater from municipal wastewater treatment plants. Among them, the Poltava River was the most polluted water body in Ukraine.

Keywords: nutrients, organic substances, migration of population, diffuse sources, point sources, russian aggression.

