



УДК 502.51:556.53(477.82)
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.18>

ВПЛИВ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ М. ЛУЦЬКА НА ЗАБРУДНЕННЯ ВОД Р. СТИР

В. О. Фесюк¹, З. К. Карпюк², Д. В. Журба³

Дослідження впливу міських водогосподарських комплексів на якість води річок та їх екологічний стан необхідні для раціонального використання водних ресурсів, забезпечення населення якісними та безпечними джерелами води, протидії техногенним аваріям і катастрофам. Метою статті є з'ясування чинників, процесів та результатів негативного впливу урбоєкосистеми м. Луцька на якість води р. Стир й обґрунтування шляхів його зменшення. Для досягнення мети необхідно дослідити особливості природних умов басейну річки, проаналізувати чинники формування якості води р. Стир, оцінити вплив скиду очищених стічних вод із Луцьких міських комунальних очисних споруд на якість води річки, обґрунтувати шляхи зменшення її забруднення та поліпшення гідроекологічного стану річки. Гідроекологічна оцінка проведена згідно з Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Статистична обробка проведена методами: описової статистики, регресійного аналізу, кореляційного аналізу, аналізу головних компонент. Результатом дослідження є встановлення масштабів та наслідків впливу скиду очищених стічних вод із міських комунальних очисних споруд м. Луцька на якість води річок р. Стир. Наукова новизна полягає у розрахунку коефіцієнта кореляції для рядів спостереження концентрації забруднюючих речовин у воді р. Стир в місці скиду стічних вод та нижче місця скиду, вище та нижче місця скиду і доведенні високої щільності зв'язку. Практична значущість дослідження передбачає можливість використання його результатів для розроблення заходів щодо зменшення негативного впливу водогосподарського комплексу міста на якість води р. Стир.

Ключові слова: водогосподарський комплекс міста, скид стічних вод, комунальні очисні споруди, якість води річки, шляхи зменшення впливу скиду стічних вод на якість води річки.

¹ доктор географічних наук, професор,
завідувач кафедри фізичної географії
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк)
fesyuk@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3954-9917

² кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри фізичної географії
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк)
karpyuk.zk@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8073-3129

³ здобувач магістерського рівня вищої освіти кафедри фізичної географії
(Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк)
ORCID: 0009-0005-7814-4789

INFLUENCE OF LUTSK WATER MANAGEMENT COMPLEX ON WATER POLLUTION OF THE RIVER STYR

V. O. Fesyuk, Z. K. Karpyuk, D. V. Zhurba

Studies of the impact of urban water management complexes on river water quality and their ecological status are necessary for the rational use of water resources, providing high-quality and safe water sources to the population, and counteracting man-made accidents and disasters. The purpose of this article is to clarify the factors, processes, and results of the negative impact of the Lutsk urboecosystem of on the water quality of the Styr River and to substantiate ways to reduce it. To achieve this goal, it is necessary to investigate the peculiarities of the natural conditions of the river basin, analyze the factors that shape the water quality of the Styr River, assess the impact of discharges of treated wastewater from the Lutsk municipal wastewater treatment plants on the water quality of the river, and substantiate ways to reduce its pollution and improve its hydroecological condition. The hydroecological assessment was conducted in accordance with the Methodology for Environmental Assessment of Surface Water Quality by Relevant Categories. Statistical processing was carried out using the following methods: descriptive statistics, regression analysis, correlation analysis, principal component analysis. The result of the study is to establish the scale and consequences of the impact of discharge of treated wastewater from the municipal wastewater treatment plants of Lutsk on the water quality of the Styr River. The novelty of this study is to calculate the correlation coefficient for the series of observations of the concentration of pollutants in the water of the Styr River at the point of wastewater discharge and above and below the discharge site, and to demonstrate the strong correlation. The practical significance of the study suggests the possibility of using its results to develop measures to reduce the negative impact of the city's water management complex on river water quality.

Key words: urban water management complex, wastewater discharge, municipal wastewater treatment plants, river water quality, ways to reduce the impact of wastewater discharge on river water quality.

Вступ

Основним завданням дослідження впливу урбоєкосистем на якість річкової води є поглиблення розуміння взаємозв'язку між господарською діяльністю, міським середовищем та якістю води. Глибше розуміння суті механізмів і процесів, які визначають якість води в межах впливу міст, створює можливості для розроблення стратегії подолання негативних наслідків, проектування стійкіших і життєздатніших міських ландшафтів, що сприяють здоров'ю і добробуту людей, а також захисту навколишнього середовища. Дослідження впливу міських водогосподарських комплексів на якість води річок та їхній екологічний стан пов'язані з реалізацією державної та місцевої політики, що спрямована на раціональне використання водних ресурсів, забезпечення населення якісними та безпечними джерелами води, протидію техногенним аваріям і катастрофам.

Питання екологічного стану р. Стир досить детально висвітлено в науковій літературі, оскільки р. Стир – одна з найбільших у Волинській області приток р. Прип'ять. Зокрема, особливості природних умов басейну описано у монографіях (Фесюк, 2013; Сучасний ..., 2016), стан ПЗФ та регіональна екомережа басейну проаналізовано

у статті (Петлін та ін., 2021), структурна основа рельєфу басейну детально вивчена у праці (Черваньов, 1968). Поверхневі води району, зокрема річки, досліджувалися у монографії (Мольчак і Мігас, 1999), а особливості антропогенного впливу на них – у роботі (Мольчак та ін., 2004). Найповніше гідрохімічний режим р. Стир розглянуто в роботі, присвяченій питанням екологічного стану 30-кілометрової зони впливу Рівненської АЕС (Бедункова, 2009), водогосподарський комплекс м. Луцька та екологічні аспекти забруднення води р. Стир (Фесюк, 2013), руслові процеси р. Стир (Бровко і Залеський, 2007). Найбільш ґрунтовніше дослідження впливу водного чинника на гідроекологічний стан басейну р. Стир та якість поверхневих вод проведено в роботах (Ганущак і Тарасюк, 2014; 2015). Питання впливу урбоєкосистем на якість води річок на їхній екологічний стан розглядалися не лише у працях вітчизняних науковців, а й в іноземних дослідженнях. Варто відзначити такі статті: Agrawal et al., 2023, присвячену впливу урбанізації на якість води; Glińska-Lewczuk, et al., 2016, де вивчається вплив на якість води р. Лини міст, що знаходяться на її берегах; de Milleville et al., 2023 – про антропогенний вплив на гідроекосистеми р. Мерантез; Liu

et al., 2023 – про управління якістю води шляхом скоординованого розподілу навантаження між міською і сільською місцевостями; Li et al., 2023 – про фосфорне навантаження в межах водозбірного басейну та його вплив на екологічний стан річки; Li et al., 2023 – про спільний вплив урбанізації та інтенсифікації сільського господарства на якість води. Але питання саме впливу скиду очищених стічних вод із міських комунальних очисних споруд м. Луцька на якість води р. Стир вимагає детальнішого та ґрунтовнішого вивчення. Оскільки процес впливу динамічний, важливо відстежувати не лише сучасний стан, а й вивчати динаміку впливу.

Метою статті є з'ясування чинників, процесів та результатів негативного впливу урбоекосистеми м. Луцька на якість води р. Стир й обґрунтування шляхів його зменшення. Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити особливості природних умов басейну річки; проаналізувати чинники формування якості води р. Стир;
- оцінити вплив скиду очищених стічних вод із Луцьких міських комунальних очисних споруд на якість води річки;
- обґрунтувати шляхи зменшення її забруднення та поліпшення гідроекологічного стану.

Матеріал і методи

Під час дослідження використано матеріали Державної екологічної інспекції у Волинській області (протоколи вимірювань показників складу та властивостей води за 2017–2022 рр.), Відділу екології Луцької міської ради (Звіт про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2021 р.), інформаційні матеріали КП «Луцькводоканал» (Інвестиційні програми за 2017–2022 рр.), літературні джерела та електронні ресурси. Гідроекологічна оцінка проведена згідно з Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Статистична обробка даних гідроекологічного моніторингу проведена методами: дескриптивної статистики, регресійного аналізу, кореляційного аналізу, аналізу головних компонент.

Результати та обговорення

Витік р. Стир знаходиться біля с. Пониква Бродівського району Львівської області. Течія річки проходить через Мале Полісся, Волинську височину і Поліську низовину. Місто Луцьк знаходиться у центральній

частині басейну в межах Волинської височини (рис. 1).

Довжина р. Стир – 494 км, у т. ч. в межах України – 445 км, Волинської області – 235 км. Площа басейну – 12 900 км². Падіння річки – 119,4 м, похил – 0,34 м/км, лісистість басейну – 22%, заболоченість – 14%. Стир у межах Волинської області приймає понад 10 приток. Найбільшими є р. Родоставка (ліва), р. Бовдурка (права), р. Слонівка (права), р. Пляшівка (права), р. Сірна (ліва), р. Конопелька (права), р. Липа (ліва), р. Іква (права), р. Річиця (ліва), р. Кормин (права) (Мольчак і Мігас, 1999).

Басейн річки простягається з південного заходу на північний схід. Нижня (Поліська) частина басейну – слабо розчленована низовина (абсолютні відмітки – 140–170 м) із великою кількістю меандр, малим ухилом русла, значним поширенням лісів, озер, боліт. Верхній (височинний) частині властиві значно вищі висотні відмітки (200–300 м), горбистий рельєф, густо розчленований яро-балковою та річковою мережами. Долина річка у верхній та середній течії – трапецієвидна, у пониззі – невиразна (Ганущак і Тарасюк, 2014).

Висока густина річкової мережі і значні водні ресурси зумовили складність і розгалуженість водного господарства басейну (рис. 2).

Аналізуючи структуру річкового басейну, варто звернути увагу на значну частку боліт, заболочених і перезволожених земель – 415 тис га (30%). Близько половини із цих площ у другій половині ХХ ст. були осушені. Сьогодні більша частина колись збудованих осушувальних систем малоефективна, потребує ремонту і реконструкції водоприймачів, заміни гончарного дренажу, двостороннього регулювання водного режиму осушених угідь.

У басейні щорічно споживається близько 79,4 млн м³ води, із них 51,2 млн м³ підземних вод 28,2 млн м³ поверхневих вод. Найбільша частка припадає на промисловість – 48%, сільське господарство – 36%, міське комунальне господарство – 16%. Найбільшим споживачем води є м. Луцьк (рис. 3) (Фесюк, 2013). Причому у споживанні води містом характерна тенденція – постійне зростання частки водопостачання населення і комунальної сфери. Синхронно знижується частка промисловості водоспоживання з 1990 р. (рис. 4) через зменшення обсягів промислового виробництва і реалізацію заходів економії води. В оборотному

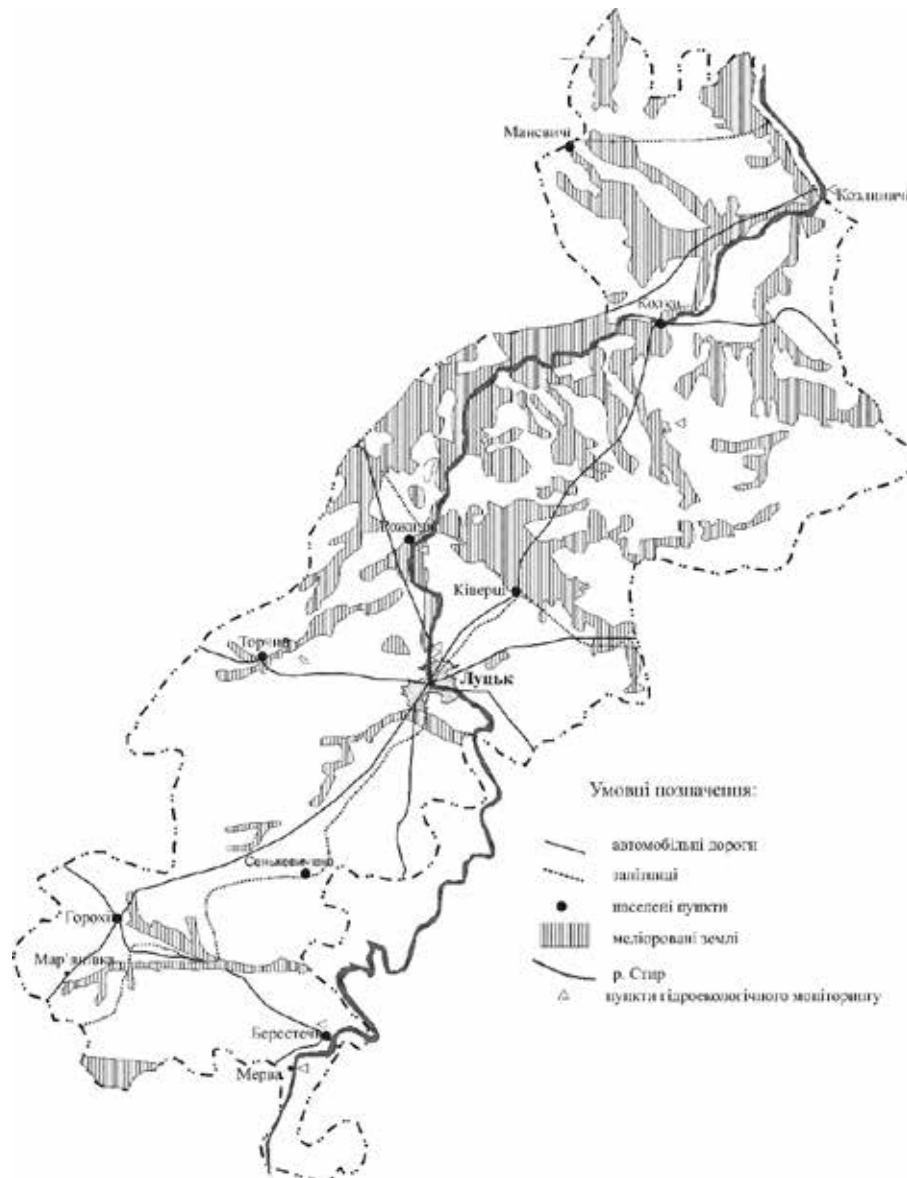


Рис. 1. Картохема басейну р. Стир (запозичено з роботи (Фесюк, 2013))



Рис. 2. Структура водного господарства басейну р. Стир

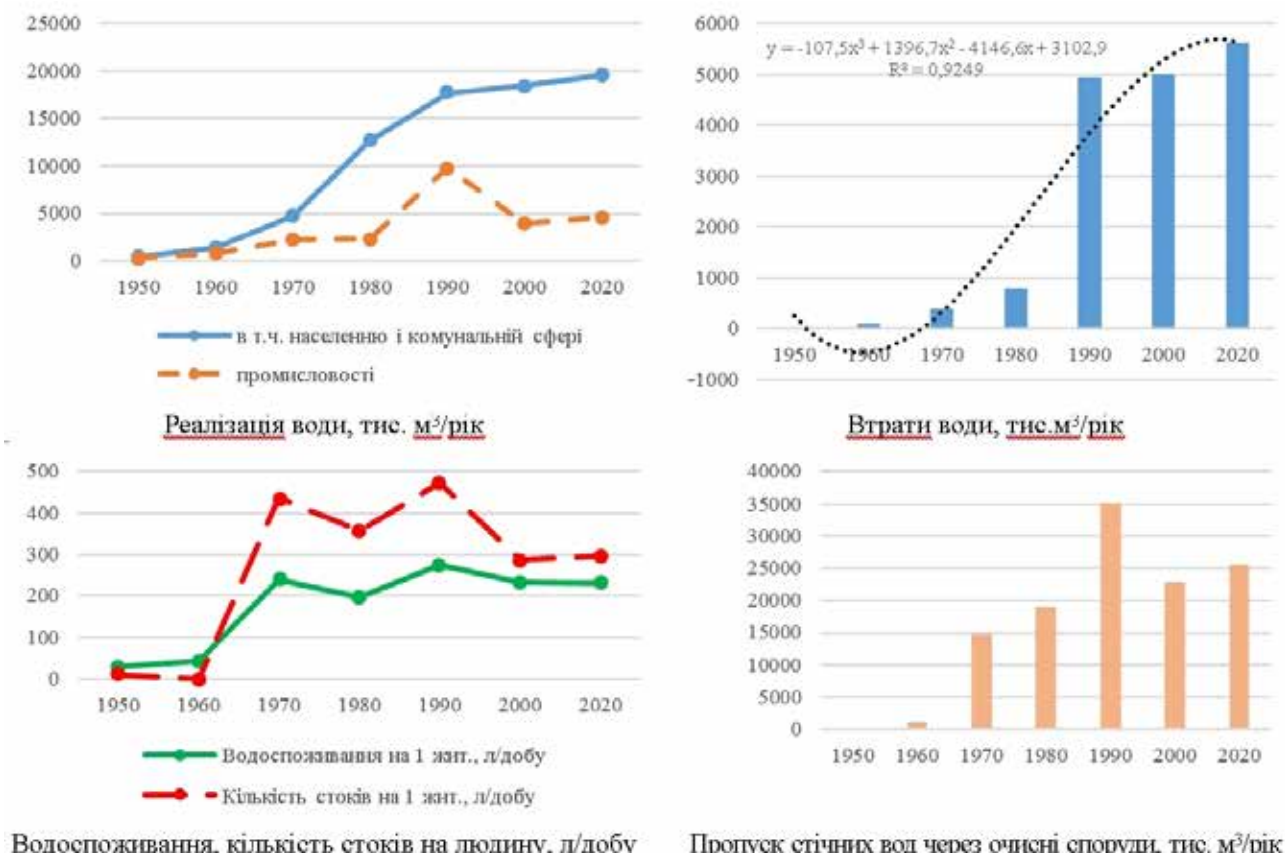


Рис. 3. Динаміка водокористування м. Луцька (за матеріалами підприємства «Луцькводоканал»)



Рис. 4. Водовідведення в басейні р. Стир (Фесюк, 2013; Екологічний ..., 2021)

водопостачанні підприємств акумульовано 23,4 млн м³ на рік (40%) (Фесюк, 2013).

Об'єм водовідведення в басейні – 44,4 млн м³ на рік. У структурі водовідведення найбільша частка припадає на промисловість – 70%, міське комунальне господарство – 20% та сільське господарство – 10%.

Урбоєкосистема міста впливає на довкілля навколишньої території, зумовлюючи зміни кількісного та якісного стану водних ресурсів, рельєфу, клімату, ландшафтів.

Для м. Луцька властиві такі ж самі екологічні проблеми, що й для інших міст України: виснаження водних ресурсів, зниження якості води і недостатня екологічна безпека водокористування. Спільними рисами є також зменшення обсягів водозабору й водовідведення порівняно з 90-ми роками ХХ ст., фізична зношеність і аварійність споруд водогосподарського комплексу, недостатність коштів для підтримання у належному стані інженерних комунікацій, будівництва

нових об'єктів, відставання від передового інженерно-технологічного досвіду тощо (Фесюк, 2013).

Специфічною для міста проблемою є орієнтація комунально-побутового, господарсько-питного, виробничого водопостачання виключно на ресурси підземних вод. У структурі сумарного водозабору містом на поверхневій воді припадає менше як 1%. Окрім промисловості і комунального господарства забруднюють поверхневий стік й інші об'єкти, наприклад військового призначення (військові частини, аеродром). Унаслідок функціонування в окремих частинах міста роздільної системи каналізування комунальних стічних вод і стічних вод із міської території дощовий стік без будь-якої очистки потрапляє у найближчі річки. В окремих районах міста ці води відводяться спільно з каналізаційними стоками і проходять очи-

стку на комунальних очисних спорудах, ще в деяких районах міста відсутня каналізація дощового стоку (рис. 5).

У галузевій структурі використання води найбільша частка промисловості (включно з транспортом та енергетикою), сільського господарства (зрошуване землеробство), комунального господарства. Села громади переважно забезпечуються водою з міського водопроводу.

Якщо прослідкувати динаміку промислового водоспоживання, то видно, що воно зростало синхронно з розвитком промисловості до початку 80-х років ХХ ст. Наприкінці 80-х років частка промислового водоспоживання дещо зменшилася за рахунок збільшення кількості населення міста і збільшення використання води комунального господарства, появи власних водозборів у великих промислових підприємств,

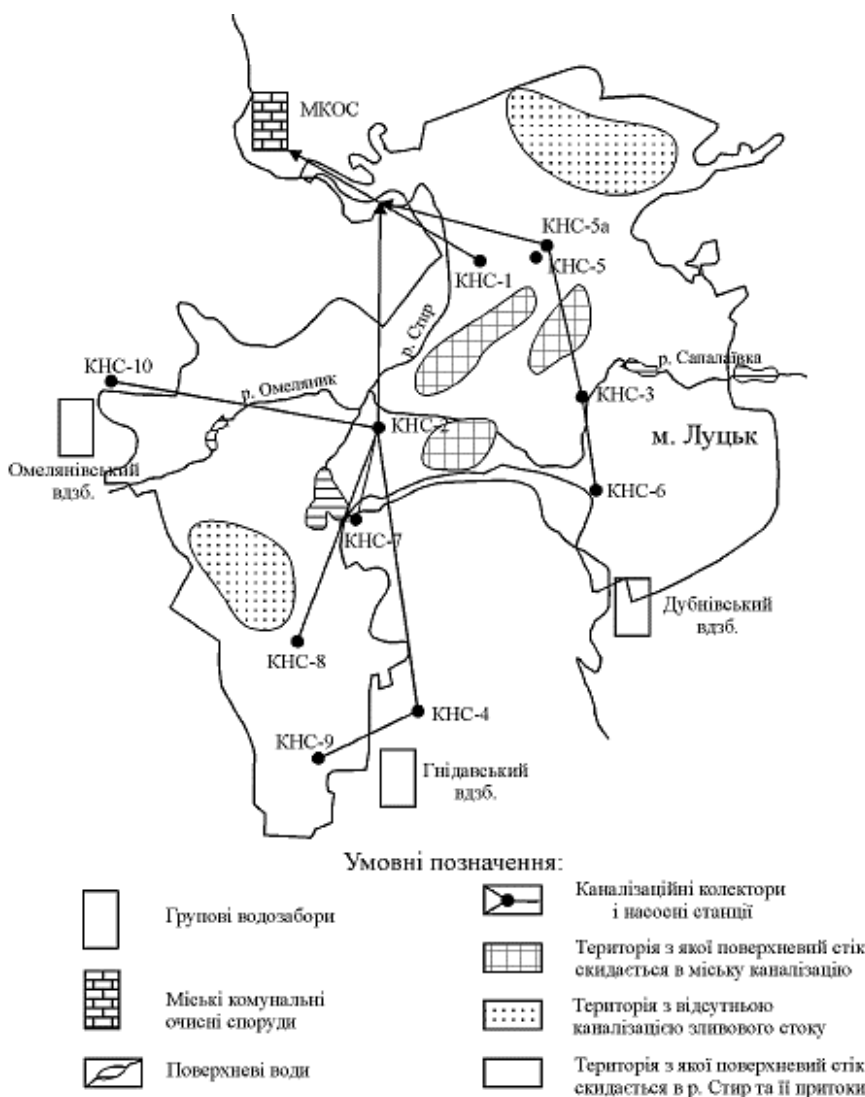


Рис. 5. Схема водогосподарського комплексу (ВГК) м. Луцька (Фесюк, 2013)

збільшення використання води промисловістю у замкнених водогосподарських циклах. Із 1992 р. відбулося різке зниження промислового водоспоживання через економічну кризу, простої, ліквідацію окремих промислових підприємств (Фесюк, 2013).

Водночас абсолютні обсяги комунального водоспоживання теж зменшилися. Але їхня частка у структурі сумарного водозабору збільшилася дзеркально до промислового через оснащення житла приладами водообліку й удосконалення санітарно-технічного обладнання.

Для водозабезпечення м. Луцька нині використовуються три групові водозабори (рис. 5): Дубнівський, Омелянівський та Гнідавський. На них експлуатується 55 артезіанських свердловин глибиною від 27 до 180 м. Номінальна потужність комунального водопроводу становить 82,0 тис м³/добу. Використання свіжої води в місті продовжує скорочуватися (Сучасний ..., 2016).

Експлуатацію групових водозаборів проводить КП «Луцькводоканал». Окремі підприємства також мають локальні системи водопостачання. Таких налічується 19, водозабір із поверхневих вод здійснюють чотири підприємства. За даними КП «Луцькводоканал», якість питної води централізованого водопроводу відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-170-10, лише перевищений уміст заліза. Негативний вплив водокористування на підземні води проявляється у виснаженні водоносного горизонту і формуванні депресійних воронок підземних вод, що охоплюють частково м. Луцьк і прилеглі села Підгайці, Крупа, Лище, Боратин, Новостав. Проте їхні розміри зменшилися порівняно з 90-ми роками ХХ ст. (Екологічний ..., 2021).

Об'єм водовідведення міста визначається різницею між використанням свіжої води та її безповоротними втратами в процесі використання. За даними Екологічного паспорта м. Луцька, за останні роки з природних водних об'єктів забиралося 18,7–19,7 млн м³ на рік, загальне водовідведення – 13,1–16,9 млн м³. Охоплення житлового фонду міста централізованою каналізаційною системою становить 89,1%. Не охоплена лише частково індивідуальна житлова забудова, де використовуються вигрібні ями.

Для подачі стоків на міські каналізаційні очисні споруди використовуються 11 каналізаційних насосних станцій (КНС). Їхня мережа охоплює усе місто (див. рис. 5).

Потребують капітального ремонту вісім КНС, низка каналізаційних колекторів, а ще шість КНС – реконструкції. Очистка комунальних стоків розпочинається ще в каналізаційному колекторі. А тому стан КНС та колекторів дуже важливий для безаварійного функціонування водогосподарського комплексу і забезпечення належної якості очистки стічних вод (Фесюк, 2013).

Луцькі міські комунальні очисні споруди знаходяться за 2 км на північний захід від міста, у с. Липяни, і здійснюють механічну та біологічну очистку стічних вод із доочищенням у біоставках. Їхня потужність – 120 тис м³/добу. Реально об'єм каналізаційних стоків набагато менший. Споруди експлуатуються з 1974 р. Їхній технічний стан – суттєвий чинник впливу на якість поверхневих вод. Очисні споруди вимагають капітального ремонту і реконструкції, мулові карти переповнені, мул на відстійниках утилізується не повністю, стічні води знезаражуються частково, великий відсоток мереж та обладнання насосних станцій перебуває в аварійному стані. Негативний вплив на якість річкових вод чинять також промислові та аварійні стоки каналізаційної мережі, неканалізовані стоки з околиць міста (Інвестиційна ..., 2022).

Власні очисні споруди експлуатують ТзОВ «АКПФ» та ПАТ «Гнідавський цукровий завод». Очисні споруди зливових стоків функціонують на ПАТ «СКФ Україна» та ДП МОУ АРЗ «Мотор». Окремі транспортні підприємства обладнані відстійниками перед скидом у міську каналізаційну мережу, автомийки – малими очисними спорудами, інші підприємства скидають стічні води у міську каналізацію (Екологічний ..., 2021).

Скид очищених стічних вод з очисних споруд КП «Луцькводоканал» зумовлює забруднення води р. Стир нижче за течією від міста. Зокрема, зафіксовано перевищення ГДК по БСК, амонію сольовому, фосфатах, залізу загальному, нітрилах та інших забруднюючих речовинах, а також за мікробіологічними показниками (Фесюк, 2013). Під час аналізу впливу скиду найбільш важливими є такі аспекти:

- кратність перевищення концентрацій забруднюючих речовин у воді річки в місці скиду стічних вод над ГДК (рибогосподарською);
- перевищення вмісту забруднюючих речовин нижче скиду стічних вод над концентраціями у створі, що розміщується вище за течією;

- екологічна оцінка якості води та вплив на неї скидів з очисних споруд;
- щільність взаємозв'язку між скидом забруднюючих речовин та їх концентрації у річковій воді нижче за течією.

Через перевищення концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах, що скидаються в р. Стир, над ГДК (рибогосподарською) зростає забруднення води (рис. 6). Так, у 2022 р. для концентрації азоту амонійного таке перевищення становило 37,8 рази, нітритів – у 9,9 рази, фосфатів – у 44 рази, заліза загального – у 5,69 рази, марганцю – у 2,5 рази, хрому (VI) – у 6 разів, БСК – у 10,8 рази, завислих речовин – на 67%. Така сама тенденція спостерігається й у попередні роки. Аналізуючи тенденцію, можна згрупувати всі забруднюючі речовини, що містяться в очищених стічних водах, на три групи за перевищеннями ГДК (табл. 1). Найбільш перевищується концентрація азоту амонійного, фосфатів і БСК, дещо менше – нітритів та важких металів (заліза, хрому, марганцю).

Скид стічних вод із міських очисних споруд зумовлює перевищення концентрацій забруднюючих речовин у створі річки нижче скиду стічних вод над концентраціями у створі, що розміщується вище за течією (рис. 7). Наприклад, у 2022 р. по амонійному азоту – у 5 разів, нітритів – у 2,2 рази, нітратів – на 50%, фосфатів – на 19,13%, БСК – у 5,9 рази, ХСК – на 33,3%, сульфатів – на 17,9%, хлоридів – на 64,31%, марганцю – на 12,5%, заліза – на 10,9%, сухого залишку – на 40,35%.

Екологічна оцінка якості води проведена за Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, розробленою В.Д. Романенком, В.М. Жукінським, О.П. Оксіюком, А.В. Яциком (1998). Розрахунок інтегрального екологічного індексу здійснено за формулою (Методика ..., 1998):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}$$

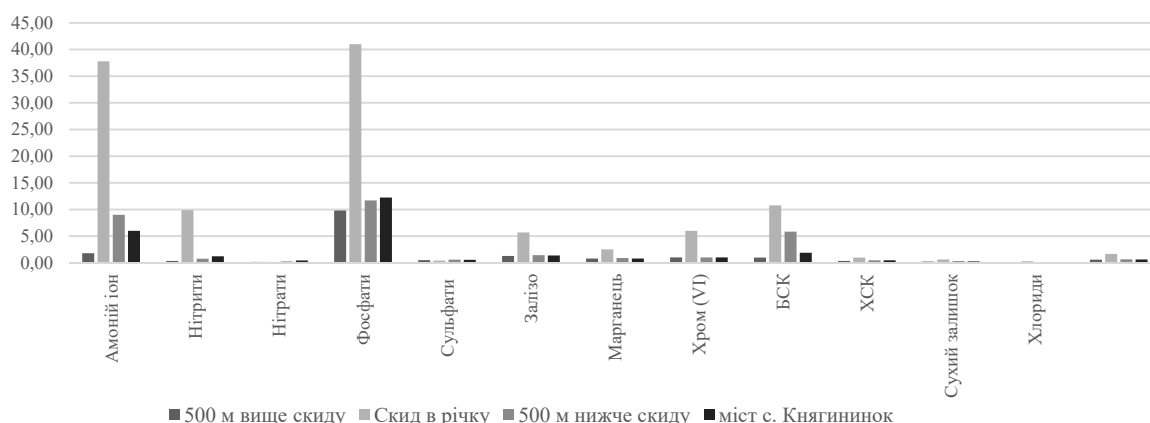


Рис. 6. Перевищення концентрацій забруднюючих речовин у воді р. Стир над ГДК (рибогосподарською) у 2022 р. (за інформацією Державної екологічної інспекції у Волинській області)

Таблиця 1
Результати групування забруднюючих речовин, що містяться в очищених стічних водах, за перевищеннями ГДК

Постійно перевищують ГДК		В окремі роки перевищують ГДК	Не перевищують ГДК
Більше ніж у 10 разів	Менше ніж у 10 разів		
Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Хлориди
Фосфати	Залізо загальне	Завислі речовини	Сульфати
БСК	Марганець		Сухий залишок
	Хром (VI)		Показник кислотності
			ХСК

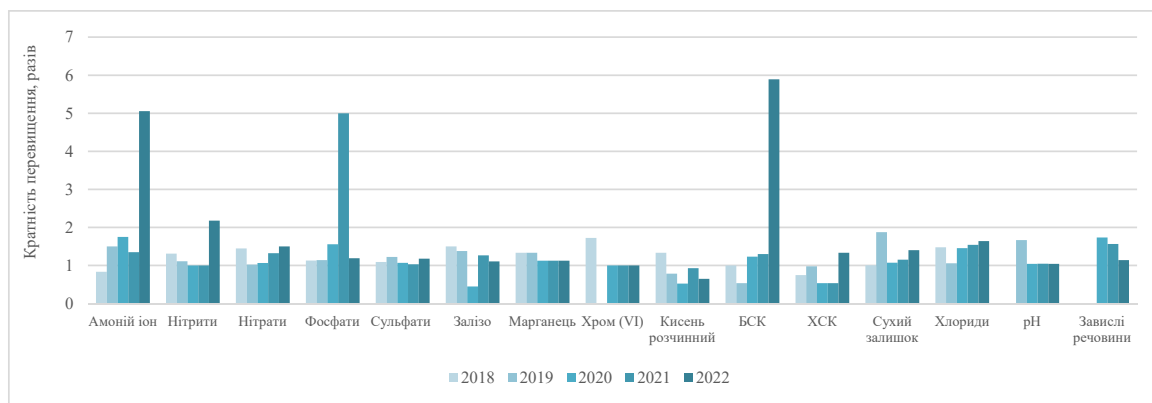


Рис. 7. Перевищення концентрацій у створі 500 м нижче місця скиду порівняно зі створом 500 м вище скиду (за інформацією Державної екологічної інспекції у Волинській області)

де: I_e – інтегральний екологічний індекс якості води; I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу; I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників; I_3 – індекс специфічних показників токсичної дії.

Блокові та інтегральний екологічні індекси розраховуються для середніх або середніх і найгірших значень. Далі значення індексів відносять до певної категорії і класу якості води.

На екологічну оцінку якості води найбільший вплив чинить індекс еколого-санітарних показників (рис. 8). Наприклад, у 2022 р. інтегральний індекс якості води (I_e) для створу нижче місця скиду становив 3,27, що дало змогу віднести води річки до II класу III категорії (води «добрі», «досить чисті» з тенденцією наближення для категорії «задовільних», «слабо забруднених»), а $I_2 = 6,14$, що відповідало IV класу VI категорії («погані»,

«брудні» води). Значення I_e для результатів інструментальних вимірювань у створах вище місця скиду і міст с. Княгининок (за 5 км нижче місця скиду) становили 2,73 і 3,29, а $I_2 = 4,86$ і 5,86, що дещо менше. При цьому індекс трофо-сапробіологічних показників продовжує найбільшою мірою визначити значення інтегрального екологічного індексу якості води.

Отже, між скидом забруднюючих речовин на їх умістом у воді річки нижче місця скиду існує певний взаємозв'язок. Для оцінки його щільності використаний вибірковий коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y},$$

де: x_i і y_i – i -ті значення незалежної і залежної змінних, \bar{x} і \bar{y} – середні значення незалежної і залежної змінних, n – кількість спосте-

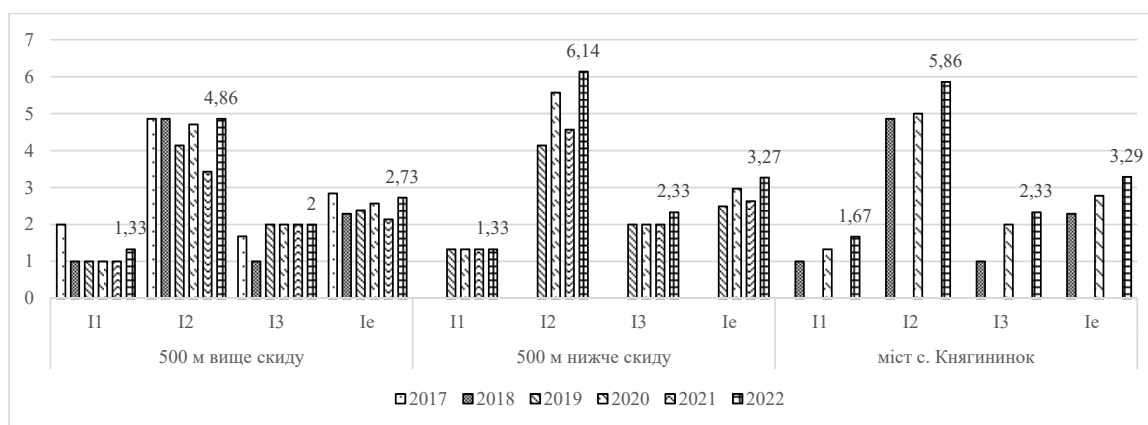


Рис. 8. Динаміка екологічної оцінки якості води р. Стир та її складників унаслідок скиду нормативно очищених стічних вод із Луцьких міських комунальних очисних споруд протягом 2017–2022 рр. (за інформацією Державної екологічної інспекції у Волинській області)

режень, σ_x і σ_y – середні квадратичні відхилення по незалежній і залежній змінних.

Середня квадратична похибка коефіцієнта кореляції розраховується за формулою:

$$\sigma_r = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$$

Між концентраціями забруднюючих речовин у воді р. Стир у місці скиду стічних вод і нижче місця скиду, а також вище і нижче місця скиду існує дуже щільний зв'язок. Значення коефіцієнта кореляції для низки спостережень концентрації забруднюючих речовин у воді р. Стир у місці скиду стічних вод/нижче місця скиду змінюються в інтервалі 0,84–0,99, а для низки спостережень вище/нижче місця скиду – понад 0,99. Середні квадратичні похибки коефіцієнтів кореляції засвідчують їх статистичну значущість, оскільки для першого ряду знаходяться в інтервалі 0,004–0,1, а для другого – 0,0006–0,02.

Отже, основним заходом зменшення забруднення р. Стир нижче місця скиду нормативно очищених стічних вод із Луцьких міських очисних споруд є технічна модернізація та ремонт самих очисних споруд. За інформацією, розміщеною на сайті КП «Луцькводоканал», очисні споруди введені в експлуатацію у 1974 р. за проектом Львівського філіалу проектного інституту «Укрюжгіпрокоммунстрой». Перша черга розрахована на очистку 40 тис м³ стічних вод на добу. Місто розвивалося, збільшувалися обсяги водовідведення, і з часом потужності виявилися недостатніми. Тому на початку 80-х років побудовано другу чергу очисних споруд, потужність зростає до 80 тис м³ на добу, а в кінці 80-х років – третю чергу. Загальна проектна потужність комплексу каналізаційних очисних споруд доведена до 120 тис м³ на добу. Нині об'єм стоків, що надходить на очисні споруди, становить до 45 тис м³/добу в суху погоду, 50–70 тис м³/добу – у дощову погоду. Тому споруди працюють ледь наполовину своєї потужності.

МКОС проектувалися в розрахунку на очистку стоків, склад яких 50 років тому суттєво відрізнявся від сучасного. Тому й ефективність їхньої роботи сьогодні недостатня, наприклад по фосфатах. У 70-х роках минулого століття фосфатовмісні синтетичні мийчі засоби просто не були настільки поширені, як зараз.

Ще одна проблема – відносно малі об'єми каналізаційних стоків. Але концентрації

забруднюючих речовин у них досить високі. Це теж впливає на ефективність очистки і зумовлено економією води та повним охопленням абонентів міської каналізації водообліком.

Основні виробничі фонди КП «Луцькводоканал» фізично зношені. За інформацією на сайті підприємства, більша частина обладнання очисних споруд, зокрема аеротенки, системи аерації фізично зношені настільки, що потребують реконструкції. Решітки, пісколовки, повітродувки, насоси, труби та металеві частини первинних та вторинних відстійників потребують заміни на нові, сучасні елементи.

Для розв'язання проблеми КП «Луцькводоканал» і органи місцевої влади реалізують ефективні заходи. Ще у лютому 2019 р. вийшло на завершальну стадію залучення інвестицій на модернізацію підприємства, а саме – реконструкцію очисних споруд у с. Липляни. Запланована реалізація проекту «Комплексна модернізація системи водопостачання і водовідведення у місті Луцьку» вартістю 13,92 млн євро, із них 83,3% – кредитні кошти, 16,7% – обсяг співфінансування протягом п'яти років, із періодом погашення кредиту 30 років, пільговим періодом до початку сплати тіла кредиту (вісім років). Найбільший складник проекту – осушення і переробка осадів стічних вод, які складаються з осадженої органіки та відмерлого активного мулу аеротенків. Також реконструкція обладнання механічної очистки дасть змогу запобігти потраплянню навіть найдрібнішого сміття, щоб уникнути бродіння органічних відходів і мінімізувати навантаження на мулові майданчики. Ефективна система аерації забезпечить автоматичне регулювання кількості повітря й інших реагентів, що подаються в аеротенки, а отже, й підвищення ефективності очистки. Але вже сьогодні КП «Луцькводоканал» проводить постійну роботу над удосконаленням технології очистки стічних вод, упровадженням енергоефективних технологій та обладнання. У 2016 р. підприємство модернізувало систему аерації на очисних спорудах, у 2022 р. реконструювало три відстійники, які будуть і надалі використовуватися після комплексної модернізації очисних споруд. Тому реалізація в найближчому майбутньому проекту реконструкції очисних споруд не лише дасть змогу запобігти забрудненню р. Стир, а й виведе м. Луцьк до когорти лідерів із застосування інновацій у галузі екологічної водного господарстві

Висновки

Вплив урбоєкосистем на якість річкової води пов'язаний переважно з високою концентрацією людської діяльності та інфраструктури в містах. Цей вплив має декілька аспектів. Найзначущішим є скид у річки неочищених або недостатньо очищених стічних і каналізаційних вод. У міських районах велика кількість води використовується для побутових, промислових і комерційних потреб, що призводить до утворення значних обсягів каналізаційних стоків. Ці стоки містять різні забруднюючі речовини (хімічні сполуки, важкі метали та патогенні мікроорганізми). Якщо ці стічні води належно не очищаються, забруднюючі речовини потрапляють у річки, що спричиняє їх

забруднення. Також відбувається забруднення річок зливовими стоками, які змивають забруднюючі речовини з доріг, промислових майданчиків, будівель та іншої міської інфраструктури в річки.

Масштаб впливу урбоєкосистем на якість річкової води може змінюватися залежно від розміру та щільності заселення міської території, якості очищення стічних вод та особливостей відведення зливових стоків. Україна не є винятком, і вплив міст на якість річкової води в країні є значним через високий рівень урбанізації. Тому проблема зменшення впливу стічних вод міст на якість води річок є надзвичайно важливою для стійкого екологічно безпечного розвитку і майбутньої євроінтеграції нашої держави.

Список використаної літератури

- Бедункова О. О., Стецюк Л. М., Єфимчук О. Б. Аналіз особливостей формування якості води річок Західного Полісся. *Вісник НУВГП*. 2009. Вип. 1(45). С. 3–9.
- Бровко Г. І., Залеський І. І. Проблеми підтоплення Волинського Полісся. *Вісник НУВГП*. 2007. Вип. 3(39). С. 17–25.
- Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Водний чинник у розвитку басейнової системи р. Стир. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2014. № 11. С. 56–61.
- Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2015. Т. 1(36). С. 110–118.
- Екологічний паспорт м. Луцьк. [Електронний ресурс]. URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-mluska/> (дата звернення: 23.05.2023).
- Звіт про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2021 р. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/pages/informatsiia-pro-ekonomichni-ta-sotsialni-stan-rozvytku-mista-lutska>. (дата звернення: 23.05.2023).
- Інвестиційна програма КП «Луцькводоканал» на 2022 р. [Електронний ресурс]. URL: <https://vd.lutsk.ua/sites/default/files/investprog2022.pdf> (дата звернення: 23.05.2023).
- КП «Луцькводоканал» презентувало проєкт реконструкції очисних споруд у селі Липляни. [Електронний ресурс]. URL: <https://vd.lutsk.ua/news/kp-luckvodokanal-prezentuvav-proyekt-rekonstrukciyi-ochysnyh-sporud-v-seli-lyplyany.html>.
- Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко та ін. Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.
- Мольчак Я. О., Мігас Р. В. Річки Волині. Луцьк : Надстир'я, 1999. 176 с.
- Мольчак Я. О., Герасимчук З. В., Мисковець І. Я. Річки та їх басейни в умовах техногенезу. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2004. 336 с.
- Нетробчук І. М. Оцінка якості поверхневих вод правобережних приток басейну Прип'яті у Волинській області. *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2007. № 2. С. 260–265.
- Петлін В. М., Фесюк В. О., Карпюк З. К. Регіональна екомережа Волинської області. *Український географічний журнал*. 2021. № 2. С. 31–41.
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2022 рік. [Електронний ресурс]. URL: http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Ekologichniy_kontrol/Dopovidi_pro_stan_NPS (дата звернення: 23.05.2023).
- Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області : колективна монографія / за ред. В. О. Фесюка. Київ: Ві Ен Ей, 2016. 316 с.
- Фесюк В.О. Луцьк: сталий розвиток і соціально-екологічні проблеми. Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2013. 304 с.
- Черванев І. Г. Структурний аналіз рельєфа басейна річки Стир: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Харків, 1968. 16 с.

Agrawal K., Panda C., Bhuyan M. Impact of Urbanization on Water Quality. *Current Advances in Mechanical Engineering*. 2021. P. 665–673. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4795-3_60.

Glińska-Lewczuk K., Gołaś I., Koc, J. et al. (2016). The impact of urban areas on the water quality gradient along a lowland river. *Environ Monit Assess*. 188, 624/ <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5638-z>.

de Milleville L., Lespez L., Gauthier A., Gob F., Virmoux C., Saulnier-Copard S., Fichet V., Letourneur M., Jugie M., Garcia M., Tachikawa K., Tales E. Three thousand years of anthropogenic impact and water management and its impact on the hydro-ecosystem of the Méritaise river, Paris conurbation (France). *Quaternary Science Reviews*, 2023. 307, art. no. 108066. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev>.

Liu L., Dobson B., Mijic A. Water quality management at a critical checkpoint by coordinated multi-catchment urban-rural load allocation. *Journal of Environmental Management*, 2023. 340, art. no. 117979. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman>.

Li Q., Huang J., Zhang J., Gao J. A raster-based estimation of watershed phosphorus load and its impacts on surrounding rivers based on process-based modelling. *Journal of Environmental Management*, 2023. 339, art. no. 117846. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman>.

Li Y., Mi W., Ji L., He Q., Yang P., Xie S., Bi Y. Urbanization and agriculture intensification jointly enlarge the spatial inequality of river water quality. *Science of the Total Environment*, 2023. 878, art. no. 162559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>.

References (translated & transliterated)

Bedunkova, O. O., Stetsiuk, L. M., & Yefymchuk, O. B. (2009). Analiz osoblyvostei formuvannia yakosti vody richok Zakhidnoho Polissia [Analysis of peculiarities of water quality formation in rivers of Western Polissya]. *Visnyk NUVHP [Bulletin of the National University of Water Resources]*, 1 (45), 3–9 [in Ukrainian].

Brovko, H. I., & Zaleskyi, I. I. (2007). Problemy pidtoplennia Volynskoho Polissia [Problems of flooding in Volyn Polissya]. *Visnyk NUVHP [Bulletin of the National University of Water Resources]*, 3 (39), 17–25 [in Ukrainian].

Hanushchak, M. M., & Tarasiuk, N. A. (2014). Vodnyi chynnyk u rozvytku baseinovi systemy r. Styr [Water Factor in the Development of the Styr River Basin System]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii [Nature of Western Polissia and the surrounding areas]*, 11, 56–61 [in Ukrainian].

Hanushchak, M. M., & Tarasiuk, N. A. (2015). Otsinka yakosti poverkhnevyykh vod baseinu r. Styr [Assessment of surface water quality in the Styr River basin]. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia, hidroekolojiia [Hydrology, hydrochemistry, hydroecology]*, 1 (36), 110–118 [in Ukrainian].

Ekolohichniy pasport m. Lutsk [Environmental passport of the town Lutsk]. [Electronic resource] URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-mlucka> (access date 23.05.2023) [in Ukrainian].

Zvit pro stratehichnu ekolohichnu otsinku Prohramy ekonomichnoho i sotsialnoho rozvytku Lutskoi miskoi terytorialnoi hromady na 2021 r. [Report on the Strategic Environmental Assessment of the Program of Economic and Social Development of the Lutsk City Territorial Community for 2021]. [Electronic resource] URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/pages/informatsiia-pro-ekonomichniyi-ta-sotsialnyi-stan-rozvytku-mista-lutska> (access date 23.05.2023) [in Ukrainian].

Investytsiina prohrama KP «Lutskvodokanal» na 2022 r. [Investment program of Lutskvodokanal for 2022]. [Electronic resource] URL: <https://vd.lutsk.ua/sites/default/files/investprog2022.pdf> (access date 23.05.2023) [in Ukrainian].

KP «Lutskvodokanal» prezentovalo proiekt rekonstruktsii ochysnykh sporud v seli Lypliany [Lutskvodokanal presented a project for the reconstruction of wastewater treatment facilities in the village of Lipliany]. [Electronic resource] URL: <https://vd.lutsk.ua/news/kp-luckvodokanal-prezentuvav-proiekt-rekonstrukciyi-ochysnykh-sporud-v-seli-lyplyany.html> (access date 23.05.2023) [in Ukrainian].

Molchak, Ya. O., & Mihas, R. V. (1999). Richky Volyni [Rivers of Volyn]. Lutsk: Nadstyria. 176 [in Ukrainian].

Molchak, Ya. O., Herasymchuk, Z. V., & Myskovets, I. Ya. (2004). Richky ta yikh baseiny v umovakh tekhnohenezu [Rivers and their basins in the conditions of technogenesis]. Lutsk: RVV LDTU. 336 p [in Ukrainian].

Netrobchuk, I. M. (2007). Otsinka yakosti poverkhnevyykh vod pravoberezhnykh prytok baseina Prypiati u Volynskii oblasti [Assessment of surface water quality of the right-bank tributaries of the Pripjat basin in the Volyn region]. *Naukovyi visnyk Volynskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky [Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Volyn National University]*, 2, P. 260–265 [in Ukrainian].

Petlin, V. M., Fesiuk, V. O., & Karpiuk, Z. K. (2021). Rehionalna ekomerezha Volynskoi oblasti [Regional ecological network of Volyn region]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*, 2. S. 31–41 [in Ukrainian].

Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Volynskii oblasti za 2022 rik [Regional report on the state of the natural environment in Volynska region for 2022]. [Electronic resource] URL: http://www.menr.gov.ua/media/files/Articles/Diyalnist/Ekologichniy_kontrol/Dopovidy_pro_stan_NPS (access date 23.05.2023) [in Ukrainian].

Romanenko, V. M., et al. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymi katehoriiami [Methodology for environmental assessment of surface water quality by relevant categories]. Kyiv: Symvol-T, 28 [in Ukrainian].

Suchasnyi ekolohichnyi stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti: kolektyvna monohrafiia [Current ecological state and prospects for environmentally safe sustainable development of Volyn region: a collective monograph] (2016). / Ed. V. O. Fesiuk. Kyiv: TOV «Pidpriemstvo «Vi En Ei». 316 [in Ukrainian].

Fesiuk, V. O. (2013). Lutsk: stalyy rozvytok i sotsialno-ekolohichni problem [Lutsk: sustainable development and social and environmental issues]. Lutsk: RVV LNTU, 2013. 304 [in Ukrainian].

Chervanov, Y. H. (1968). Strukturnyi analiz relefa basseina reky Styr [Structural analysis of the relief of the Styr river basin]. Avtoref. dys. kand. heohr. nauk. Kharkov: Kharkovskiyi hosudarstvennyi unyversytet ym. A. M. Horkoho. 16 [in Russian].

Agrawal, K., Panda, C., & Bhuyan, M. (2021). Impact of Urbanization on Water Quality. *Current Advances in Mechanical Engineering*. 665–673. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4795-3_60 [in English].

Glińska-Lewczuk, K., Gołaś, I., & Koc, J., et al. (2016). The impact of urban areas on the water quality gradient along a lowland river. *Environ Monit Assess* 188, 624/ <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5638-z> [in English].

de Milleville, L., Lespez, L., Gauthier, A. & Gob, F., Vermoux, C., Saulnier-Copard, S., Fichet, V., Letourneur, M., Jugie, M., Garcia, M., Tachikawa, & K., Tales, E. (2023). Three thousand years of anthropogenic impact and water management and its impact on the hydro-ecosystem of the Mérimontaise river, Paris conurbation (France). *Quaternary Science Reviews*, 307, art. no. 108066. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108066> [in English].

Liu, L., Dobson, B., & Mijic, A. (2023). Water quality management at a critical checkpoint by coordinated multi-catchment urban-rural load allocation. *Journal of Environmental Management*, 340, art. no. 117979. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117979> [in English].

Li, Q., Huang, J., Zhang, J., & Gao, J. (2023). A raster-based estimation of watershed phosphorus load and its impacts on surrounding rivers based on process-based modelling. *Journal of Environmental Management*, 339, art. no. 117846. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117846> [in English].

Li, Y., Mi, W., Ji, L., He, Q., Yang, P., Xie, S., & Bi, Y. (2023). Urbanization and agriculture intensification jointly enlarge the spatial inequality of river water quality. *Science of the Total Environment*, 878, art. no. 162559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162559> [in English].

Отримано: 25.05.2023

Прийнято: 12.06.2023