УДК 502.171:504.064
DOI https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.18

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ В МЕЖАХ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Коляда О. В. – *к. с.-г. н., доцент,*
Головань Л. В. – *к. с.-г. н., доцент,*
Чуприна Ю. Ю. – *PhD з екології, доцент,*
Державний біотехнологічний університет,
olyakolyadapovh@gmail.com, golovanlarisa14@gmail.com, rybchenko_yuliya@ukr.net

Забруднення водойм є однією з найгостріших екологічних проблем, яка посилюється через індустріалізацію та діяльність людини. Оскільки вода є ключовим ресурсом для життя та функціонування екосистем, важливо досліджувати її стан і розробляти заходи для захисту та відновлення водних об'єктів. Неправильне використання водних ресурсів призводить не лише до погіршення якості питної води, а й до зниження життєдіяльності організмів у річковому басейні. Низький рівень кисню у воді стає критичним для гідробіонтів, що може спричинити скорочення біорізноманіття та погіршення екологічних умов. Для визначення екологічного стану річки Уди, яка є однією з найбільш забруднених у Харківській області було проведено екологічну оцінку та моделювання її забруднення в межах Харківської області. Відповідно до результатів проведеної оцінки за індексом забруднення води та за відповідними категоріями було встановлено, що річка є забрудненою. Серед показників якості води найбільш критичною виявилась ситуація по відношенню до показника БСК$_5$, вмісту амонійного азоту, нітритів, фосфатів та нафтопродуктів**.** Значення показника БСК$_5$ перевищувало встановлені нормативи у 3,7-3,9 рази, вмісту амонійного азоту – у 4,7-5,7 рази, нітритів – у 10,4-16,6 рази, фосфатів – у 3,3-3,9 рази, нафтопродуктів – у 6,6-8 разів. За результатами моделювання процесу самоочищення річки Уди встановлено, що концентрація забруднюючих речовин у воді зменшується із зростанням відстані від джерела скидів. Це підтверджує природну здатність водойми до самоочищення. Проте ефективність цього процесу залежить від низки факторів, таких як географічні особливості, гідрологічні умови, тип і кількість забруднювачів, а також біологічні та хімічні процеси, що відбуваються у воді. При аналізі самоочищення річки Уди спостерігалися перевищення гранично допустимих концентрацій на відстані 50 км від місця скиду за такими показниками як вміст сульфатів амонію, нітритів, фосфатів та марганцю. Ситуація, що склалась вимагає впровадження комплексу оперативних заходів щодо покращення якості поверхневих вод річки. Для покращення екологічного стану річки необхідно поліпшити гідрологічний режим річок, сприяти зниженню антропогенного навантаження через забруднення зворотними водами, підвищити ефективність очищення стічних вод, забезпечувати благоустрій, озеленення та ландшафтний дизайн прибережних і рекреаційних зон водойм

Ключові слова: забруднення, вода, річка, антропогенне навантаження, екологічна оцінка.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Сьогодні у всьому світі, й в Україні, зокрема, існує багато проблем у сфері охорони, відновлення й раціонального використання водних ресурсів. Неконтрольоване використання води та постійно зростаючий попит на водні ресурси призводять до погіршення якості води, що у свою чергу має значний негативний уплив на здоров'я людей. Харківська область є одним з найбільших регіонів України за площею та чисельністю населення. Проте, водні ресурси регіону є вкрай обмеженими, їхня частка в загальних водних ресурсах України в середньому становить лише 1,8 %, знижуючись до 0,99 % у маловодний сезон. Аналіз екологічного стану річок Харківської області свідчить про досягнуту межу використання їх водних ресурсів та значне забруднення. Особливо загострюється проблема нестачі чистої питної води в умовах глобального потепління. Дослідженнями кліматичних змін підтверджено тенденцію щодо підвищення температури в Харківській області, а також зменшення кількості опадів, що має звичайно безумовний вплив на функціонування водних екосистем.

Значно посилюється також рівень антропогенного впливу на водні ресурси регіону в умовах російської агресії. Шкода водним ресурсам через війну проявляється їх забрудненням та засміченням, а також самовільним використанням водних об'єктів.

Однією з найбільш забруднених річок Харківської області є р. Уди. Загальна довжина річки складає 164 км, із них в межах Харківської області – 127 км; площа водозбірного басейну становить 3894 км^2, із них у Харківській області – 3460 км^2. Басейн р. Уди входить у центральний економічний регіон Харківської області, де широко розвинені обробна та легка промисловість, виробництво будівельних матеріалів та машинобудівні комплекси.

Основне джерело забруднення р. Уди – це скид неочищених стічних вод. Значний обсяг хімічних речовин надходить в річку із сільськогосподарськими та комунальними стічними водами із Міських ОСВ № 1 Комплексу «Харківводовідведення» (Диканівські очисні споруди) та Міських ОСВ № 2 Комплексу «Харківводовідведення» (Безлюдівські очисні споруди) КП «Харківводоканал», а також від Роганського та Есхарівського управління житлово-комунального господарства (ЖКГ). До 84,0 % забруднюючих речовин, які формують якість річки Сіверський Донець в транскордонних створах, утворюються саме в басейні річки Уди. Вплив комунально-побутових вод обумовлює зростання концентрацій сполук азоту та фосфору [1, с. 154].

Вплив скиду недоочищених промислово-побутових стічних вод багато у чому визначає екологічний стан річок і має як правильно локальний характер. Разом з тим очисні споруди не забезпечують належного рівня окиснення органічних сполук та поверхнево-активних речовин і нітритів в промислово-побутових водах. Не забезпечується також і належного вилучення фосфатів. Лободою Н. С. та співавторами було встановлено, що скиди комунально-побутових вод міста Харків нижче річки Сіверський Донець суттєво погіршують якість вод річки Уди [2, с. 98-99]. У наукових працях Рибалової О. В. та співавторів підтверджено незадовільний стан річки Уди в смт. Есхар. Зокрема науковцями визначено, що значення середнього екологічного індексу для річки в зазначеному стані за період із 1964 р. по 2017 р. відповідав 4 категорії (задовільний стан) та 3 класу якості (задовільний стан) [4, с. 16-17]. У Чугуївському районі річка з 1964 по 2015 рр. знаходилась у поганому стані із значенням середнього екологічного індексу відповідному 4-й категорії за екологічною класифікацією [5, с. 91].

Для покращення екологічної ситуації необхідним є впровадження заходів з очищення стічних вод. Окрім цього забруднюючі речовини надходять із поверхневим стоком з пасовищ та сільськогосподарських угідь, сільських населених пунктів без каналізацій та від тваринницьких комплексів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для зменшення рівня забруднення водних об'єктів в першу чергу необхідним є моніторинг екологічного стану поверхневих вод і проведення їхньої екологічної оцінки. Враховуючи надмірний антропогенний тиск на річку Уди мета нашої роботи полягала в проведенні екологічної оцінки якості води річки на водозборі в с. Есхар, а також моделюванні рівня її забруднення в межах Харківської області.

Матеріали і методи дослідження. В роботі було визначено оцінку рівня забруднення води річки Уди за індексом забруднення води (ІЗВ), а також відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [3, с. 20-21]. Визначення індексу забруднення води проведено за ГДК встановлених для водойм рибогосподарського призначення. При моделюванні забруднення річки на відстані від джерела скиду використовували рівняння:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^N$$

де C – це концентрація забруднення; k – це коефіцієнт самоочищення (швидкість реакції на одиницю концентрації речовин); N – це порядок реакції. Додаткові параметри для розрахунків включали швидкість течії (v = 0,3 м/с); коефіцієнт самоочищення k = 0,01с-1; для розрахунку зміни концентрації забруднювачів час обирали із інтервалу 1-10 діб із кроком 1 доба.

Результати досліджень. Відповідно до значення розрахованого ІЗВ вода в річці Уди вище та нижче скиду КП «Харківводоканал» характеризувалась як забруднена (ІЗВ становило відповідно 3,94 та 3,90 одиниці). Відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» якість води в досліджуваній річці в обох створах характеризувалась, як посередня за станом та помірно забруднена за ступенем забрудненості – III клас, 5 (6) категорія (таблиця 1).

Таблиця 1. **Оцінка забруднення річки Уди (згідно з даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології, 2022 р.)**

Значення показників, мг/л	Фактичний вміст, мг/л		ГДК	Категорія	
	вище скиду КП «Харків-водоканал»	нижче скиду КП «Харків-водоканал»		вище скиду КП «Харків-водоканал»	нижче скиду КП «Харків-водоканал»
Завислі речовини	15,3	14,5	20,0	II (3)	II (3)
$БСК_5$	11,7	11,1	3,0	IV (6)	IV (6)
Мінералізація	709	707	–	II (2)	II (2)
Сульфати	200	191	100	III (5)	III (5)
Хлориди	110	113	300	III (4)	III (4)
Азот амонійний	2,86	2,33	0,5	V (7)	IV (6)
Нітрати	10,6	23,3	40	V (7)	V (7)
Нафтопродукти	0,4	0,33	0,05	V (7)	V (7)
ХСК	44,0	41,0	20	–	–
Розчинений кисень	5,81	5,73	6,0	III (5)	III (5)
Фосфати	2,74	2,33	0,7	V (7)	V (7)
Цинк	0,024	0,021	0,01	III (4)	III (4)
Залізо	0,21	0,18	0,05	III (4)	III (4)
Нітрити	0,83	1,33	0,08	V (7)	V (7)
Мідь	0,01	0,007	0,001	III (4)	III (4)
ІЗВ/Іе	3,94	3,90		5,14	5,07
Клас забруднення (категорія)	IV	IV		III (5)	III (5)
Характеристика забруднення	Забруднена вода	Забруднена вода		«Посередні», «помірно забруднені» води	«Посередні», «помірно забруднені» води

Дуже критичною є ситуація по відношенню до показника $БСК_5$. Даний показник є загальною оцінкою ступеня органічного забруднення водного об'єкта – чим вищий індекс $БСК_5$, тим більш забрудненим є водний об'єкт органічними речовинами. Зі збільшенням вмісту органічних речовин у воді швидко розмножуються аеробні бактерії, які потребують великої кількості кисню для своєї життєдіяльності. При цьому вміст розчиненого кисню у воді зменшується, що призводить до гіпоксії, яка в кінцевому підсумку може призвести до загибелі певних видів водних організмів. Показник $БСК_5$ в обох створах перевищував нормативний показник у 3,7-3,9 рази. Змоделювавши процес самоочищення води, з урахуванням гідрологічних параметрів річки, видно, що забруднення річки органічними речовинами характерне по всьому напряму течії, навіть на відстані більше 50 км скиду стічних вод КП «Харківводоканал» знчення показника $БСК_5$ значно перевищує нормативний показник 3,0 мг/л (рисунок 1).

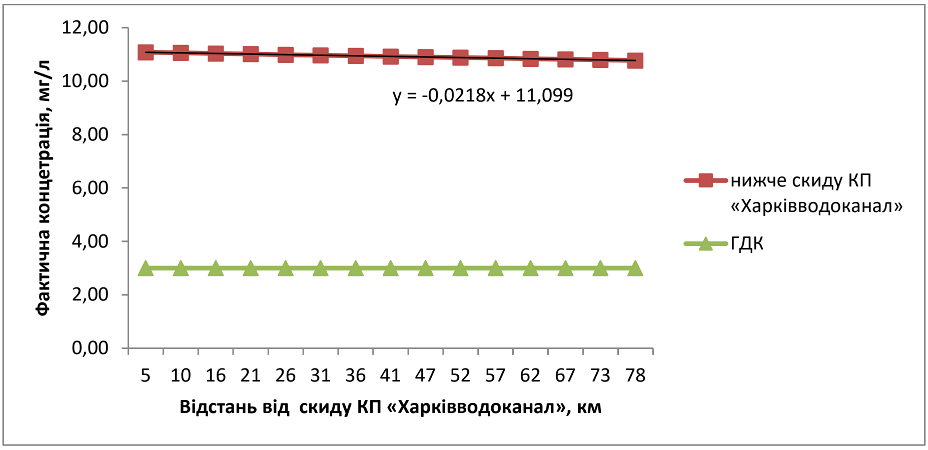

Рис. 1. **Моделювання динаміки показника БСК$_5$ в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод**

Характерним є також високе значення показника ХСК – у 2,1-2,2 рази вище за ГДК, що свідчить про забрудненість води окисленими речовинами.

Значні перевищення встановлених нормативів відмічені й для вмісту амонійного азоту та нітритів. Підвищені концентрації іонів амонію та нітритів вказують на нещодавнє забруднення водойми. Фактичний вміст амонійного азоту у створі нижче скиду КП «Харківводоканал» перевищував ГДК у 4,7 рази (рисунок 2).

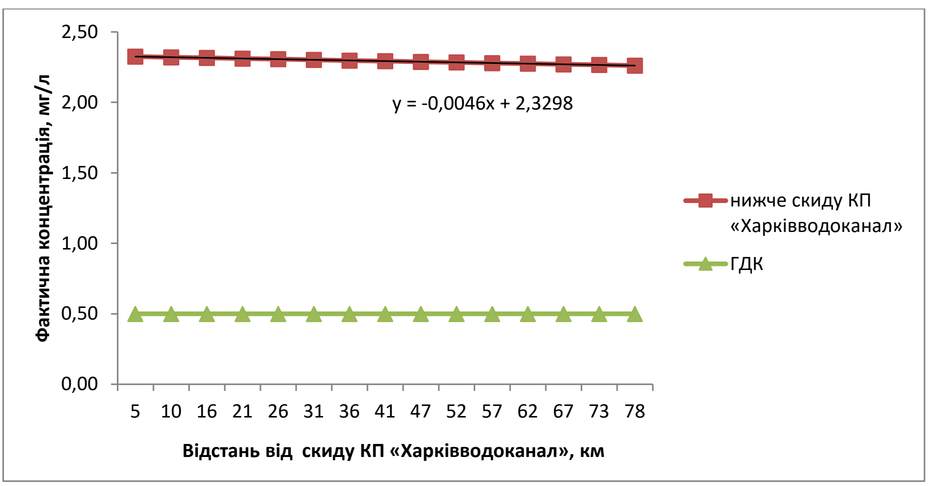

Рис. 2. **Моделювання динаміки вмісту азоту амонійного в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод**

Основними джерелами іонів амонію у водоймах є поверхневі стоки з тваринницьких ферм і побутові стічні води, з сільськогосподарських угідь при використанні амонійних добрив, а також відходи харчової, коксохімічної, деревообробної та хімічної промисловості. Високий уміст амонійного азоту призводить до отруєння гідробіонтів, адже вільний аміак виступає для них сильною отрутою. Отруєння відбувається внаслідок неспроможності риби звільнитись від надлишку амонію, що накопичується під час обміну азоту.

Проведений аналіз вмісту нітритів у річці Уди, показує перевищення показника у створах вище та нижче скиду КП «Харківводоканал» відповідно у 10,4 та 16,6 рази (рисунок 3). Підвищений вміст нітритів свідчить про дуже інтенсивний розклад органічних речовин, що надійшли із стічними водами. Наявність значного органічного забруднення води річки підтверджує і високий показник $БСК_5$. Нітрити є сполуками неконсервативними та швидко окислюються розчиненим в воді киснем до нітратів. Наявність у воді високих концентрацій нітритів свідчить про фекальне забруднення води, потенційну токсичність та її канцерогенність, адже нітрити легко трансформуються у нітрозоаміни, які є канцерогенними сполуками.

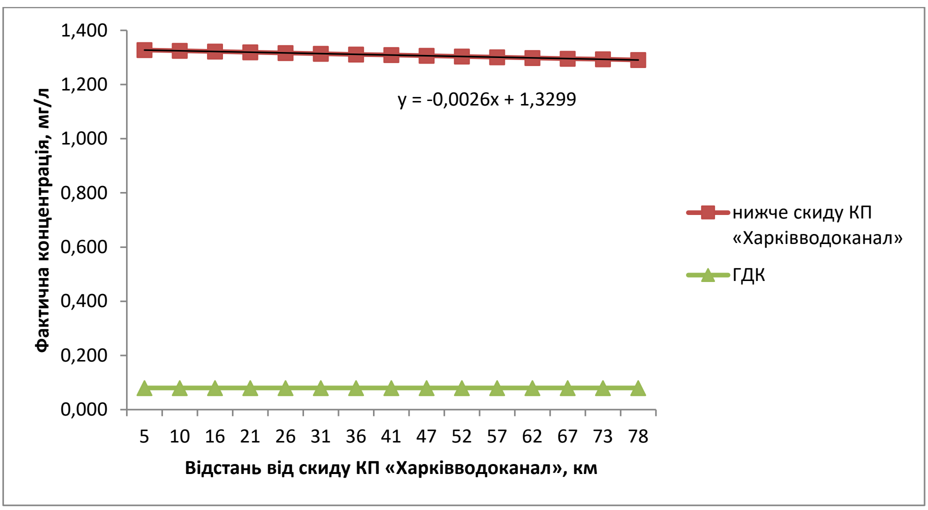

Рис. 3. **Моделювання динаміки вмісту нітритів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод**

Для річки Уди притаманне також забруднення фосфатами. Фактична концентрація забруднювача перевищує ГДК у 3,3-3,9 рази залежно від створу (рисунок 4). Надмірне забруднення водойм сполуками фосфору призводить до евтрофікації. Наслідком процесу евтрофікації є значне зменшення вмісту кисню та погіршення умов життя гідробіонтів.

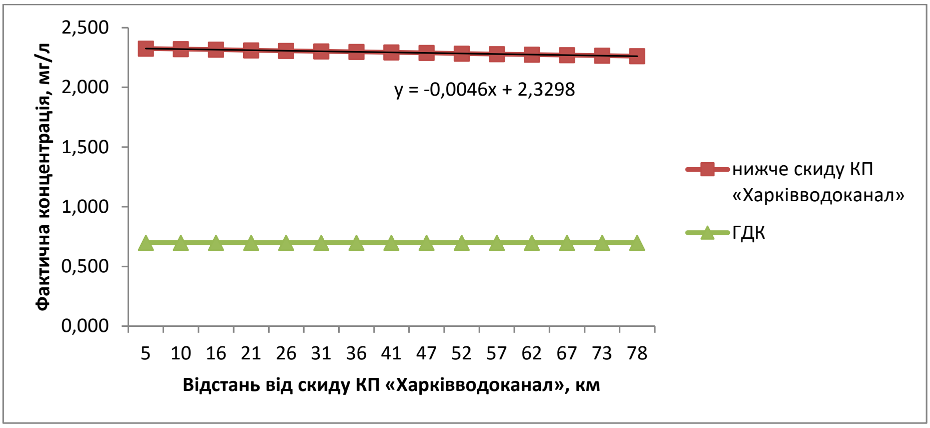

Рис. 4. **Моделювання динаміки вмісту фосфатів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод**

Дуже небезпечним та токсичним для всіх гідробіонтів є забруднення водойм нафтопродуктами. Деякі із нафтопродуктів є канцерогенними. Утворена на поверхні води плівка перешкоджає процесам тепло-, водо- та газообміну між водоймою та атмосферою, а це особливо небезпечно, у вигляді того, що у поверхневій плівці водойми відбуваються найважливіші біологічні процеси Фактичне значення вмісту нафтопродуктів у річці Уди перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення у 6,8-8,0 разів (рисунок 5).

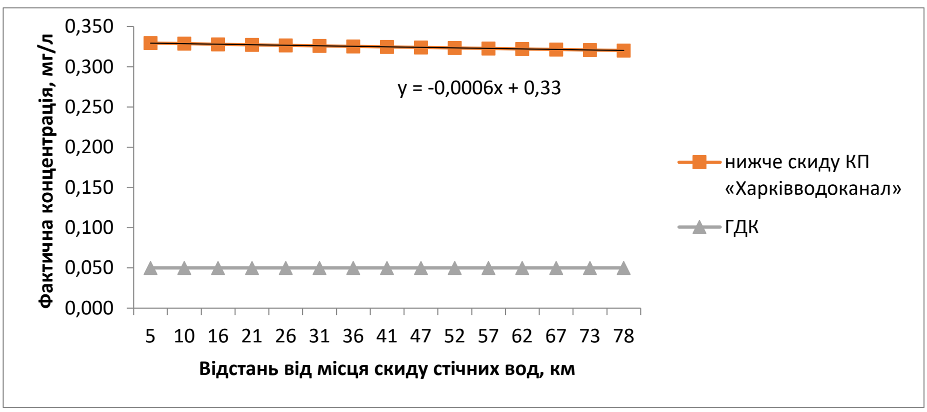

Рис. 5. **Моделювання динаміки вмісту нафтопродуктів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод**

Висновки. Таким чином, річка Уди, як і багато інших річок в Україні, піддається різноманітним антропогенним впливам, таким як скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод від підприємств, сільськогосподарська діяльність, військова агресія рф, засмічення населенням. Провівши аналіз якості поверхневих вод річки Уди за індексом забруднення води та за відповідними категоріями було встановлено, що річка є забрудненою. Серед показників якості води найбільш критичною виявилась ситуація по відношенню до показника $БСК_5$, вмісту амонійного азоту, нітритів, фосфатів та нафтопродуктів. Високі показники $БСК_5$, вмісту амонійного азоту та нітритів є свідченням нещодавнього значного забруднення річки та проходження інтенсивних процесів розкладу органічної речовини у водоймі. Це в свою чергу призводить до зниження вмісту кисню у водоймі та інтенсивного розвитку евтрофікації. Забруднення водойми може мати серйозний вплив на екосистему та здоров'я населення.

Значне забруднення річки Уди вимагає впровадження комплексу оперативних заходів щодо покращення якості поверхневих вод. Серед таких заходів необхідним є: вдосконалення регіональної системи моніторингу за станом річки; поліпшення гідрологічного режиму річки; здійснення контролю несанкціонованих скидів забруднюючих речовин в річку; сприяння зниженню забруднення річки зворотними водами; підвищення ефективності очищення січних вод, які скидаються в річку; підвищення екологічної свідомості населення та розвиток екологічної освіти.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MODELING OF POLLUTION OF THE UDY RIVER WITHIN THE KHARKIV REGION

Koliada O. V. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*
Golovan L. V. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*
Chuprina Yu. Yu. *– Phd in ecology, Associate Professor,*
State Biotechnology University,
olyakolyadapovh@gmail.com, golovanlarisa14@gmail.com, rybchenko_yuliya@ukr.net

Water pollution is one of the most acute environmental problems, which is exacerbated by industrialization and human activity. Since water is a key resource for the life and functioning of ecosystems, it is important to study its condition and develop measures to protect and restore water bodies. Improper use of water resources leads not only to a deterioration in the quality of drinking water, but also to a decrease in the vital activity of organisms in the river basin. Low oxygen levels in the water are becoming critical for aquatic life, which can lead to a reduction in biodiversity and deterioration of environmental conditions. To determine the ecological status of the Udy River, which is one of the most polluted rivers in Kharkiv Oblast, an environmental assessment and modelling of its pollution within the Kharkiv Oblast was conducted. According to the results of the assessment, the river was found to be polluted according to the water pollution index and the relevant categories. Among the water quality indicators, the most critical situation was found to be with respect to BOD_5, ammonium nitrogen, nitrite, phosphate, and oil products. The value of BOD_5 exceeded the established standards by 3.7-3.9 times, ammonium nitrogen by 4.7-5.7 times, nitrite by 10.4-16.6 times, phosphate by 3.3-3.9 times, and oil products by 6.6-8 times. The results of modelling the self-purification process of the Uda River showed that the concentration of pollutants in the water decreases with increasing distance from the source of discharge.

This confirms the natural ability of a water body to clean itself. However, the effectiveness of this process depends on a number of factors, such as geographical features, hydrological conditions, type and number of pollutants, as well as biological and chemical processes occurring in the water. When analysing the self-purification of the Udy River, the maximum permissible concentrations were exceeded at a distance of 50 km from the discharge site for such indicators as ammonium sulfate, nitrite, phosphate and manganese. The current situation requires the implementation of a set of operational measures to improve the quality of the river's surface water. To improve the ecological condition of the river, it is necessary to improve the hydrological regime of rivers, to help reduce the anthropogenic load due to pollution by wastewater, to increase the efficiency of wastewater treatment, to provide landscaping, gardening and landscape design of coastal and recreational areas of water bodies.

Keywords: pollution, water, river, anthropogenic load, environmental assessment.

ЛІТЕРАТУРА

1.Коляда О. В., Варавіна П. О. Проблема забруднення річок Харківської області. Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Харків, Держ. біотехнол. ун-ту (27-28.04.2023, Харків). Харків : ДБТУ, 2023. С. 154-155.

2.Лобода Н. С., Катинська І. В., Смалій О. В. Оцінка рівня забруднення та екологічного стану вод річок басейну Сіверського Дінця за показником $БСК_5$. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 91-101.

3.Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків: УкрНДІЕП. 2012. 37 с.

4.Рибалова О. В., Артем'єв С. Р., Бригада О. В., Ільїнський О. В., Макаров Є.О., Жук В. М. Визначення екологічного ризику погіршення стану водотоків басейну річки Уди. *Fundamentalis scientiam*. 2019. № 27. С. 14-21.

5.Рибалова О. В., Бригада О. В., Тесленко В. С. Прогноз екологічного стану річки Уди з урахуванням кліматичних змін у Харківській області. *Вісник ХНАДУ*. 2018. Вип. 81. С. 86-94.

REFERENCES

1.Koliada O. V., Varavina P. O. (2023). *Problema zabrudnennia richok Kharkivskoi oblasti* [The problem of river pollution in Kharkiv region]. Aktualni pytannia biotekhnolohii, ekolohii ta pryrodokorystuvannia: materialy Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii [Current issues in biotechnology, ecology and nature management: materials of the International Scientific Conference]. Kharkiv: SBU. 154-155. [in Ukrainian].

2.Loboda N. S., Katynska I. V., Smalii O. V. (2020). *Otsinka rivnia zabrudnennia ta ekolohichnoho stanu vod richok baseinu Siverskoho Dintsia za pokaznykom* BSK_5 [Assessment of the level of pollution and ecological condition of the waters of the Siverskyi Donets basin by BOD_5]. *Ukrainian Hydrometeorological Journal,* 26, 91-101. [in Ukrainian].

3.Hrytsenko A. V., Vasenko O. H., Vernichenko H. A., Kovalenko M. S., Poddashkin O. V., Vernychenko-Tsvetkov D. Iu., Melnykova N. V., Miroshnychenko O. P. (2012). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy* [Methodology for environmental assessment of surface water quality by relevant categories]. Kharkiv: USRIEP. [in Ukrainian].

4.Rybalova O. V., Artemiev S. R., Bryhada O. V., Ilinskyi O. V., Makarov Ye. O., Zhuk V. M. (2019). *Vyznachennia ekolohichnoho ryzyku pohirshennia stanu vodotokiv baseinu richky Udy* [Determination of the environmental risk of deterioration of watercourses in the Uda River basin]. *Fundamentalis scientiam,* 27, 14-21. [in Ukrainian].

5.Rybalova O. V., Bryhada O. V., Teslenko V. S. (2018). *Prohnoz ekolohichnoho stanu richky Udy z urakhuvanniam klimatychnykh zmin u Kharkivskii oblasti* [Forecast of the ecological state of the Udy River in view of climate change in the Kharkiv region]. *Bulletin of KhNAHU,* 81, 86-94. [in Ukrainian].