

УДК 502.51:502.172

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.250822.65.879

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАЙБІЛЬШОЇ ПРИТОКИ РІЧКИ ДНІПРО В МЕЖАХ УКРАЇНИ

КОВАЛЕНКО С. А.^{1*}, *аспір.*,
ПОНОМАРЕНКО Р. В.², *докт. техн. наук, проф.*,
ТРЕТЬЯКОВ О. В.³, *докт. техн. наук, проф.*,
ТИТАРЕНКО А. В.⁴, *канд. психол. наук, доц.*,
ІВАНОВ Є. В.⁵, *канд. техн. наук.*

^{1*} Кафедра прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 700-31-71, e-mail: kovalenko@nuczu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2323-0856

² Факультет оперативно-рятувальних сил, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 700-31-71, e-mail: prv@nuczu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8445-8251

³ Кафедра цивільної та промислової безпеки, Національний авіаційний університет, пр. Гузара Любомира, 1, 03058, Київ, Україна, тел. +38 (044) 406-79-01, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

⁴ Відділ персоналу, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 700-31-71

⁵ Факультет пожежної безпеки, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 700-31-71, e-mail: gekaivanov198921@gmail.com

Анотація. *Постановка проблеми.* Водні ресурси відіграють провідну роль у різних аспектах життя людини. Вода потрібна для побутового, комерційного, промислового, сільськогосподарського та рекреаційного призначення не тільки в Україні, а й у світі. Для отримання цілісної картини актуального екологічного стану великих адміністративно-територіальних одиниць промислово розвинутих країн світу, зокрема, України, навіть за умови поступового зменшення промислового потенціалу, застосовують екологічний моніторинг. Проведено аналіз якісного складу поверхневого водного об'єкта, а саме річки Десна, найбільшої притоки Дніпра, у межах України, для визначення зміни його екологічного стану. Визначено можливі причини його забруднення. Проведено статистичний та систематичний аналіз зміни екологічного стану на основі даних інтерактивної карти «Моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України» Державного агентства водних ресурсів України у період із січня 2012 по грудень 2020 року. Досліджено дані контролю забору води з чотирьох постів у межах річки Десна. Проаналізовано вміст основних показників: амонію, нітратів, нітритів, фосфатів та сульфатів. **Мета статті** – визначення нових часово-просторових та сезонних закономірностей зміни якості води в поверхневому водному об'єкті за основними показниками. **Висновок.** На основі отриманих результатів дослідження за період із 2012 по 2020 рік можна відмітити тенденцію до погіршення екологічного стану річки Десна у межах України. Причиною такого явища стало техногенне навантаження на поверхневі водні об'єкти. Визначено нові часово-просторові та сезонні тенденції 2020 року зміни розподілу вмісту основних показників: іонів амонію, нітратів та нітритів, сульфатів, фосфатів, за течією річки Десна у межах України для можливості застосування отриманих результатів як вихідних даних для втілення басейнового принципу керування водними ресурсами у подальших дослідженнях. Для річки Десна доцільно встановити додаткові пункти спостереження для більш детального вивчення екологічного стану поверхневого водного об'єкта між постами 2–3, 4–5 та 5–6, оскільки на цих ділянках річка Десна має ліві та праві притоки.

Ключові слова: *екологічний стан; забруднювальні речовини; моніторинг; поверхневі водні об'єкти; Десна; тенденції*

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE DNIPRO RIVER'S LARGEST TRIBUTARY WITHIN UKRAINE

KOVALENKO S.A.^{1*}, *Postgrad. Stud.*,
PONOMARENKO R.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TRETYAKOV O.V.³, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TYTARENKO A.V.⁴, *Cand. Sc. (Psychology), Assoc. Prof.*,
IVANOV Ye.V.⁵, *Cand. Sc. (Tech.)*

^{1*} Department of Applied Mechanics and Environmental Protection Technologies, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevskaya Str., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel. +38 (057) 700-31-71, e-mail: kovalenkosc@nuczu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2323-0856

² Faculty of Operational and Rescue Forces, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevskaya Str., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel. +38 (057) 700-31-71, e-mail: prv@nuczu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8445-8251

³ Department of Civil and Industrial Safety, National Aviation University, 1, Lyubomir Huzar Ave., Kyiv, 03058, Ukraine, tel. +38 (044) 406-71-09, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

⁴ Personnel department, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevskaya Str., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel. +38 (057) 700-31-71

⁵ Faculty of Fire Safety, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevskaya Str., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel. +38 (057) 700-31-71, e-mail: gekaivanov198921@gmail.com

Abstract. Problem statement. Water resources play a leading role in various aspects of human life. Water is needed for domestic, commercial, industrial, agricultural and recreational purposes not only in Ukraine, but also in the world. Ecological monitoring is used to obtain a holistic picture of the current ecological condition for large administrative-territorial units in the industrialized countries of the world, in particular Ukraine, even with the gradual reduction of industrial potential. Therefore, the article analyzes the qualitative composition of the surface water body, namely the Desna River, the largest tributary of the Dnieper, within Ukraine, to determine changes in its ecological status. Possible causes of its pollution are determined. A statistical and systematic analysis of changes in the ecological status was carried out based on the data of the interactive map «Monitoring and environmental assessment for water resources of Ukraine» by the State Agency for Water Resources of Ukraine in the period from January 2012 to December 2020. Data on water intake control from four posts within the Desna River were investigated. The content of the main indicators: ammonium, nitrates, nitrites, phosphates and sulfates were analyzed. **The purpose of the article.** Determination of new temporal-spatial and seasonal patterns of water quality change in the surface water body according to the main indicators. Possibility to use the obtained results as initial data for the development of influence mechanisms on the ecological state of the surface water body in the conditions of the basin principle for water resources management. **Conclusions.** Analyzing the results of the research for the period from 2012 to 2020, we can note the tendency to deteriorate the ecological condition of the Desna River within Ukraine. The cause of this phenomenon is the man-made load on surface water bodies: the Desna River and its tributaries. New temporal-spatial and seasonal trends of 2020 for changes in the distribution of the main indicators: ammonium ions, nitrates and nitrites, sulfates, phosphates, along the Desna River within Ukraine for the possibility of using the results as a source for implementing the basin principle of water resources management in further research. For the Desna River, it is advisable to establish additional observation points for a more detailed presentation of the ecological status of the surface water body between posts 2–3, 4–5 and 5–6, as in these areas the Desna River has left and right tributaries.

Keywords: *body of surface water; Desna river; ecological status; monitoring; pollutant; trend*

Постановка проблеми

Водні ресурси відіграють ключову роль у різних аспектах життя людини. Вода потрібна для побутового, комерційного, промислового, сільськогосподарського та рекреаційного призначення не тільки в Україні, а і у всьому світі [1–3].

Для отримання цілісної картини актуального екологічного стану великих адміністративно-територіальних одиниць промислово розвинутих країн світу, зокрема України, навіть за умови поступового зменшення промислового потенціалу, застосовують екологічний моніторинг. Основною складовою такого моніторингу стали процеси отримання необхідних вихідних даних (наприклад, результатів аналізу проб поверхневих водних об'єктів). Одна з основних функцій моніторингу – прогнозування розвитку екологічного стану

на основі, наприклад, застосування статистично-математичних методів.

Десна – транскордонний водотік: 52 % річки (591 км) розташовано на території України, загальна довжина складає 1 130 км. Площа водозбору річки Десна на території України становить 33 820 км². Десна входить до басейну річки Дніпро.

Нині проблема зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів країни залишається актуальною для усіх водних басейнів України, що існують на території держави: Дніпра, Дністра, Західного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю, Південного Бугу, річок Приазов'я та Причорномор'я.

Техногенне навантаження викликає погіршення якості води і режиму річкового стоку [4–6]. Згідно зі статтею 13 Водного кодексу України державне управління в галузі використання й охорони вод та

відтворення водних ресурсів здійснюється за басейновим принципом на основі державних, цільових, міждержавних та регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, а також планів управління річковими басейнами.

Аналіз публікацій. Однією з найбільш актуальних екологічних проблем сьогодення в Україні і у цілому світі стало забруднення поверхневих водних об'єктів, зокрема, питної води [7–8]. Потрапляння забруднювальних речовин до поверхневих водних об'єктів може шкідливо впливати на водне середовище [9–10] і здоров'я людини [11]. У всьому світі понад два мільярди людей не мають доступу до безпечної питної води, а ще понад чотири мільярди не мають доступу до безпечних санітарних послуг. Хвороби, що передаються через воду, спричиняють 250 мільйонів захворювань [12; 13].

Відповідно до досліджень [14–17], спостерігається безперервний техногенний вплив на поверхневі водні об'єкти України, що зумовлює постійне та стійке погіршення їх екологічного стану.

Автори [18] досліджують проблеми водних ресурсів у двох провідних країнах

світу: США та Китай. Як рекомендації для впровадження в інших країнах наводять Цілі сталого розвитку в управлінні водними ресурсами. У праці [19] автори запропонували математичну модель для оперативного прогнозування та нормування техногенних навантажень на поверхневий водний об'єкт.

Мета статті – визначення нових часово-просторових та сезонних закономірностей зміни якості води в поверхневому водному об'єкті за основними показниками, можливості застосування отриманих результатів як вихідних даних для розроблення механізмів впливу на екологічний стан поверхневого водного об'єкта в умовах басейнового принципу управління водними ресурсами.

Результати досліджень. Державне агентство водних ресурсів (ДАВР) [20] України ввело в дію інтерактивну карту «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України». На карті можливо відстежити дані моніторингу поверхневих водних об'єктів за певний проміжок часу за такими показниками як нітрати, нітриди, фосфати, іони амонію, сульфати.



Рис. 1. Карта-схема розміщення шести постів спостереження басейну річки Десна, за даними яких проводилось дослідження

На основі моніторингових даних ДАВР України проведено аналіз зміни екологічного стану за основними показниками річки Десна за 2012–2020 роки. Аналіз виконано на основі даних із шести постів спостереження річки Десна (рис. 1): 1) 573 км, с. Мурав'ї, Новгород-Сіверського р-ну; 2) 569 км, с. Камінь, Новгород-

Сіверського р-ну; 3) 390 км, с. Спаське, Сосницького р-ну нижче Смоленської АЕС; 4) 350 км, смт. Макошино, Менського р-ну; 5) 200 км, м. Чернігів; 6) 55 км, с. Крехаїв, Козелецького р-ну (кордон Чернігівської і Київської обл.) [20].

Вживання води з високою концентрацією амонію спричинює

захворювання нервової системи; підвищення артеріального тиску; порушення кислотно-лужного балансу; хвороби печінки, нирок і легень.

Недотримання природоохоронних вимог викликає потрапляння нітратів та нітритів у воду зі стоків промислових і сільськогосподарських підприємств, що, у свою чергу, спричинює забруднення поверхневих та підземних вод. Під час розкладання білків рослинного і тваринного походження мікроорганізми виділяють сполуки амонію. При контакті з повітрям вони окиснюються до нітратів та нітритів, які потім потрапляють у воду.

Головне джерел потрапляння сульфатів у поверхневі водні об'єкти – це процеси хімічного вивітрювання і розчинення сірковмісних мінералів, окиснення сульфідів і сірки. Значна кількість сульфатів надходить у водойми у процесі відмирання організмів, окислення наземних і водних речовин рослинного і тваринного походження, з підземним стоком. Вживання води з підвищеним умістом сульфатів негативно впливає на здоров'я людей: може спричинити подразнення слизової шлунково-кишкового тракту.

Швидкий ріст водоростей зумовлює евтрофікацію води. Це свідчить про наявність значної кількості фосфатів у поверхневих водних об'єктах. Майже всі мийні засоби у своєму складі містять фосфати. Господарсько-побутові і промислові стічні води, змиви мінеральних добрив та пестицидів із сільськогосподарських угідь, відходів тваринницьких ферм, дренажні води зрошувальних систем, дощові стоки із територій населених пунктів забруднюють поверхневі водні об'єкти фосфатами.

У таблицях 1–5 наведено вміст забруднювальних речовин по постах забору води річки Десна в період з 2012 по 2020 рік.

Згідно з даними таблиці 1, на посту 1 найнижчий рівень вмісту NH_4^+ був у 2019 р., а найвищим у 2011 році. Вміст NH_4^+ у 2020 р. зменшився на 30,2 % порівняно з 2012 роком. На посту 2 найнижчий рівень у

2019 р., найвищий – 2018 році. Вміст NH_4^+ у 2020 р. зменшився на 22,3 % порівняно з 2012 роком. На посту 3 найнижчий рівень у 2020 р., а найвищий у 2014 році. Вміст NH_4^+ у 2020 році зменшився на 48,9 % порівняно з 2012 роком. На посту 4 найнижчий рівень вмісту NH_4^+ був у 2020 р., а найвищий – у 2015 році. Вміст NH_4^+ у 2020 р. зменшився на 48,5 % порівняно з 2012 роком. На посту 5 найнижчий рівень вмісту NH_4^+ був у 2020 р., а найвищий – у 2012 році. Вміст NH_4^+ у 2020 р. зменшився на 52,8 % порівняно з 2012 роком. На посту 6 найнижчий рівень вмісту NH_4^+ був у 2019 р., а найвищий – у 2012 році. Вміст NH_4^+ у 2020 р. зменшився на 52,7 % порівнянні з 2012 роком.

У населених пунктах Середино-Будського, Шосткинського, Кролевецького, Чернігівського, Козелецького, Куликівського, Менського, Борзнянського, Сосницького, Коропського, Новгород-Сіверського районів комунальні і сільськогосподарські підприємства скидають у поверхневі водні об'єкти недостатньо чи взагалі не очищені зворотні води. Це одна з причин, що зумовлює потрапляння іонів амонію у поверхневі водні об'єкти.

Таблиця 1

Вміст NH_4^+ , ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна

Рік/ Пост	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2012	0,0276	0,0238	0,0252	0,0231	0,0327	0,0307
2013	0,0312	0,0271	0,0195	0,0205	0,0254	0,0238
2014	0,0301	0,0274	0,0281	0,0262	0,0262	0,0234
2015	0,0295	0,0276	0,0251	0,0272	0,0261	0,0233
2016	0,0265	0,0236	0,0238	0,0187	0,0223	0,0267
2017	0,0207	0,0213	0,0258	0,0262	0,0218	0,0193
2018	0,0297	0,0280	0,0191	0,0195	0,0219	0,0177
2019	0,0165	0,0171	0,0201	0,0205	0,0182	0,0123
2020	0,0193	0,0185	0,0129	0,0119	0,0154	0,0136

Згідно з даними таблиці 2, на посту 1 найнижчий рівень вмісту NO_3^- був у 2012 р., а найвищим у 2014 р. Вміст NO_3^- у 2020 році збільшився на 13,6 % порівняно з 2012 роком. На посту 2 найнижчий рівень у 2012 р., найвищий – 2014 р. Вміст у 2020 р. збільшився на 26,9 % порівняно з 2012 роком. На посту 3 найнижчий рівень у 2012 р., а найвищий у 2018 році. Вміст у

2020 р. збільшився на 31,4 % порівняно з 2012 роком. На посту 4 найнижчий рівень був у 2012 р., а найвищий – у 2014 році. Вміст у 2020 р. збільшився на 25,6 % порівняно з 2012 роком. На посту 5 найнижчий рівень вмісту був у 2012 р., а найвищий – у 2015 році. Вміст у 2020 р. збільшився на 29,3 % порівняно з 2012 роком. На посту 6 найнижчий рівень вмісту був у 2013 р., а найвищий – у 2015 році. Вміст у 2020 р. зменшився на 13,6 % порівняно з 2012 роком.

Нітрати – продукти розкладу органічних речовин, а також це постійний елемент природних вод. Розчини, які містять у великій кількості нітрати та нітроти, добре поглинають рослини, у тому числі і зернові культури [21].

Таблиця 2

Вміст NO_3^- , ммоль/дм³ по постах забору води річки Десна

Рік/ Пост	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2012	0,0219	0,0198	0,0197	0,0208	0,0194	0,0262
2013	0,0235	0,0229	0,0236	0,0231	0,0211	0,0214
2014	0,0312	0,0305	0,0285	0,0305	0,0269	0,0252
2015	0,0247	0,0231	0,0224	0,0236	0,0287	0,0299
2016	0,0301	0,0284	0,0266	0,0252	0,0247	0,0291
2017	0,0271	0,0267	0,0272	0,0258	0,0267	0,0257
2018	0,0240	0,0269	0,0292	0,0287	0,0259	0,0254
2019	0,0246	0,0247	0,0252	0,0266	0,0248	0,0259
2020	0,0249	0,0252	0,0258	0,0261	0,0250	0,0226

Таблиця 3

Вміст NO_2^- , ммоль/дм³ по постах забору води річки Десна

Рік/ Пост	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2012	0,00109	0,00109	0,00098	0,00114	0,00099	0,00109
2013	0,00114	0,00131	0,00092	0,00103	0,00101	0,00109
2014	0,00158	0,00134	0,0012	0,00125	0,00105	0,00087
2015	0,00125	0,00127	0,00125	0,0012	0,0010	0,0012
2016	0,00114	0,00098	0,00071	0,00082	0,00087	0,00109
2017	0,0012	0,00125	0,00114	0,00103	0,00094	0,00092
2018	0,00131	0,0012	0,0012	0,00109	0,00118	0,00081
2019	0,0012	0,0010	0,00065	0,00065	0,00076	0,00076
2020	0,00092	0,00097	0,00082	0,00103	0,00092	0,00092

Згідно з даними таблиці 3, на посту 1 найнижчий рівень вмісту NO_2^- був у 2020 р., а найвищим у 2014 р. Вміст NO_2^- у 2020 році зменшився на 15 % порівняно з 2012 роком. На посту 2 найнижчий рівень у 2020 р., найвищий – у 2014 р. Вміст NO_2^- у 2020 році зменшився на 10,9% порівняно з

2012 роком. На посту 3 найнижчий рівень у 2019 р., а найвищий у 2015 році. Вміст NO_2^- у 2020 році зменшився на 16,7 % порівняно з 2012 роком. На посту 4 найнижчий рівень вмісту NO_2^- був у 2019 р., а найвищий – у 2015 році. Вміст NO_2^- у 2020 р. зменшився на 9,5 % порівняно з 2012 роком. На посту 5 найнижчий рівень у 2019 р., а найвищий у 2017 році. Вміст NO_2^- у 2020 р. зменшився на 6,7 % порівняно з 2012 роком. На посту 6 найнижчий рівень у 2019 р., а найвищий у 2015 році. Вміст NO_2^- у 2020 р. зменшився на 15 % порівняно з 2012 роком.

Нітроти – досить нестійкі сполуки. Вони виявляються лише під час порівняно свіжого забруднення водного об'єкта [21].

Таблиця 4

Вміст SO_4^{2-} , ммоль/дм³ по постах забору води річки Десна

Рік/ Пост	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2012	0,2616	0,2963	0,3493	0,3345	0,4014	0,4561
2013	0,3889	0,3838	0,4034	0,3953	0,3744	0,4528
2014	0,4077	0,383	0,4012	0,4074	0,3829	0,4967
2015	0,3769	0,385	0,3177	0,3508	0,3185	0,3651
2016	0,3576	0,3533	0,3652	0,3826	0,3616	0,4183
2017	0,3413	0,3412	0,4169	0,4322	0,4155	1,1204
2018	0,4183	0,3503	0,2992	0,3012	0,3613	0,3677
2019	0,3589	0,3639	0,4189	0,431	0,3811	0,392
2020	0,3698	0,3324	0,3102	0,3348	0,3984	0,3952

Згідно з даними таблиці 4, на посту 1 найнижчий рівень вмісту SO_4^{2-} був у 2012 р., а найвищим у 2018 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020 р. збільшився на 41,4 % порівняно з 2012 роком. На посту 2 найнижчий рівень у 2012 р., найвищий – 2015 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020 р. збільшився на 12,2 % порівняно з 2012 роком. На посту 3 найнижчий рівень у 2018 р., а найвищий у 2019 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020 р. зменшився на 11,2 % порівняно з 2012 роком. На посту 4 найнижчий рівень вмісту SO_4^{2-} був у 2017 р., а найвищий – у 2017 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020 р. збільшився на 0,12 % порівняно з 2012 роком. На посту 5 найнижчий рівень вмісту SO_4^{2-} був у 2015 р., а найвищий – у 2017 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020 році зменшився на 0,74 % порівняно з 2012 роком. На посту 6 найнижчий рівень вмісту SO_4^{2-} був у 2015 р., а найвищий – у 2017 році. Вміст SO_4^{2-} у 2020

році зменшився на 13,4 % порівняно з 2012 роком.

Таблиця 5

Вміст PO_4^{3-} , ммоль/дм³ по постах забору води річки Десна

Рік/ Пост	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2012	0,00574	0,0047	0,00472	0,00527	0,0046	0,00614
2013	0,00524	0,00425	0,00353	0,00387	0,00479	0,00448
2014	0,00356	0,0033	0,00203	0,0019	0,00328	0,00295
2015	0,00527	0,00459	0,00306	0,00263	0,00407	0,00356
2016	0,00493	0,00376	0,00313	0,00356	0,00429	0,00456
2017	0,00422	0,00414	0,00361	0,00342	0,00411	0,00406
2018	0,00643	0,00489	0,00371	0,00437	0,00609	0,00545
2019	0,0044	0,00372	0,00364	0,00435	0,0047	0,00537
2020	0,00519	0,00427	0,0044	0,00432	0,0053	0,00545

Згідно з даними таблиці 5, на посту 1 найнижчий рівень вмісту PO_4^{3-} був у 2014 р., а найвищий у 2018 році. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. зменшився на 9,6 % порівняно з 2012 роком. На посту 2 найнижчий рівень у 2013 р., найвищий – 2018 р. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. зменшився на 9,1 % порівняно з 2012 роком. На посту 3 найнижчий рівень у 2014 р., а найвищий у 2018 році. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. зменшився на 6,7 % порівняно з 2012 роком. На посту 4 найнижчий рівень вмісту PO_4^{3-} був у 2014 р., а найвищий – у 2012 році. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. зменшився на 18 % порівняно з 2012 роком. На посту 5 найнижчий рівень вмісту PO_4^{3-} був у 2013 р., а найвищий – у 2018 році. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. збільшився на 15,1 % порівняно з 2012 роком. На посту 6 найнижчий рівень вмісту PO_4^{3-} був у 2014 р., а найвищий – у 2012 році. Вміст PO_4^{3-} у 2020 р. зменшився на 11,2 % порівняно з 2012 роком.

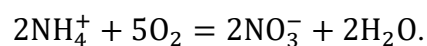
Відповідно до праць [22; 23] кількість населення України постійно зменшується. Це становить одну з причин зменшення вмісту сульфатів та фосфатів (табл. 4 та 5 відповідно) у період з 2012 по 2020 рік на постах спостереження. У Середино-Будському районі кількість населення зменшилась з 17 430 (2012 р.) до 15 561 особи (2020 р.); у Шосткинському районі у 2012 р. було 21 558, а у 2020 р. – 19 420 осіб; у Кролевецькому районі зменшилась з 40 201 (2012 р.) до 36 390 осіб (2020 р.); у Чернігівському районі було 52 978 осіб у 2012 р., а у 2020 р. – 51 152 особи; у Козелецькому районі кількість населення

зменшилась з 49 571 особи у 2012 р. до 42 282 осіб у 2020 р.; у Куликівському районі зменшилась з 18 480 (2012 р.) до 15 730 осіб (2020 р.); у Менському районі у 2012 р. було 38 742, а у 2020 р. – 33 730 осіб; у Борзнянському районі кількість населення з 34 507 (2012 р.) зменшилась до 29 500 осіб (2020 р.); у Сосницькому районі у 2012 р. було 20 265 осіб, у 2020 р. 17 377 осіб; у Коропському районі зменшилась з 25 374 (2012 р.) до 21 620 осіб (2020 р.); у Новгород-Сіверському районі у 2012 р. було 28 837 осіб, у 2020 р. – 12 340 осіб; у Вишгородському районі кількість населення з 72 043 (2012 р.) зростає до 76 347 осіб (2020 р.); у Броварському районі у 2012 р. було 68 591 особа, а у 2020 р. 68 688 осіб.

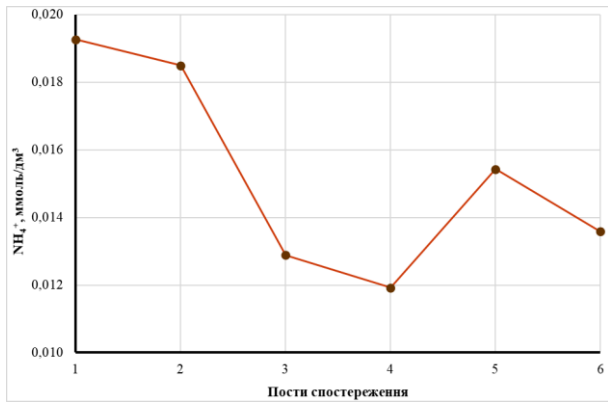
Отже, можна припустити, що зменшується кількість скиду забруднених стічних вод, які містять у своєму складі сульфати та фосфати. Десна має також чималу кількість приток (одна з найбільших – річка Сейм), що додатково розбавляють води і, таким чином, зменшують концентрацію забруднювальних речовин у поверхневих водних об'єктах.

На основі даних таблиць 1–5 побудовано графіки для більш наочного відображення зміни загального вмісту показників і відповідно до сезонів 2020 року для річки Десна.

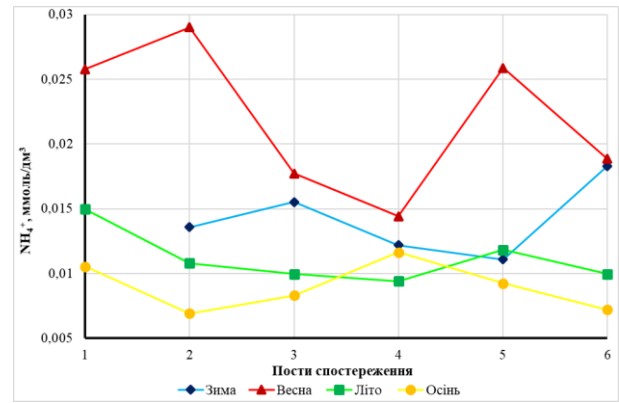
На рисунку 2, а спостерігається постійне зменшення вмісту амонію і незначне збільшення на посту 5. Однією з причин пониження концентрації іонів амонію є його окиснення киснем, який розчинений у воді, до нітрат-іонів, що підтверджує рисунок 3.



На рисунку 2, б підвищений вміст амонію спостерігається навесні, а зниження – влітку та восени. Це відбувається за рахунок сезонних коливань концентрацій іонів амонію, посилюються чи слабшають процеси бактеріального розкладу органічних речовин. В осінньо-зимовий період збільшення вмісту іонів амонію пов'язане із розкладом органічних речовин в умовах слабкої чи повної відсутності його споживання фітопланктоном [21].

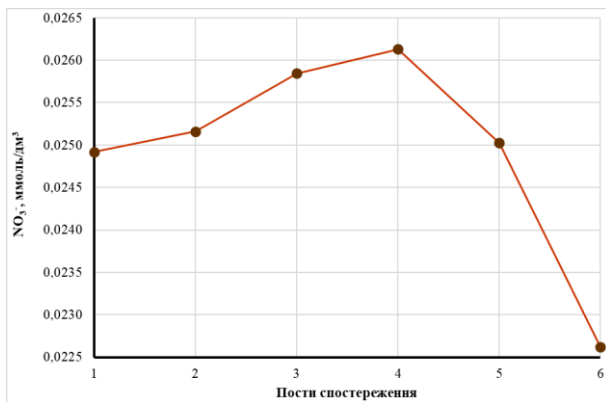


а

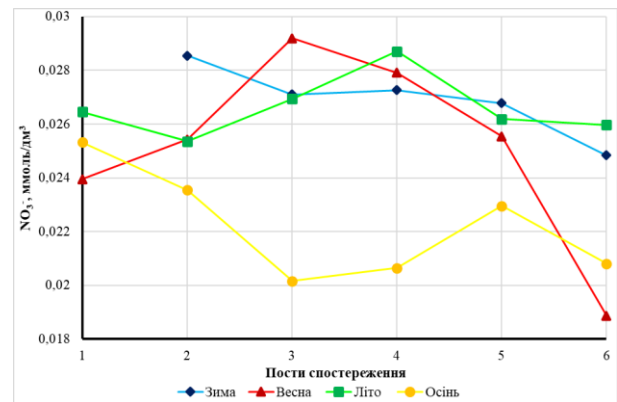


б

Рис. 2. Вміст іонів амонію, ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна: а – загальний; б – відповідно до сезонів



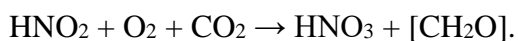
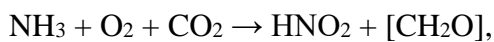
а



б

Рис. 3. Вміст нітрат-іонів, ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна: а – загальний; б – відповідно до сезонів

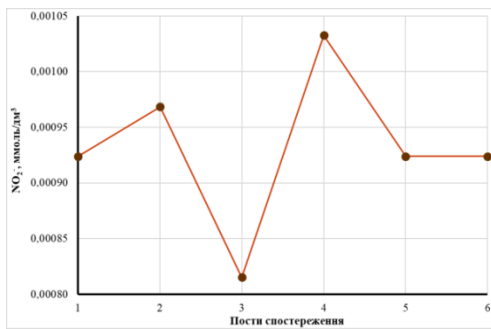
Нітрати можуть потрапляти до поверхневих водних об'єктів разом із стоками з полів, оброблених нітратними добривами. Наприклад, аміачна селітра (NH₄NO₃), кальцієва селітра (Ca(NO₃)₂). Можна зробити припущення, що використання таких добрив зумовлює підвищення вмісту нітратів у воді (рисунок 3, а пости 1–4). Восени (рис. 3, б) відмічається суттєве зменшення вмісту нітрат-іонів. Процес нітрифікації в аеробних умовах перебігає у двох стадіях і здійснюється двома групами бактерій:



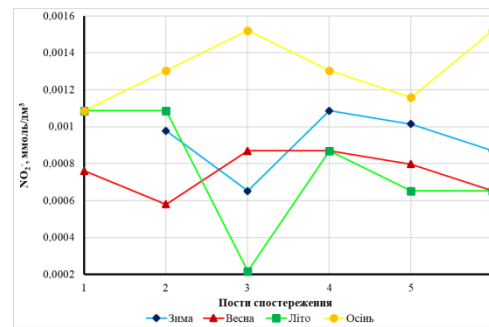
Першу фазу нітрифікації здійснюють хемолітоавтотрофні бактерії (Nitrosomonas),

що окиснюють іони амонію до нітритів, другу фазу нітрифікації здійснюють бактерії роду Nitrobacter, які окиснюють нітрити до нітратів [21].

На рисунку 4, а на посту 3 (с. Спаське Сосницького р-ну) спостерігається суттєве зменшення вмісту нітритів. Затримка окиснення NO₂⁻ до NO₃⁻ під час 2-ї стадії нітрифікації свідчить про забруднення водойми, що, у свою чергу, може бути зумовлене використанням мінеральних добрив у сільському господарстві, наприклад аміачної селітри. Зниження концентрації нітрат- і нітрит-іонів на рисунках 3 та 4 може свідчити про процеси 1- та 2-ї стадії нітрифікації, а також аноксидного окиснення амонію.

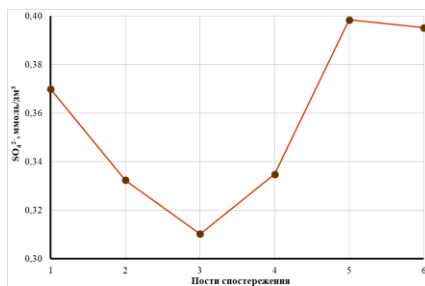


а

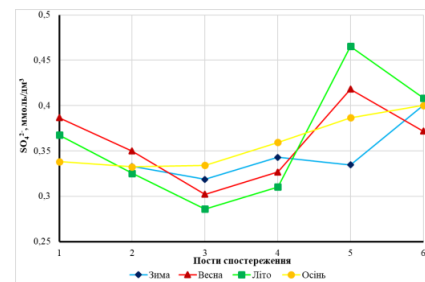


б

Рис. 4. Вміст нітрит-іонів, ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна: а – загальний; б – відповідно до сезонів



а



б

Рис. 5. Вміст сульфат-іонів, ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна: а – загальний; б – відповідно до сезонів

З рисунка 5 видно, що від поста 3 до поста 6 спостерігається постійне збільшення вмісту сульфатів, а від поста 1 до поста 3, навпаки, зменшення. Можемо зробити припущення, що причиною такого явища слугує скидання неочищених чи недостатньо очищених стічних вод з підприємств, розташованих на території Менського, Сосницького, Чернігівського, Козелецького районів. Також суттєве збільшення сульфатів на постах 5 – 6 може бути причиною зростання кількості населення у Вишгородському та Броварському районах. Потрапляння сульфатів у поверхневі водні об'єкти також зумовлене діяльністю житлово-комунального господарства населених пунктів.

З аналізу рисунку 6, а спостерігається збільшення вмісту фосфатів (пункти 4–6), а в пунктах 2–4, навпаки, його зменшення. Наразі в Україні відсутні нормативи для вмісту фосфатів у побутових мийних засобах, проте встановлені нормативи вмісту фосфатів у стічних водах, які

приймаються до систем централізованого водовідведення [24].

Пост спостереження № 5 розташований у м. Чернігів, що є обласним центром із великою кількістю населення, а пост № 6 – у Броварському районі, де згідно з [22; 23] відбувається постійне зростання кількості населення, що у, свою чергу, також викликає до збільшення викидів житлово-комунальних стічних вод, що містять фосфати.

Одне із джерел потрапляння у поверхневі водні об'єкти – це фосфатні добрива, які використовують у сільському господарстві. Наприклад, дигідрофосфат кальцію (Ca(H₂PO₄)₂) – сполука, яка добре засвоюється рослинами на всіх видах ґрунтів.

Отримані результати під час дослідження дають можливість стверджувати, що екологічний стан річки Десна, яка входить до басейну річки Дніпро та є його лівою притокою, погіршується вже сьогодні внаслідок техногенного впливу.

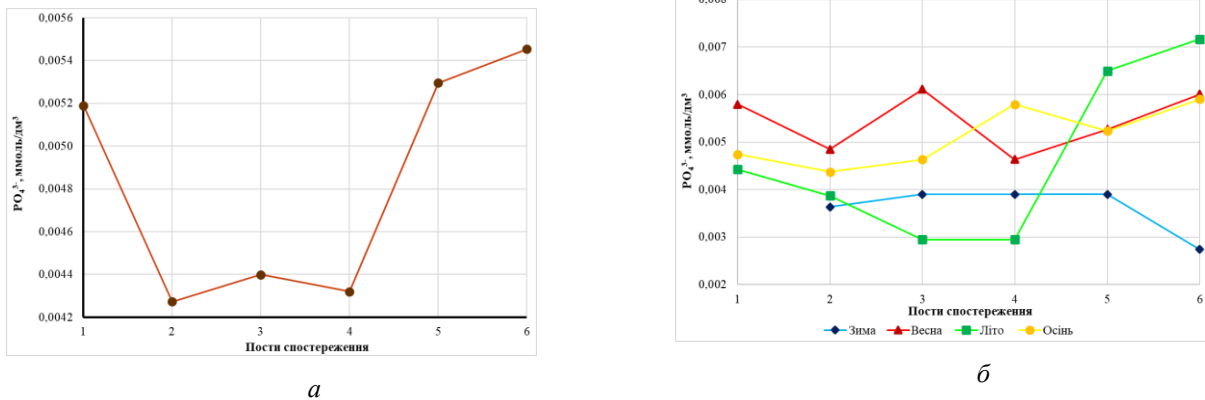


Рис. 6. Вміст фосфат-іонів, ммоль/дм³, по постах забору води річки Десна: а – загальний; б – відповідно до сезонів

Висновки.

Проаналізувавши отримані результати дослідження за період з 2012 по 2020 рік можна помітити тенденцію до погіршення екологічного стану річки Десна в межах України. Причина цього явища – техногенне навантаження на поверхневі водні об'єкти: річку Десна та її притоки.

Визначено нові часово-просторові та сезонні тенденції 2020 року зміни розподілу вмісту основних показників: іонів амонію, нітратів та нітритів, сульфатів, фосфатів, за

течією річки Десна в межах України для можливості застосування отриманих результатів як вихідних даних для втілення басейнового принципу управління водними ресурсами у подальших дослідженнях.

Для річки Десна доцільно встановити додаткові пункти спостереження для більш детального вивчення екологічного стану поверхневого водного об'єкта між постами 2–3, 4–5 та 5–6, оскільки на цих ділянках річка Десна має ліві та праві притоки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ben U. Ngene, Christiana O. Nwafor, Gideon O. Bamigboye, Adebajji S. Ogbiye, Jacob O. Ogundare, Victor E. Akpan. Assessment of Water Resources Development and Exploitation in Nigeria : a Review of Integrated Water Resources Management Approach. *Heliyon*. 2022. № 7 (2022). Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e05955.
2. Jun Liu, Liguang Jiang, Xingxing Zhang, Daniel Druce, Cecile M.M. Kittel, Christian Tøttrup, Peter Bauer-Gottwein. Impacts of Water Resources Management on Land Water Storage in the North China Plain : Insights from Multi-Mission Earth Observations. *Journal of Hydrology*. 2021. № 603. Pp.1–15. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126933.
3. Пономаренко Р. В. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків : НУЦЗУ, 2020. № 6 (2/2019). С. 69–77. DOI: 10.5281/zenodo.3559035.
4. Пономаренко Р. В. Науково-теоретичні основи зниження техногенного навантаження на системи водопостачання регіону з урахуванням основних принципів басейнового управління водними ресурсами : монографія. Харків : Планета-Прінт, 2020. 112 с.
5. Vigiak Olga, Udias Angel, Pistocchi Alberto, Zanni Michela. Probability Maps of Anthropogenic Impacts Affecting Ecological Status in European Rivers. *Ecological Indicators*. Vol. 126, July 2021. DOI:10.1016/j.ecolind.2021.107684.
6. Третьяков О. В., Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В., Бородич П. Ю. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків : НУЦЗУ, 2019. № 1 (29). С. 61–78. DOI:10.5281/zenodo.2602648.
7. Walker D. B., Baumgartner D. J., Gerba C. P., Fitzsimmons K. Environmental and Pollution Science (Third Edition). Chapter 16 – Surface Water Pollution. 2019. Pp. 261–292. DOI:10.1016/b978-0-12-814719-1.00016-1. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/b9780128147191000161>.
8. Karn S., Harada H. Surface Water Pollution in Three Urban Territories of Nepal, India, and Bangladesh. *Environmental Management*. 2001. № 28 (4). Pp. 483–496. DOI:10.1007/s002670010238.
9. Schmitt C. J., Whyte J. J., Brumbaugh W. G., Tillitt D. E. Biochemical Effects of Lead, Zinc, and Cadmium from Mining on Fish in the Tri-States District of Northeastern Oklahoma, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2005. № 24. Pp. 1483–1495.
10. Cailleaud K., Michalec F-G., Forget-leray J., Budzinski H., Hwang J-Sh., Schmitt F. G., Souissi S. Changes in the Swimming Behavior of *Eurytemora Affinis* (Copepoda, Calanoida) in Response to a Sub-Lethal Exposure to Nonylphenols. *Aquatic Toxicology*. 2011. № 102. Pp. 228–231.

11. Berger U., Glynn A., Holmström E. K., Berglund M., Ankarberg H. E., Törnkvist A. Fish Consumption as a Source of Human Exposure to Perfluorinated Alkyl Substances in Sweden – Analysis of Edible Fish from Lake Vättern and the Baltic Sea. *Chemosphere*. 2009. № 76. Pp. 799–804.
12. Gleick P. H. Water Strategies for the Next Administration. *Science*. 2016. № 354 (6312). Pp. 555–556.
13. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2019 : Leaving No One Behind. UNESCO, Paris.
14. Крайнюк О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 3–4. С. 71–77.
15. Пономаренко Р. В. Дослідження зміни якісного стану поверхневого водного об'єкта в умовах техногенного навантаження. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків : НУЦЗУ, 2020. № 8 (2/2020). С. 48–54. DOI: 10.5281/zenodo.4300769.
16. Коткова Т. М., Федючка М. І., Карась І. Ф. Екологічна оцінка питної води Лугинського району Житомирської області на вміст хлоридів, сульфатів та нітратів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 7. С. 83–87.
17. Коваленко С. А., Пономаренко Р. В., Крайнюк О. В., Северинов О. В. Екологічна оцінка якісного складу поверхневого водного об'єкта (на прикладі річки Псел). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. Вип. 25. С. 31–41. DOI:10.26565/1992-4259-2021-24-03.
18. Chansheng He, Carol P. Harden, Yanxu Liu. Comparison of Water Resources Management Between China and the United States. *Geography and Sustainability*. 2020. № 1 (2020). Pp. 98–108. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.04.002.
19. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. Determining the Effect of Anthropogenic Loading on the Environmental State of a Surface Source of Water Supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 3/10 (105). Pp. 52–62. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.206125.
20. Державне агентство водних ресурсів України. Держводагенство офіційний сайт : веб-сайт. URL: <https://www.davr.gov.ua/>
21. Цитлішвілі К. О. Екологія іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу в системах очистки стічних вод : дис. ... доктор філософії : 101/УКРНДІЕП. Харків, 2021. 187 с.
22. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2013 року. Державна служба статистики України. Київ. Офіційний веб-сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
23. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2020 року. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ. Офіційний веб-сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
24. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення. Затв. наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 № 316.

REFERENCES

1. Ben U. Ngene, Christiana O. Nwafor, Gideon O. Bamigboye, Adebajji S. Ogbiye, Jacob O. Ogundare and Victor E. Akpan Assessment of Water Resources Development and Exploitation in Nigeria : a Review of Integrated Water Resources Management Approach. *Heliyon*. 2022, no. 7 (2022), pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e05955.
2. Jun Liu, Liguang Jiang, Xingxing Zhang, Daniel Druce, Cecile M.M. Kittel, Christian Tøttrup and Peter Bauer-Gottwein. Impacts of Water Resources Management on Land Water Storage in the North China Plain : Insights from Multi-Mission Earth Observations. *Journal of Hydrology*. 2021, no. 603, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126933.
3. Ponomarenko R. *Vyznachennya ekolohichnoho stanu holovnoho dzherela vodopostachannya Ukrayiny* [Determination of the Ecological State of the Main Source of Water Supply of Ukraine]. *Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka* [Technogenic and Ecological Safety]. 2019, no. 6 (2/2019), pp. 69–77. DOI: 10.5281/zenodo.3559035. (in Ukrainian).
4. Ponomarenko R.V. *Naukovo-teoretychni osnovy znyzhennia tekhnohennoho navantazhennia na systemy vodopostachannia rehionu z urakhuvanniam osnovnykh pryntsyypiv baseinovoho upravlinnia vodnymy resursamy : monographiya* [Scientific-theoretical foundations of reducing man-made load on water supply systems of the region, taking into account the basic principles of basin management of water resources : monograph]. Kharkiv : Publ. Planet-Print, 2020, 112 p. (in Ukrainian).
5. Vigiak Olga, Udias Angel, Pistocchi Alberto and Zanni Michela. Probability maps of anthropogenic impacts affecting ecological status in European rivers. *Ecological Indicators*. July 2021, vol. 126, pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107684.
6. Tretyakov O., Bezsonnyi V., Ponomarenko R. and Borodich P. *Pidvyshchennya efektyvnosti prohnozuvannya vplyvu tekhnohennoho zabrudnennya na poverkhnevi vodoymy* [Improving the efficiency of forecasting the impact of man-made pollution on surface water bodies]. *Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy* [Problems of Emergencies]. 2019, no. 1 (29), pp. 61–78. DOI:10.5281/zenodo.2602648. (in Ukrainian).
7. Walker D.B., Baumgartner D.J., Gerba C.P. and Fitzsimmons K. *Environmental and Pollution Science (Third Edition)*. Chapter 16 – Surface Water Pollution. 2019, pp. 261–292. DOI:10.1016/b978-0-12-814719-1.00016-1. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128147191000161>.

8. Karn S. and Harada H. Surface Water Pollution in Three Urban Territories of Nepal, India, and Bangladesh. *Environmental Management*. 2001, no. 28 (4), pp. 483–496. DOI:10.1007/s002670010238.
9. Schmitt C.J., Whyte J.J., Brumbaugh W.G. and Tillitt D.E. Biochemical Effects of Lead, Zinc, and Cadmium from Mining on Fish in the Tri-States District of Northeastern Oklahoma, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2005, no. 24, pp. 1483–1495.
10. Cailleaud K., Michalec F-G., Forget-leray J., Budzinski H., Hwang J-Sh., Schmitt F.G. and Souissi S. Changes in the Swimming Behavior of *Eurytemora Affinis* (Copepoda, Calanoida) in Response to a Sub-Lethal Exposure to Nonylphenols. *Aquatic Toxicology*. 2011, no. 102, pp. 228 – 231.
11. Berger U., Glynn A., Holmström E.K., Berglund M., Ankarberg H.E. and Törnkvist A. Fish Consumption as a Source of Human Exposure to Perfluorinated Alkyl Substances in Sweden – Analysis of Edible Fish from Lake Vättern and the Baltic Sea. *Chemosphere*. 2009, no. 76, pp. 799–804.
12. Gleick P.H. Water Strategies for the Next Administration. *Science*. 2016, no. 354 (6312), pp. 555–556.
13. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2019. The United Nations World Water Development Report 2019 : Leaving No One Behind. UNESCO, Paris.
14. Krainiuk O.M. *Suchasnyi ekolohichni stan vodnykh ob'ektiv baseinu richky Siverskyi Donets* [Current ecological state of water bodies in the basin of the Siverskyi Donets River]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neokolohii* [Man and Environment. Problems of Neocology]. 2015, no. 3–4, pp. 71–77. (in Ukrainian).
15. Ponomarenko R. *Doslidzhennya zminy yakisnoho stanu poverkhnevoho vodnoho ob"yektu v umovakh tekhnogennoho navantazhennya* [Study of Changes in the Quality of the Surface Water Body Under Man-Made Conditions]. *Tekhnogenno-ekolohichna bezpeka* [Technogenic and Ecological Safety]. 2020, no. 8 (2/2020), pp. 48–54. DOI: 10.5281/zenodo.4300769. (in Ukrainian).
16. Kotkova T.N., Fedjuchka N.I. and Karas I.F. *Ekolohichna otsinka pytnoi vody Luhyns'koho rayonu Zhytomyr'skoyi oblasti na vmist khlorydiv, sul'fativ ta nitrativ* [Environmental assessment of drinking water in Luhyn district of Zhytomyr region on chlorides, sulphates and nitrates content]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific Bulletin of UNFU]. 2018, no. 28 (7), pp. 83–87. DOI:10.15421/40280718. (in Ukrainian).
17. Kovalenko S.A., Ponomarenko R.V., Kraynyuk O.V. and Severynov O.V. *Ekolohichna otsinka yakisnoho skladu poverkhnevoho vodnoho ob"yektu (na prykladi richky Psel)* [Environmental assessment of surface water body quality (on the example of the Psel river)]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya "Ekolohiya"* [Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin. Series "Ecology"]. Kharkiv : KhNU named after V.N. Karazin, 2021, iss. 25, pp. 31–41. DOI:10.26565/1992-4259-2021-24-03. (in Ukrainian).
18. Chansheng He, Carol P. Harden and Yanxu Liu, Comparison of Water Resources Management Between China and the United States. *Geography and Sustainability*. 2020, no. 1 (2020), pp. 98–108. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.04.002.
19. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M. and Miakaiev O. Determining the Effect of Anthropogenic Loading on the Environmental State of a Surface Source of Water Supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020, no. 3/10 (105), pp. 52–62. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.206125.
20. *Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy. Derzhvodahenstvo official website* [State Agency of Water Resources of Ukraine. Derzhvodahenstvo official website]. URL: <https://www.davr.gov.ua/> (in Ukrainian).
21. Tsytlivshvili K. *Ekolohiya immobilizovanoho azottransformuyuchoho mikrobiotsenozu v systemakh ochystky stichnykh vod : dys. ... doktor filozofiyi : 101/UKRNDIEP* [Ecology of Immobilized Nitrotransforming Microbiocenosis in the Wastewater Treatment Systems : dis. ... Ph. D. Scientific-Research Institution "Ukrainian Scientific-Research Institute of Ecological Problems"]. Kharkiv, 2021, 187 p. (in Ukrainian).
22. *Chysel'nist' nayavnoho naseleennya Ukrayiny na 1 sichnya 2013 roku. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny* [Number of Existing Population of Ukraine as of January 1, 2013. State Statistics Service of Ukraine]. Kyiv, official website. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (in Ukrainian).
23. *Chysel'nist' nayavnoho naseleennya Ukrayiny na 1 sichnya 2020 roku. Statystychnyy zbirnyk. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny* [Number of Existing Population of Ukraine as of January 1, 2020. Statistical Publication. State Statistics Service of Ukraine]. Kyiv, official website. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (in Ukrainian).
24. *Pravyla pryimannia stichnykh vod do system tseentralizovanoho vodovidvedennia* [Rules for the acceptance of wastewater into centralized drainage systems]. Approval by order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine dated 01.12.2017 no. 316. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 29.06.2022.