

Навантаження біогенними елементами та органічними речовинами річок басейну Дону (суббасейн р. Сіверський Донець)

Ольга Ухань¹

к. геогр. н., зав. лабораторії регіональних гідрохімічних досліджень відділу гідрохімії

¹ Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України,

пр. Науки, 37, Київ, 03028, Україна,

e-mail: ukhan_o@ukr.net,  <https://orcid.org/0000-0002-4856-7175>;

Наталія Осадча¹

д. геогр. н., зав. відділу гідрохімії,

e-mail: nosad@uhmi.org.ua,  <https://orcid.org/0000-0001-6215-3246>

Стаття присвячена визначенню особливостей навантаження біогенними елементами та органічними речовинами річок басейну Дону (суббасейн р. Сіверський Донець). Основну увагу приділено емісії нітрогену, фосфору та органічних речовин, що надходять зі стічними водами комунальних, промислових підприємств та населених пунктів. Джерелом інформації про відведення забруднюючих речовин від комунальних та промислових підприємств був державний реєстр 2ТП-Водгосп. Паралельно навантаження біогенними елементами та органічними речовинами визначали розрахунковим шляхом на підставі коефіцієнтів про надходження забруднюючих речовин від 1 людини, чисельності населення та ступеня утилізації забруднюючих речовин очисними спорудами. Аналіз міських поселень показав, що всього у населених пунктах (з градацією >100000 чол.) досліджуваної території басейну проживає 48% населення, з них 22% проживає у м. Харків. Ступінь підключення населених пунктів до мережі каналізаційних систем варіює в межах 40-70%, метод очистки стічних вод – переважно біологічний. Показано, що основне навантаження біогенними елементами та органічними сполуками (за показниками ХСК та БСК₅) спричиняють міста з еквівалентом населення (ЕН) більше 100 тис. чол. Встановлено, що найбільше забруднення річок органічними речовинами та біогенними елементами від населення підключеного до каналізаційних систем характерне для р. Уди (переважно за рахунок впливу м. Харків). Кількість органічних речовин, які надходять до річок у складі промислових стічних вод також є найбільшою для р. Уди. Показано, що найбільше забруднення річок біогенними елементами спричиняється стічними водами промислових підприємств у межах суббасейну р. Казенний Торець (ПрАТ НКМЗ, м. Краматорськ – найбільший забруднювач) та р. Сіверський Донець (ПАТ Северодонецьке об'єднання "Азот") безпосередньо. Ключову роль у забрудненні органічними та поживними речовинами від населення не підключеного до каналізації відіграють суббасейні річки Велика Кам'янка, Казенний Торець, Уди, Айдар, Лугань, Оскол та р. Сіверський Донець безпосередньо.

Ключові слова: біогенні елементи, органічні речовини, населення, промислові підприємства, точкові джерела.

Як цитувати: Ухань Ольга. Навантаження біогенними елементами та органічними речовинами річок басейну Дону (суббасейн р. Сіверський Донець) / Ольга Ухань, Наталія Осадча // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. – Вип. 59. – С. 320-328. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-24>

In cites: Ukhan Olha, Osadcha Nataliia (2023). Load of nutrients and organic substances of the Don River basin (Severskiy Donets sub-basin). Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (59), 320-328. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-24> [in Ukrainian]

Постановка проблеми. Одним з пріоритетних завдань сучасної стратегії охорони водних ресурсів України є розроблення Плану управління річковим басейном (ПУРБ). Важливим етапом під час його підготовки є аналіз основних антропогенних навантажень та їхніх впливів [8, 9, 12]. Господарська діяльність, що ведеться в межах водозборів річок, є одним з ключових чинників впливу на загальний стан водних екосистем. Рівень такого впливу залежить від багатьох чинників, серед яких вагому роль відіграють кількість забруднюючих речовин та джерела їхнього надходження. Останні поділяються на точкові (стаціонарні) джерела та дифузні (розподілені). До перших належать прямі водовипуски стічних вод населених пунктів та промислових підприємств, до других – вимивання з водозбірної території під час випадіння атмосферних опадів [2, 4].

Водозабезпечення східної частини України

відбувається переважно за рахунок поверхневих та підземних вод річкового басейну Сіверського Дінця, який належить до складних водних об'єктів з різноманітними природними умовами [1, 13]. Водні ресурси р. Сіверський Донець слугують для забезпечення питного та промислового водопостачання, потреб сільського господарства. Річки басейну мають істотне рекреаційне значення [12, 15]. В результаті здійснення господарської діяльності до річкової мережі надходять стічні води підприємств промислового, комунального та сільського господарств, шахтні води, які істотним чином порушують природну рівновагу процесів у водній екосистемі. Із неочищеними чи недостатньо очищеними стічними водами населених пунктів надходить велика кількість органічних речовин, біогенних елементів та мікробів, що створює потенційний ризик для поверхневих вод.

Серед компонентів хімічного складу вод, які

надходять до водних об'єктів від точкових та розподільних джерел, найбільшу увагу привертають органічні речовини та біогенні елементи.

Біогенні елементи належать до ключових поживних речовин, які стимулюють розвиток автотрофних гідробіонтів і забезпечують підтримання у воді первинної продукції та накопичення органічної речовини. Підвищений вміст біогенних елементів є одним із важливих чинників, що зумовлює погіршення екологічного стану поверхневих вод. Зростання їхнього вмісту у воді призводить до неконтрольованого розвитку вищої водної рослинності та водоростей, наслідком чого є небажане порушення балансу організмів у водному об'єкті та зниження якості води [14, 16]. Навантаження вод біогенними елементами зумовлене переважно сполуками нітрогену та фосфору, інші біогенні елементи значної ролі не відіграють

Органічне забруднення поверхневих вод в основному полягає у надходженні продуктів життєдіяльності живих організмів – людей чи тварин, тобто в основному зумовлено міськими агломераціями та сільськогосподарськими фермами. Основна небезпека надходження органічних речовин полягає у використанні великої кількості кисню на її окиснення. В результаті, у забруднених водах виникають умови дефіциту кисню іноді до утворення гіпоксії, що призводить до значимих порушень біологічних угруповань та до загибелі окремих видів [9-11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблематиці забруднення поверхневих вод України біогенними елементами та органічними речовинами присвячено багато робіт видатних науковців. Питання особливостей стоку хімічних елементів у річкових водах України широко висвітлено в роботах українських науковців Закревського Д.В., Пелешенка В.І., Хільчевського В.К. Особливостям формування річкового стоку біогенних елементів присвячено роботи різних років Нахшиної Є.П., Сніжка С.І., Осадчої Н.М. Дослідженням з вивчення антропогенної складової річкового стоку біогенних елементів присвячено роботи [7, 9, 11, 14].

Дослідження впливу точкових та розподільних джерел та особливості навантаження забруднюючими речовинами поверхневих водних об'єктів наведено у роботах [2-3, 5, 18]. Глибоке та комплексне вивчення питання навантаження поверхневих вод від розподілених та точкових джерел в Україні протягом останніх 10 років, на жаль, не проводилося. Стисло оцінку навантаження поверхневих вод біогенними та органічними речовинами безпосередньо басейну р. Сіверський Донець за основними джерелами надходження представлено у [12]. Більш детальні та розширені результати розрахунків навантаження

біогенними елементами, органічними речовинами та небезпечними забруднюючими речовинами було отримано науковцями Українського гідрометеорологічного інституту (УкрГМІ) та співробітниками Державного агентства водних ресурсів України в рамках проекту Координатора проєктів ОБСЄ в Україні для басейнів р. Сіверський Донець та р. Дністер. Результати цих досліджень частково покладено в основу представленої статті.

Одним із вагомих результатів у сфері вивчення надходження поживних речовин до поверхневих водних об'єктів стало розроблення методики оцінки їх навантаження біогенними елементами [6].

Формулювання мети статті. Контроль за вмістом біогенних елементів та органічних речовин у воді є одним із важливих чинників для забезпечення нормального функціонування водних екосистем та підтримання якості вод в цілому. Зважаючи на складність формування хімічного складу та беручи до уваги багатогранність використання вод у господарській діяльності, визначення особливостей навантаження річок басейну Сіверського Дінця біогенними елементами та органічними речовинами визначило мету нашого дослідження.

Матеріали та методи досліджень. Джерелом інформації про відведення забруднюючих речовин від комунальних та промислових підприємств був державний реєстр 2ТП-Водгосп за 2019 р., який містить дані про обсяги відведеної стічної води та окремих речовин у їхньому складі від 59 водокористувачів житлово-комунальної сфери та 122 підприємствах різних галузей промисловості України в межах басейну р. Сіверський Донець. Вказані водокористувачі відводили стічні води до поверхневих вод (саме ці дані було використано у представленій роботі), підземних горизонтів та на рельєф.

Статистичні дані щодо кількості населення та населених пунктів, розподілу за територією басейну було запозичено з банку даних статистики населення України Державної служби статистики України та Інституту демографії та соціальних досліджень імені М.В. Птухи НАН України (http://database.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile_c.asp). Крім цих даних, кількість сільського населення, що проживає в межах субводосборів досліджуваного басейну, встановлювали з відкритого джерела OpenStreetMap (OSM).

Дані про надходження органічних і біогенних речовин від населених пунктів, окрім даних звітності 2ТП-Водгосп, паралельно визначалися розрахунковим шляхом на підставі коефіцієнтів про надходження забруднюючих речовин від 1 людини, чисельності населення та ступеня утилі-

зації забруднюючих речовин очисними спорудами. У разі значних розходжень, перевагу надавали розрахунковим даним. Алгоритм розрахунків надходження поживних речовин від населення підключеного до КОС полягає у послідовності наступних дій:

1. Визначення ступеню підключення населення до КОС.
2. Розрахунок надходження біогенних елементів та органічних речовин для підключеного населення.
3. Заключні розрахунки після утримання очисними спорудами в залежності від методу очищення.

Реєстр про ступінь підключення населення до каналізації в Україні не ведеться. Інформацію про ступінь підключення населення до окремих КОС запозичено з сайту The International Benchmarking Network (https://database.ib-net.org/search_countries).

Для розрахунку органічних речовин скористалися коефіцієнтами їх надходження за рахунок життєдіяльності 1 особи. У Європейських країнах генерація навантаження від населення розраховується за наступними показниками: БСК₅ - 60 г/добу на особу, ХСК - 110 г/добу на особу. Надходження біогенних елементів розраховувалося за коефіцієнтами, скоригованими згідно якості харчування пострадянських країн: для N_{total} - 7,3 г/доба чол, для P_{total} - 2,05 г/доба чол.[17, 19].

У басейні Сіверського Донця 97% загального обсягу стічних вод очищається біологічним методом, лише досить незначна частка – механічним

методом. Для розрахунків утримання поживних речовин каналізаційними системами використовувалися наступні коефіцієнти: БСК₅ - 0,7 ХСК - 0,75, N_{total} - 0,35, P_{total} - 0,2 [20, 21].

Особливості розрахунку надходження біогенних елементів та органічних речовин від сільського населення полягає у визначенні їх надходження після утримання ґрунтами. Нітроген і фосфор, що надійшов у ґрунт зі стічними водами, утримується в ній за рахунок дії різноманітних процесів. В цілому, їх спільна дія оцінюється за величиною коефіцієнта утримання, що становить 0,8 для нітрогену та 0,9 для фосфору. Для органічних речовин значення коефіцієнту є єдиним - 0,7 [17, 19].

Виклад основного матеріалу дослідження. Серед *точкових джерел* розглядали надходження біогенних елементів та органічних речовин у складі комунальних стічних вод населення, підключеного до каналізаційних систем (КОС) та у складі стічних вод промислових підприємств.

Населення, підключене до каналізаційних систем. Аналіз міських поселень показав, що досліджуваний район басейну Сіверського Дінця належить до територій з високим ступенем урбанізації. Всього у населених пунктах, що відносяться до градації >100 тис. осіб, проживає 48% населення, з них 22% проживає у м. Харків. Розподіл за різними типами населених пунктів представлено у таблиці 1, з якої слідує, що у великих містах, до яких віднесли поселення з чисельністю понад 10 тис. осіб, сумарно проживає 4,8 млн. жителів.

Таблиця 1 / Table 1

Розподіл населення у басейні р. Сіверський Донець між різними типами населених пунктів /
Distribution of the population in the Siverskyi Donets River basin among different types of settlements

Тип населеного пункту	Кількість у басейні	Всього проживає, тис. осіб	% від загального населення у басейні
>1 млн. чол	1	1451028	22,5
100 тис. – 1 млн. чол.	8	1643348	25,5
10-100 тис. чол	60	1702058	26,4
2-10 тис. чол	189	849930	13,1
< 2 тис. чол.	2148	797483	12,3

Проаналізовані дані щодо ступеня підключення населення до каналізаційних систем очищення свідчать, що він значно варіює залежно від кількості населення. Для агломерацій понад 100 тис. осіб. він у середньому складає 69%; для міст 10-100 тис. осіб. - 54% і для невеликих міст (до 10 тис. чол.) - 40%. Також слід зауважити, що у басейні Сіверського Донця існує низка міських населених пунктів 2 - 10 тис. (всього 170), у яких

очисні споруди відсутні взагалі, а відведення стічних вод відбувається шляхом накопичення у відстійниках.

За проведеними нами розрахунками загальне навантаження від міського населення підключеного до КОС становить: для органічних речовин - 15169 т/рік за величиною БСК₅ та 21489 т/рік за показником ХСК; для біогенних елементів - 4798 т/рік для нітрогену та 1658 т/рік для фосфору.

Розподіл забруднення біогенними елементами та органічними речовинами за різними категоріями міст представлено на рис. 1.

Як видно з рисунку, основне навантаження спричиняють міста з еквівалентом населення

(ЕН) більше 100 тис. Перелік найбільших міст в басейні Сіверського Донця та кількісне надходження органічних речовин та біогенних елементів (розраховане) безпосередньо від цієї категорії населених пунктів представлено у табл. 2.

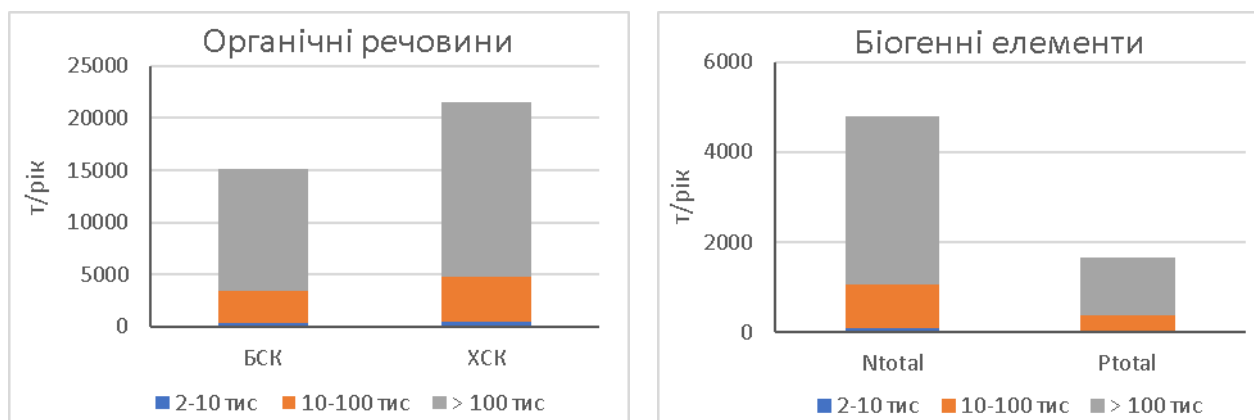


Рис. 1. Навантаження біогенними елементами та органічними речовинами від міських агломерацій різного типу /

Fig. 1. Load of nutrients and organic substances from different types of urban agglomerations

Таблиця 2 / Table 2

Населені пункти в басейні Сіверського Дінця з ЕН>100 тис. осіб /
Settlements in the Siverskyi Donets basin with a population of more than 100ths people

Місто	Населення	Водний об'єкт, до якого надходять стічні води	Тип очищення стічних вод	Загальне навантаження, т/рік			
				БСК ₅	ХСК	N _{total}	P _{total}
Харків	1451028	Тетліга, Попільна, Уди, Рогань, Лопань	біологічне	5521,3	7821,9	1746,6	603,6
Луганськ	425848	Сіверський Донець, Лугань	біологічне	1620,4	2295,5	512,6	177,1
Горлівка	256714	Балка Широка, Балка Залізна, Бахмутка	біологічне	976,8	1383,8	309,0	106,8
Краматорськ	164283	Казенний Торець	біологічне	625,1	885,5	197,7	68,3
Слов'янськ	117445	Сіверський Донець, Казенний Торець	біологічне	446,8	633,1	141,3	48,8
Алчевськ	111360	Сіверський Донець, Лугань	біологічне	423,7	600,3	134,0	46,3
Северодонецьк	109466	Сіверський Донець	біологічне	416,5	590,0	131,7	45,5
Лисичанськ	104314	Сіверський Донець, Біленька	біологічне	396,9	562,3	125,5	43,4
Макіївка	353918	Б. Широка, Казенний Торець	біологічне	1346,7	1907,8	426,0	147,2
ВСЬОГО	3094376			11774,4	16680,5	3724,6	1287,3

За проведеними нами розрахунками, від зазначених великих міст до поверхневих вод Сіверського Дінця надійшло органічних речовин: 11774,4 т за БСК₅ та 16680,5 т за ХСК; біогенних елементів – 3724,6 т загального нітрогену та 1287

т загального фосфору. Найбільше надходження зазначених речовин - до 46% від загальної кількості для цієї категорії міст - відбувається за рахунок м. Харків, а водні масиви річок Уди, Тетліга, Попільна, Рогань та Лопань відчувають, відповідно,

найбільше навантаження серед водних масивів басейну.

Промислові стічні води. Аналіз надходження органічних речовин з промисловими стічними водами, за звітністю 2ТП-Водгосп, показав, що найбільше – до 10 тис. т/рік – їх надходить за даними показника ХСК.

За територіальним розподілом близько 73% загального навантаження органічними речовинами надійшло до річок суббасейну р. Уди, що приймає зворотні (стічні) води промислових підприємств в межах Харківської агломерації, яка за чисельністю населення є другою в Україні. До річок суббасейну р. Казенний Торець та безпосередньо р. Сіверський Донець надійшло відповідно 12% та 11% від загальної емісії органічних речовин. Тобто, 96% органічного забруднення поверхневих вод басейну Сіверського Дінця від промислових підприємств генерується саме у вказаних суббасейнах.

Щодо надходження біогенних елементів з промисловими стічними водами, то слід зауважити, що на даний час реєстр 2ТП-Водгосп містить інформацію лише про відведення неорганічних сполук нітрогену та фосфору. Згідно проаналізованих даних, загальне навантаження поверхневих вод біогенними елементами становить 166,5 т /рік сполук нітрогену та 18 т/рік сполук фосфору (табл. 3). За даними державного обліку водокористування, звітністю за формою 2ТП-Водгосп (річна) найбільшу кількість біогенних елементів відводили промислові підприємства до поверхневих вод суббасейну р. Казенний Торець (ПрАТ НКМЗ, м. Краматорськ, як найбільший забруднювач) та р. Сіверський Донець (ПАТ Сєвєродонецьке об'єднання "Азот") безпосередньо.

Розрахунок відносної частки точкових джерел у загальній емісії сполук нітрогену показав, що найбільший їх вплив спостерігається у суббасейні р. Уди, де роль зазначеного чинника перевищує 55%. Для річок Біленька та Кундрюча надходження стічних вод від міських агломерацій досягає відповідно 39% та 35%; для річок Борова, Кам'янка та Луганка вплив точкових джерел сягає 20%. У інших суббасейнах Сіверського Дінця істотного впливу точкових джерел не виявлено (рис. 2).

Застосування фосфоровмісних миючих засобів для господарсько-побутових потреб призводить до накопичення фосфатів у стічних водах. Діючий нині в Україні мікробіальний спосіб очищення стічних вод дозволяє вилучати лише 20% сполук фосфору, решта надходить у водні об'єкти. У прісних водах фосфор слугує одним із основних чинників розвитку процесу евтрофікації [3]. Відносна роль точкових джерел у формуванні стоку фосфору у межах окремих суббасейнів Сіверського Донця представлена на рис. 3.

Найбільший внесок – від 60 до 70% характерний для 4 суббасейнів Сіверського Донця – річок Айдар, Уди, Казенний Торець та Лугань за рахунок того, що вказані річки є приймачами стічних вод основних міських агломерацій східного регіону України.

Основними джерелами надходження органічних сполук від *дифузних джерел* є домогосподарства, не підключені до каналізаційних мереж. Це, передусім, сільське населення та частина міського, оскільки в Україні є велика кількість міст повністю необлаштованих системами збору та відведення стічних вод. Надалі цю групу населення будемо сумарно характеризувати як сільське.

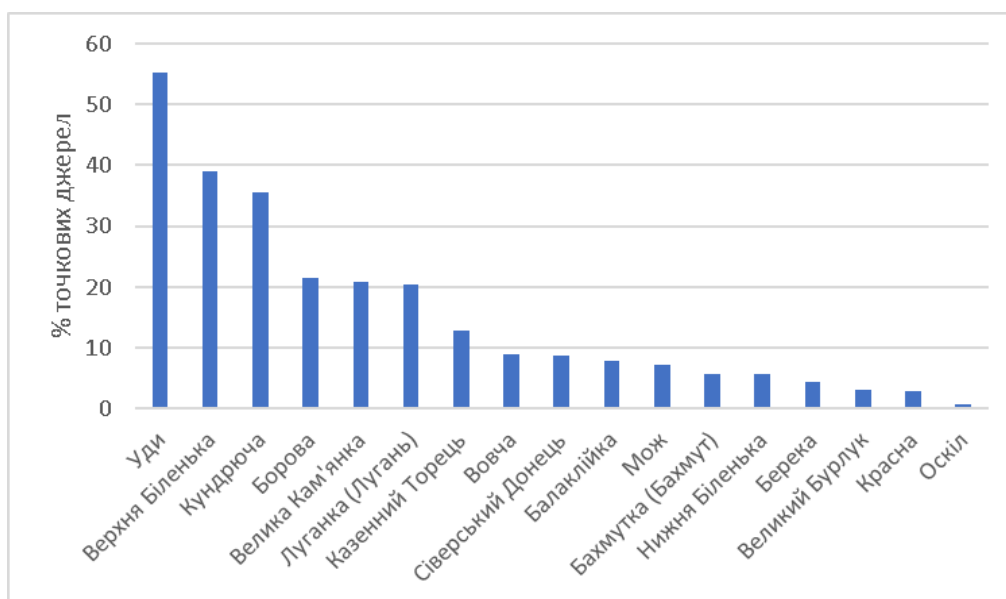


Рис. 2. Частка точкових джерел у формуванні емісії нітрогену у окремих суббасейнах Сіверського Дінця /

Fig. 2. The share of point sources in the formation of nitrogen emissions in the Siverskyi Donets sub-basins

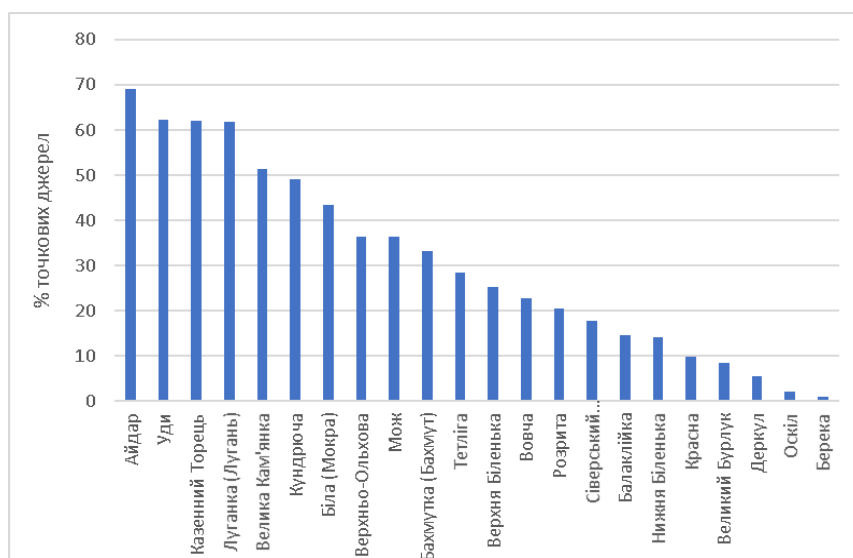


Рис. 3. Частка точкових джерел у формуванні емісії фосфору у окремих суббасейнах Сіверського Дінця
 Fig. 3. The share of point sources in the formation of phosphorus emissions in the Siverskyi Donets sub-basins

Результати розрахунків свідчать, що за рік від домогосподарств невідключених до КОС до басейну р. Сіверський Донець надходить органічних речовин у кількості 27584 т у вимірі БСК₅ та 46893 т за ХСК, що значно перевищує сумарне надходження від точкових джерел. Причиною цього є невисокий рівень підключення населення до очисних споруд. У сільських населених пунктах та невеликих містах стічні води відводяться у відстійники, облаштовані у землі, звідки забруднюючі речовини легко потрапляють у підземні води і транспортуються з ними у річкове русло. Треба зазначити, що мікробіальні та сорбційні процеси у ґрунтовому покриві сприяють утилізації 70% органічних речовин. Разом з тим, значна чисель-

ність населених пунктів не облаштованих системами збору та очищення стічних вод призводить до забруднення поверхневих вод. Обсяги стічних вод, які вивозяться спеціалізованим транспортом, в Україні не обліковуються.

Аналіз отриманих даних свідчить, що ключову роль у забрудненні органічними речовинами басейну р. Сіверський Донець від населення невідключеного до каналізації відіграють наступні 6 суббасейнів: Велика Кам'янка, Казенний Торець, Сіверський Донець, Уди, Айдар (рис. 4) У межах зазначених суббасейнів сукупно формується 59% навантаження органічними речовинами у басейні Сіверського Дінця.

Що стосується емісії біогенних елементів, то

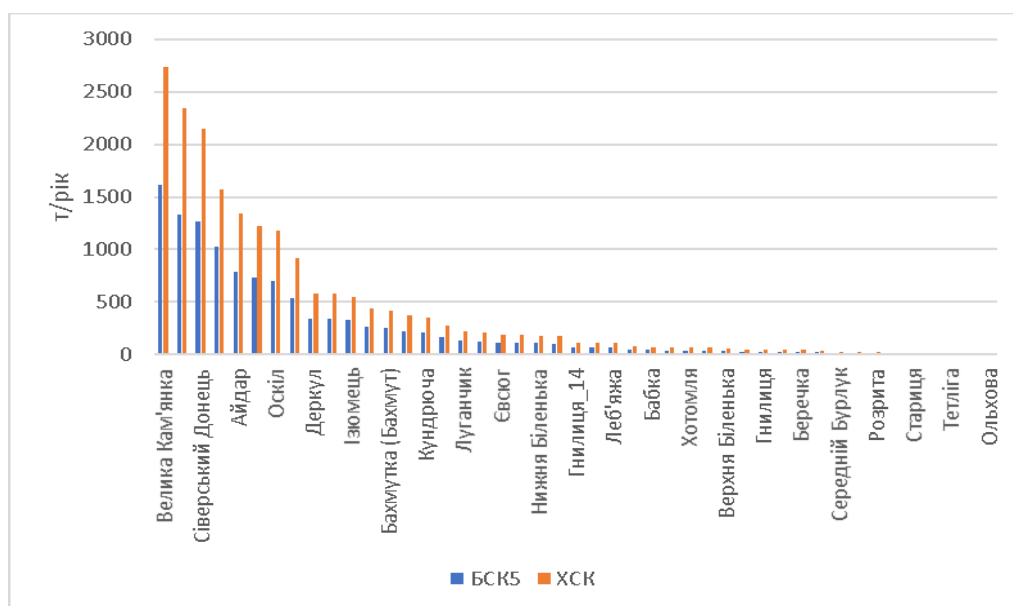


Рис. 4. Просторовий розподіл забруднення поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець органічними речовинами від сільського населення /
 Fig. 4. Spatial distribution of surface water pollution in the Siverskyi Donets River basin by organic matter from the rural populations

відповідно до проведених розрахунків всього за рік від сільського населення у басейні Сіверського Донця надходить 2684 т сполук нітрогену загального та 376 т фосфору загального. Щодо територіального розподілу, то найбільше надходження біогенних елементів характерне для суббасейнів річок Лугань, Казенний Торець, Уди, Айдар, Оскол та р. Сіверський Донець безпосередньо. В межах зазначених суббасейнів формується 79% навантаження сполуками нітрогену та 65% сполуками фосфору.

Висновки. Основне навантаження біогенними елементами та органічними речовинами (за показниками ХСК та БСК₅) спричиняють міста з еквівалентом населення (ЕН) більше 100 тис. осіб. Найбільше забруднення поверхневих вод вказаними сполуками від населення підключеного до КОС характерне для річок суббасейну р. Уди, переважно за рахунок впливу м. Харків.

Кількість органічних речовин, які надходять у складі промислових стічних вод також є найбільшою для суббасейну р. Уди.

Серед промислових підприємств в межах басейну р. Сіверський Донець найбільшу кількість біогенних елементів відводили ПрАТ НКМЗ, м. Краматорськ до річок суббасейну р. Казенний Торець та ПАТ Северодонецьке об'єднання "Азот" до р. Сіверський Донець безпосередньо.

Ключову роль у забрудненні органічними речовинами басейну р. Сіверський Донець від населення невідключеного до каналізації відіграють 5 суббасейнів: Велика Кам'янка, Казенний Торець, Сіверський Донець, Уди, Айдар, у межах яких сукупно формується 59% від загального навантаження ОР. Найбільше надходження сполук нітрогену та фосфору характерне для суббасейнів річок Лугань, Казенний Торець, Уди, Айдар, Оскол та р. Сіверський Донець безпосередньо.

Список використаної літератури

1. Клименко В.Г. Гідрографічна характеристика річок Харківської області: Методичні вказівки [Текст] / В.Г. Клименко, О.В. Локтіонова // Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 48 с.
2. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования [Текст] / С.А. Кондратьев. – СПб: «Наука», 2007. – 253 с.
3. Лузовицька Ю.А. Аналіз чинників формування біогенного складу води р. Десна за допомогою сумарних та різницеєвих інтегральних кривих [Текст] / Ю.А. Лузовицька, Н.М. Осадча, В.А. Артеменко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2017. – Т.1. – Вип. 44. – С. 85–94.
4. Лузовицька Ю. А. Особливості дифузного надходження біогенних речовин у водні екосистеми [Текст] / Ю.А. Лузовицька, Н.М. Осадча // Научный журнал «Геополитика и Экогеодинамика регионов». – Том 10.– Вип. 1. – Симферополь, 2014 г. – С. 157–161
5. Михайлов С.А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели [Текст] / С.А. Михайлов. – СО РАН, ГПНТБ ин-т водных и экологических проблем Барнаул, «День», 2000. – 130 с.
6. Осадча Н.М. Методика оцінки навантаження поверхневих водних об'єктів біогенними елементами [Текст] / Н.М. Осадча, Ю.А. Лузовицька, О.О. Ухань та ін. // Український географічний журнал, 2022. – 4 (120). – С. 37–48. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04>
7. Осадча Н. Доповнення розділу ПУРЕ щодо аналізу антропогенних впливів на якісний стан поверхневих вод від точкових джерел. Оцінка дозволів на спецводокористування [Текст] / Н. Осадча, О. Ухань, Ю. Лузовицька та ін. // Звіт. Підготовлено на замовлення Представництва ЮНІСЕФ в Україні. К., 2021.
8. Осадчий В.І. Теорія та практика досліджень хімічного складу поверхневих вод України в умовах впливу природних та антропогенних чинників [Текст] / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець та ін. // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Монографія. – К.: Ніка-центр, 2019. – С. 3–5. https://uhmi.org.ua/conf/conf_7_2018/tezy_conf_7_2018.pdf
9. Осадчий В.І. Вплив урбанізованих територій на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра [Текст] / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2002. – Вип.250. – С. 242–261. https://uhmi.org.ua/pub/np/250/21_Mostova.pdf
10. Osadchyy V. Processes determining surface water chemistry [Text] / V. Osadchyy, B. Nabyvanets, P. Linnik et al // Springer International Publishing, Switzerland, 2016. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-42159-9>
11. Романенко В.Д. Идентификация и оценка источников загрязнения водных объектов («горячих точек») в бассейне Днепра на территории Украины [Текст] / В.Д. Романенко, С.А., Афанасьев, А.Г. Васенко та ін. / К.: Изд. ПолиграфКонсалтинг, 2003. – 282 с.
12. Сіверський Донець: Водний та екологічний атлас [Текст] / Під ред. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко / Х.: ВД «Райдер», 2006. – 188 с. <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5134>
13. Ухань О.О. Особливості формування хімічного складу та якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець. Автореферат дис. канд. геогр. наук [Текст] / О.О. Ухань. – Київ, 2013. – 22 с.
14. Ухань О.О. Вплив природних та антропогенних факторів на формування режиму біогенних елементів у поверхневих водах басейну Сіверського Дінця [Текст] / О.О. Ухань, В.І. Осадчий // Наук. пр. УкрНДГМІ, 2011. – Вип. 261. – С. 163–178. https://uhmi.org.ua/pub/np/261/Ukhan_Osadchyy_261.pdf

15. Ухань О.О. Оцінка емісії біогенних елементів та органічних речовин у поверхневій воді басейну р. Сіверський Донець від дифузних джерел [Текст] / О.О. Ухань, В.М. Чехній, О.Г. Голубцов // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідрокології. Монографія. – К.: Ніка-центр, 2019. – С. 113–114 https://uhmi.org.ua/conf/conf_7_2018/tezy_conf_7_2018.pdf
16. Хрисанов Н.И. Управление эвтрофированием водоемов [Текст]. Монография / Н.И. Хрисанов, Г.К. Осипов // СПб: Гидрометеоиздат, 1993. – 245 с.
17. Behrendt, H., *Nutrient emissions into river basins of Germany [Text]* / H. Behrendt, P. Huber, M. Kornmilch et al // UBA-Texte 23/00, 2000. – 266 p.
18. Krenzel Fabian. *Challenges for transboundary river management in Eastern Europe—Three case studies [Text]* / Krenzel F., Karthe D., Reeh T., Bernhofer C. // Die Erde, 2018. – 149(2–3). – P. 157–172.
19. Pilegaard K. *Factors controlling regional differences in forest soil emission of nitrogen oxides (NO and N₂O)* / K. Pilegaard, U. Skiba, P. Ambus, C. Beier et al // Biogeosciences, 2006. – 3. – P. 651–661.
20. Pöthig, R. *A universal method to assess the potential of phosphorus loss from soil to aquatic ecosystems* / R. Pöthig, H. Behrendt, D. Opitz, G. Furrer // Environmental Science and Pollution Research, 2010. – 17(2). – P. 497–504.
21. Venohr, M., *Modellierung von Einträgen, Retention und Frachten in Flusssystemen mit MONERIS* / M. Venohr, H. Behrendt, J. Hirt, D. Hofmann et al. // Teil III, 2008. – Nährstoffe – Modellergebnisse – Schriftenreihe SWW. – 128. – P. 87–98.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Load of nutrients and organic substances of the Don River basin (Severskiy Donets sub-basin)

*Olha Ukhan*¹

PhD (Geography), Head of the Regional Hydrochemical Researches Laboratory,
Hydrochemistry Department,

¹ Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine
and the National Academy of Sciences of Ukraine,
37 Nauki Av., Kyiv, 03028, Ukraine;

*Nataliia Osadcha*¹

DSc (Geography), Head of the Hydrochemistry Department

Formulation of the problem. The main danger of organic substances is the use of large amounts of oxygen for its oxidation. As a result, there are conditions of oxygen deficiency in polluted water sometimes to the formation of hypoxia. It leads to significant violations of biological groups and the death of certain species. The increase of nutrients leads to the uncontrolled development of higher aquatic plants and algae. It caused to undesirable imbalance of organisms in the water body and to decrease in water quality. So, control over the content of nutrients and organic substances in water is one of the important factors to ensure the proper functioning of aquatic ecosystems and maintain water quality.

The Severskiy Donets river basin is a quite difficult water object with a variety of natural conditions. Water resources of the Severskiy Donets River serve to provide drinking and industrial water supply, agricultural needs and recreation function.

Aim of the research is to determine the peculiarities of loading rivers of the Severskiy Donets basin with nutrients and organic substances.

Methods. For the purpose of research, the state register 2TP-Vodhosp was used. It contains information about removal of pollutants from utilities and industrial enterprises. Statistical data about the number of population and settlements, distribution by the territory of the basin were borrowed from the database of the State Statistics Service of Ukraine and the Institute of Demography and Social Research.

Scientific novelty of the work is that for the first time the loading of nutrients and organic substances for all first-order tributaries in the Severskiy Donets basin was calculated.

Practical value. Analys of the main anthropogenic loads in the Severskiy Donets river basin and their impacts can be used for composition of the River Basin Management Plan as an important component. It may serve as a basis for the development of measures for surface water bodies and the river basin as a whole in order to achieve defined environmental goals.

Results. The main load of nutrients and organic compounds is caused by cities with a population equivalent (PE) more than 100 thousand people.

The rivers of the Uda sub-basin are the most polluted by these compounds (as a part of municipal sewage) mainly due to the influence of Kharkiv city. The amount of organic matter that enters with the industrial wastewater is also the largest for the Uda sub-basin. Among the industrial enterprises within the Severskiy Donets basin, the largest number of nutrients was diverted by PJSC NKMZ in Kramatorsk city to the rivers of the Kazenny Torets sub-basin and PJSC Severodonetsk Association "Azot" directly to the Severskiy Donets River. The main role in organic pollution from the rural

population is played by 5 sub-basins: Velyka Kamyanka, Kazenny Torets, Severskyi Donets, Udy, Aidar. In general, they form 59% of the total organic substances load. The largest inflow of nitrogen and phosphorus compounds is observed to the sub-basins of the rivers Luhan, Kazennyi Torets, Udy, Aidar, Oskol and the Severskyi Donets.

Keywords: *nutrients, organic substances, population, industrial enterprises, point sources.*

References

1. Klimenko V.G., Loktionova O.V. (2011). *Hydrographic characteristics of the Kharkiv region rivers: Methodical instructions*. Kharkiv, 48. [in Ukrainian].
2. Kondratiev S.A. (2007). *Formation of external load on reservoirs: problems of modeling*. S-Pb, 253.
3. Luzovitska Y.A., Osadcha N.M., Artemenko V.A. (2017). *Analysis of factors of formation of nutrient composition of Desna river water by means of total and difference integral curves*. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. Kyiv, 44, 85-94. [in Ukrainian].
4. Luzovitska Y.A., Osadcha N.M. (2014). *Peculiarities of diffuse inflow of nutrients into aquatic ecosystems*. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions. Sympheropol*, 10 (1), 157-161. [in Ukrainian].
5. Mikhailov S.A. (2000). *Diffuse pollution of aquatic ecosystems. Evaluation methods and mathematical models*. Bar-naul, 130.
6. Osadcha N.M., Luzovitska Y.A., Ukhan O.O., Biletska S.V., Osipov V.V., Bonchkovskiy A.S., Nabyvanets Y.B., Osadchy V.I. (2022) *Methodology for assessing the load of surface water bodies with nutrients*. *Ukrainian Geographical Journal*, 2022. 4 (120). C.37-48. <https://doi.org/10.15407/ugz2022.04>
7. Osadcha N, Ukhan O, Luzovitska Y, Osypov V, Klebanov D, Nabyvanets Y. (2021). *Addition to the RBMP section on the analysis of anthropogenic impacts on the quality of surface water from point sources. Assessment of permits for special water use. Prepared to order by the UNICEF Representative Office in Ukraine*. K, 2021.
8. Osadchy V.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Y.B et (2019). *Theory and practice of research of chemical composition of surface waters of Ukraine in the conditions of influence of natural and anthropogenic factors*. Monograph. Kyiv, 3-5. https://uhmi.org.ua/conf/conf_7_2018/tezy_conf_7_2018.pdf [in Ukrainian].
9. Osadchy V.I., Osadcha N.M., Mostova N.M. (2002). *Influence of urbanized territories on the formation of the chemical composition of surface waters of the Dnipro basin*. *Science works of UHMI*. Kyiv, 250, 242-261. https://uhmi.org.ua/pub/np/250/21_Mostova.pdf [in Ukrainian].
10. Osadchy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. (2016). *Processes determining surface water chemistry*. Switzerland. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-42159-9>
11. Romanenko V.D., Afanasyev S.A., Vasenko A.G., Osadchy V.I., Andreichenko Y.I., Nabivanets Yu.B. (2003). *Identification and assessment of sources of pollution of water bodies ("hot spots") in the Dnipro basin in Ukraine*. Kyiv, 282.
12. *Seversky Donets: Water and Environmental Atlas* (2006). Gritsenko A.V., Vasenko O.G. (ed). Kharkiv, 188. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5134> [in Ukrainian].
13. Ukhan O.O. (2013). *Features of formation of chemical composition and quality of surface waters of the Seversky Donets basin*. Candidate's thesis. Kyiv, 22. [in Ukrainian].
14. Ukhan O.O., Osadchy V.I. (2011). *Influence of natural and anthropogenic factors on the formation of the regime of nutrients in the surface waters of the Seversky Donets basin*. *Science works of UHMI*. Kyiv, 261, 163–178. https://uhmi.org.ua/pub/np/261/Ukhan_Osadchy_261.pdf [in Ukrainian].
15. Ukhan O.O., Chekhniy V.M., Golubtsov O.G. (2019). *Estimation of emission of nutrients and organic substances into surface waters of the Seversky Donets basin from diffuse sources*. Kyiv, 113-114. https://uhmi.org.ua/conf/conf_7_2018/tezy_conf_7_2018.pdf [in Ukrainian].
16. Hrisanov N.I., Osipov G.K. (1993). *Management of eutrophication of reservoirs*. Saint-Petersburg, 245.
17. Behrendt, H., P. Huber, M. Kornmilch, D. Opitz, O. Schmoll, G. Scholz and R. Uebe (2000). *Nutrient emissions into river basins of Germany*. 266.
18. Krenzel Fabian, D Karthe, T Reeh, C Bernhofer et al. (2018). *Challenges for transboundary river management in Eastern Europe-Three case studies*. *Die Erde*, 2018. 149(2-3), 157-172.
19. Pilegaard K., U. Skiba, P. Ambus, C. Beier, N. et al. (2006). *Factors controlling regional differences in forest soil emission of nitrogen oxides (NO and N₂O)*. *Biogeosciences*, 3, 651-661.
20. Pöthig, R., Behrendt, H., Opitz, D., Furrer, G. A (2010) *Universal method to assess the potential of phosphorus loss from soil to aquatic ecosystems*. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(2), 497-504.
21. Venohr, M., H. Behrendt, U. Hirt, J. Hofmann, D. Et al. (2008). *Modellierung von Einträgen, Retention und Frachten in Flusssystemen mit MONERIS III Nährstoffe – Modellergebnisse*. – *Schriftenreihe SWW*, 128, 87–98.

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Received 12 July 2023
Accepted 21 August 2023