

УДК 628.336.5

## НОРМУВАННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ СКИДІВ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЗІ СТИЧНИМИ ВОДАМИ В УКРАЇНІ

Шаманський С.Й., Бойченко С.В.

Національний авіаційний університет  
просп. Космонавта Комарова, 1, 03680, м. Київ  
shamanskiy\_s\_i@ukr.net,  
chemmotology@ukr.net

Проаналізовано вимоги діючої нормативної бази України щодо нормування скидів біогенних елементів у відкриті водойми зі стічними водами та порівняно з вимогами нормативної бази країн ЄС. Показано її недоліки, пов'язані з неузгодженістю вимог різних нормативних документів, а також із відсутністю деяких доцільних вимог. Розроблено рекомендації щодо гармонізації нормативної бази України та країн ЄС. *Ключові слова:* нормативна база, біогенні елементи, стічні води, евтрофікація.

**Нормирование предельно допустимых сбросов биогенных элементов в водные объекты со сточными водами в Украине.** Шаманский С.И., Бойченко С.В. Проанализированы требования действующей нормативной базы Украины относительно нормирования сбросов биогенных элементов в открытые водоемы со сточными водами и по сравнению с требованиями нормативной базы стран ЕС. Показаны ее недостатки, связанные с несогласованностью требований различных нормативных документов, а также с отсутствием некоторых целесообразных требований. Разработаны рекомендации по гармонизации нормативной базы Украины и стран ЕС. *Ключевые слова:* нормативная база, биогенные элементы, сточные воды, эвтрофикация.

**Standardization of maximum permissible discharges of biogenic elements into water bodies with wastewater in Ukraine.** Shamanskiy S., Boichenko S. The article analyzes the requirements of the current standards of Ukraine regarding standardization of discharges of biogenic elements in open water bodies along with wastewater and compares them with the requirements of the EU countries' standards. It shows disadvantages of Ukrainian standards, related to inconsistency of the requirements of different documents, as well as the lack of some reasonable requirements. Recommendations on harmonization of standards of Ukraine and EU countries are developed in the article. *Key words:* standards, biogenic elements, wastewater, eutrophication.

**Постановка проблеми.** Біогенні елементи (БЕ), головними з яких у комунальних стічних водах (СВ) є сполуки фосфору та азоту, потрапляючи у водойми, призводять до їх евтрофікації. Ці елементи пришвидшують розвиток фітопланктону на поверхні води, в результаті чого знижується її проникність для світла та кисню. Нестача світла призводить до пригнічення та загибелі глибинних рослин. Нестача кисню призводить до загибелі інших водних організмів, а також до відновлення у воді з оксидів: заліза, сірководню, амонійного азоту, марганцю тощо. Евтрофікація не тільки призводить до загибелі риби в рибогосподарських водоймах та непридатності для водного туризму рекреаційних водойм – вона також є причиною здрожжання питної водопровідної води через збільшення затрат на реагенти, якщо водойм є поверхневим джерелом питного водопостачання. Очищення СВ від БЕ є *актуальним завданням*. Для забезпечення достатньої ефективності виділення БЕ зі СВ важливою проблемою, що потребує вирішення, є створення системи чіткого і однозначного нормування гранично допустимих скидів цих елементів у водні об'єкти із СВ.

**Аналіз попередніх досліджень.** Наслідки забруднення водойму БЕ описуються в регулярних наці-

ональних доповідях про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні, а також у регулярних національних та регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища в Україні та в регіонах [17; 18; 23]. У країні проводяться багато досліджень, пов'язаних із вивченням стану поверхневих водойм, концентрацією БЕ в їх водах, динамікою їх зміни в часі та просторі тощо [1; 16; 25; 29; 30]. При цьому робляться висновки про існуючу тенденцію до поступового зростання вмісту БЕ в поверхневих водах. Це підвищує небезпеку розвитку процесів евтрофікації, які, у свою чергу, призводять до масового розвитку синьо-зелених водоростей, що продукують небезпечні для навколишнього середовища ціанотоксини. Багато досліджень також проводиться стосовно негативних впливів ціаноксинів на здоров'я людини [10; 35; 36; 38] та на інші живі організми [41; 42; 43]. Не дивлячись на те, що вони не розвиваються в організмі людини, їх останнім часом відносять до патогенних елементів через схожі уражаючі наслідки [10]. Оскільки суттєві кількості цих елементів надходять у водойми зі скидними СВ, значна кількість досліджень присвячується також процесам очищення СВ від сполук азоту та фосфору та підвищенню їх ефективності

[11; 31; 32; 34]. Проте нормативній базі України стосовно обмежень на скиди БЕ в поверхневій воді із СВ приділяється недостатньо уваги. Аналіз такої нормативної бази України щодо поводження з БЕ у СВ під час їх очищення та скидання у відкриті водойми проводився в деяких роботах [13; 14; 26; 33]. Родиться висновок про її недостатність та необхідність удосконалення. У зв'язку з постійним оновленням нормативної бази, зокрема прийняттям Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [10], є необхідність більш глибокого аналізу нормативної бази України, порівняння її з нормативною базою ЄС та вироблення рекомендацій щодо її гармонізації.

**Метою роботи** є дослідження основних існуючих нормативних документів, що діють в Україні та країнах ЄС, щодо очищення СВ від БЕ та напрацювання рекомендацій щодо вдосконалення діючої в Україні нормативної бази із цього питання.

**Виклад основного матеріалу. Дослідження нормативної бази України.** В Європейському Союзі влаштування систем комунального водовідведення, а також вимоги до очищення та скидання СВ регламентується Директивою Ради 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 року [37]. Відповідно до цієї директиви держави-члени повинні забезпечувати всі агломерації (території, на яких концентрація населення та/або економічної діяльності є достатньою для каналізації СВ і переправляння їх до підприємства з очищення, або місця їх остаточного скиду) системами каналізації комунальних СВ:

1) з 31 грудня 2000 року – агломерації, популяційний еквівалент (ПЕ) (навантаження органічними речовинами, що підлягають біологічному розкладенню з п'ятиденним біохімічним споживанням кисню в розмірі 60 г/добу) яких дорівнює або перевищує 15 000 осіб;

2) з 31 грудня 2000 року – також ті агломерації, ПЕ яких складає від 2 000 осіб до 15 000 осіб.

При цьому держави-члени забезпечують вторинну, або еквівалентну їй очистку СВ із додержанням вимог щодо їх якості після очищення:

1) з 31 грудня 2000 року – всіх СВ агломерації, ПЕ яких дорівнює або перевищує 15 000 осіб;

2) з 31 грудня 2005 року – всіх СВ агломерації, ПЕ яких складає від 10 000 осіб до 15 000 осіб;

3) з 31 грудня 2005 року – СВ, що скидаються в прісноводні водойми та естуарії, для агломерацій, ПЕ яких складає від 2 000 осіб до 10 000 осіб.

За вимогами цієї директиви вторинне, або еквівалентне йому очищення має забезпечувати таку якість очищених СВ перед скиданням у водойм:

Загальні показники:

1) біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) – 25 мг/дм<sup>3</sup>, при цьому мінімальний відсоток зниження БСК<sub>5</sub> протягом очищення на каналізаційних очисних спорудах (КОС) має бути 70 ... 90%;

2) хімічне споживання кисню (ХСК) – 125 мг/дм<sup>3</sup>, мінімальний відсоток зменшення ХСК – 75%;

3) загальна кількість завислих речовин: для агломерацій із ПЕ від 2 000 осіб до 10 000 осіб – 60 мг/дм<sup>3</sup>; для агломерацій із ПЕ понад 10 000 – 35 мг/дм<sup>3</sup>. Мінімальний відсоток зменшення завислих речовин для всіх агломерацій – 90%.

Биогенні елементи:

1) загальний фосфор: для агломерацій із ПЕ від 10 000 осіб до 100 000 осіб – 2 мг/дм<sup>3</sup>; для агломерацій із ПЕ понад 100 000 осіб – 1 мг/дм<sup>3</sup>. Мінімальний відсоток зменшення вмісту фосфору для всіх агломерацій – 80% (під терміном «загальний фосфор» розуміють кількість елементарного фосфору, що міститься в усіх присутніх фосфатах у розчинній і нерозчинній формах, їх органічні і неорганічні сполуки);

2) загальний азот: для агломерацій з ПЕ від 10 000 осіб до 100 000 осіб – 15 мг/дм<sup>3</sup>; для агломерацій з ПЕ понад 100 000 осіб – 10 мг/дм<sup>3</sup>. Мінімальний відсоток зменшення вмісту азоту для всіх агломерацій – 70 ... 80% (під терміном «загальний азот» також розуміють кількість азоту, що міститься в усіх присутніх азотних органічних і неорганічних сполуках).

В Україні на законодавчому рівні влаштування систем водовідведення регламентується двома законами. Перший – це Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [8], який було прийнято у 2002 році. Він не визначав розміри населених пунктів чи агломерацій, для котрих обов'язковим є влаштування централізованих систем водовідведення з очищенням СВ перед скиданням. Цей закон приділяв основну увагу саме системам та джерелам питного водопостачання і майже не приділяв уваги системам водовідведення. Під поняттям «джерело питного водопостачання» розуміють водний об'єкт, вода якого використовується для питного водопостачання після відповідної обробки або без неї. Відповідно до статті 29 Закону для оцінки екологічного стану джерел питного водопостачання повинні встановлюватися екологічні нормативи якості їх води. Вони мають містити науково обґрунтовані допустимі значення забруднюючих речовин (ЗР) і показники якості води. Самі нормативи якості визначаються іншим документом, прийнятим пізніше. Це ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [5]. У ньому даються допустимі показники безпечності та якості води за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними показниками (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні), а також радіаційними показниками. Граничні значення показників даються в документі для трьох видів вод: питної водопровідної; питної фасованої та з буюетів; питної з колодязів, каптажів та інших джерел.

Для останніх визначається лише невелика частина показників. Серед них встановлюються гра-

ничні концентрації нітратів по  $\text{NO}_3$  – до  $50 \text{ мг/дм}^3$ , нітритів – до  $3,3 \text{ мг/дм}^3$  та амонію – до  $2,6 \text{ мг/дм}^3$ . При цьому концентрація натрію, фосфору та фосфатів не встановлюється.

Тільки у 2017 році було прийнято Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду та питне водопостачання» [6], яким згаданий закон було переіменовано в Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення». Відповідно до назви зміни стосуються майже всіх статей закону, де з'являються вимоги стосовно організації водовідведення. Зокрема, стаття 13-1 Закону зі змінами встановлює вимогу, згідно з якою в усіх населених пунктах, ПЕ яких становить 2000 осіб і більше, влаштування системи централізованого водовідведення є обов'язковим. Також обов'язковою стає умова, відповідно до якої скидання СВ у водні об'єкти допускається тільки у випадку дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій забруднень у СВ, а також дотримання нормативів гранично допустимого скидання ЗР. Це, у свою чергу, робить обов'язковим на законодавчому рівні влаштування споруд очищення СВ із доведенням їх якості до нормативних показників.

Для КОС повного біологічного очищення (БО) вимоги до якості очищених СВ за загальними показниками регламентуються постановою КМУ від 25.03.1999 р. № 465, якою затверджено «Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами» [19]. Ці показники є більш жорсткими, ніж в ЄС. Їх порівняльна характеристика наведена в таблиці 1.

Вміст інших забруднень в очищених СВ, зокрема БЕ, на загальнодержавному рівні на теперішній час не нормується. У Постанові зазначається, що скидання зворотних вод у водні об'єкти допускається лише за умови отримання дозволу на спеціальне водокористування, порядок видачі якого, відповідно до Водного кодексу України, встановлюється Кабінетом Міністрів України. У зв'язку із цим нормування ГДК інших ЗР у СВ здійснюється органами, уповноваженими видавати дозволи на спеціальне водокористування.

Розрахунки ГДК та гранично допустимих скидів базуються на ГДК забруднень у водоймах. При цьому використовується принцип, відповідно до якого скидання СВ не повинно призводити до перевищення у водоймі гранично допустимих концентрацій

Таблиця 1

Порівняльна характеристика нормативних вимог до якості очищених СВ за загальними показниками

№ з/п	Показник	Нормативне значення, $\text{мг/дм}^3$	
		Україна	Країни ЄС
1	Біохімічне споживання кисню (БСК <sub>5</sub> )	< 15	< 25
2	Хімічне споживання кисню (ХСК)	< 80	< 125
3	Загальна кількість завислих речовин	< 15	60 ...90

Таблиця 2

ГДК БЕ у водоймах різного призначення за СанПіН 4630-88

№ з/п	Показник	Нормативне значення для водойм різного призначення, $\text{мг/дм}^3$	
		Господарсько-питного та рекреаційного	Рибогосподарського
1	Азот амонійний (N)	2,0	0,39
2	Азот амонійний ( $\text{NH}_4$ )	0,5	0,5
3	Азот нітритний (N)	1,0	0,02
4	Азот нітритний ( $\text{NO}_2$ )	3,3	0,08
5	Азот нітратний (N)	10,15	9,1
6	Азот нітратний ( $\text{NO}_3$ )	45,0	40,0
7	Фосфати (P)	1,14	0,2
8	Фосфати ( $\text{PO}_4$ )	3,5	3,5

Таблиця 3

ГДК БЕ у водоймах різного призначення за Правилами приймання СВ підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України

№ з/п	Показник	Нормативне значення для водойм різного призначення, $\text{мг/дм}^3$	
		Господарсько-питного та рекреаційного	Рибогосподарського
1	Азот амонійний	2,0	0,5
2	Нітрити	3,3	0,08
3	Нітрати ( $\text{NO}_3$ )	45,0	40,0
4	Фосфати ( $\text{PO}_4$ )	3,5	не нормуються

забруднень у місцях водокористування відповідно до виду водокористування (господарсько-питного, рекреаційного та рибогосподарського двох категорій). Такі ГДК були встановлені ще за радянських часів. У 1988 році – для водоймів господарсько-питного та рекреаційного призначення СанПіН 4630-88 [28], у 1990 році – для водоймів рибогосподарського призначення [15].

Якщо концентрації забруднень у водоймах перевищують нормативні, то ГДК у СВ має встановлюватися на рівні нормативних значень. Такий підхід робить необхідним встановлення індивідуальних гранично допустимих скидів у кожному конкретному випадку.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 січня 2016 року № 94-р усі акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади СРСР та центральними органами виконавчої влади Української РСР, у тому числі СанПіН 4630-88, визнано такими, що втратили чинність [24]. При цьому інші ГДК встановлені не були. На теперішній час допустимі концентрації у водоймах регламентуються Правилами приймання СВ підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України [21]. ГДК БЕ у водоймах різного призначення за вимогами цих нормативних документів наведено в таблицях 2 і 3.

Разом із тим СанПіН 4630-88 містив значення гранично допустимих концентрацій біля ста сполук, що містять фосфор, більша половина з них – це різні види фосфатів.

В «Інструкції про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами», затвердженої Наказом Міністерств охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.94 року № 116 [9], зокрема в статті 2.12 вказано: «Для діючих і тих, що проєктуються, підприємств-водокористувачів встановлювані ГДС речовин не повинні перевищувати показників скиду речовин, що можуть бути досягнуті під час застосування типового способу очищення цієї категорії зворотних вод, навіть якщо водний об'єкт дозволяє скидати значно більші їх величини. Наприклад, для господарсько-побутових СВ – це рівень повного БО.

Під час встановлення ГДС допустимі концентрації речовин у зворотних водах діючого підприємства-водокористувача не повинні перевищувати значень фактичних середніх, проєктних та відповідних типовому способу очищення концентрації речовин для даного випуску зворотних вод (за винятком речовин, концентрації яких зростають у процесі очищення, наприклад, азоту нітритів, азоту нітратів, а також розчиненого кисню)». Таким чином, у цьому документі відсутні вимоги до встановлення ГДК азоту нітритів та азоту нітратів для діючих підприємств очищення СВ.

Цей документ прямо вказує в статті 2.3, що величини ГДС речовин повинні встановлюватися для кожного окремо випуску СВ у водні об'єкти. При цьому основною умовою для визначення ГДС речовин є гарантія дотримання норм якості води у встановлених контрольних створах. Без наявності затверджених ГДС документ забороняє видавати дозволи на спеціальне водокористування.

Величини ГДС мають розраховуватися з урахуванням наступних показників: норми якості води і ГДК речовин у водоймі; фонові якості води у водоймі перед випуском СВ; витрати, складу і режиму скидання СВ у водойму; впливу на водойму інших скидів СВ та господарської діяльності; ступеня змішування СВ із водою водойми на ділянці від місця скиду до контрольного створу; кратності розбавлення СВ у водоймі; природного самоочищення води від речовин, що скидаються з СВ.

Відповідно до Інструкції розробниками ГДС можуть бути: УкрНЦОВ Мінприроди України, його державне дочірнє підприємство ПНДТЕП, інші організації, що отримали дозвіл Мінприроди України на засаді їх атестації.

Постановою КМУ від 11.10.1996 року № 1100 [22] визначено, що нормативи ГДС затверджуються органами, уповноваженими видавати дозвіл на спеціальне водокористування, одночасно з видачею дозволу на спеціальне водокористування. Замовниками розроблення нормативів ГДС ЗР мають виступати водокористувачі. До ЗР, ГДС на скидання яких має розроблятися і затверджуватися в усіх випадках скидання СВ у водойми, входять азот амонійний, нітрати, нітрити та фосфати.

Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів [4] також передбачають, що відведення СВ у водні об'єкти має здійснюватися на підставі дозволу на спеціальне водокористування, що видається органами Мінекобезпеки України після узгодження з органами і установами державного санітарного нагляду. Умови водовідведення регламентуються водним законодавством і санітарно-гігієнічними нормами і правилами. Скидання СВ у водоймище не повинно погіршувати якості води в місцях водокористування.

Законом України Про охорону навколишнього природного середовища [7] передбачено, що до повноважень місцевих рад в галузі охорони навколишнього природного середовища входить затвердження лімітів скидів ЗР у навколишнє природне середовище, за винятком скидів, що призводять до забруднення природних ресурсів загальнодержавного значення, а також видавання дозволів на спеціальне використання природних ресурсів місцевого значення.

Відповідно до Водного кодексу України в дозволі на спеціальне водокористування встановлюють ліміти забору води, ліміти її використання та ліміти скидання ЗР з СВ. Таким чином, для скиду СВ у водо-



йми місцевого значення саме місцеві ради повинні виступати ініціаторами розроблення ГДС БЕ.

Вміст БЕ у СВ, які скидаються до каналізаційної мережі населеного пункту житловими будинками, нормативно не регламентується. Вони регламентуються тільки для підприємств. Правилами приймання СВ підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України [21], які за визначенням спрямовані на запобігання порушенням у роботі КОС населених пунктів та забезпечення охорони навколишнього середовища від забруднення СВ, передбачено, що допустимі концентрації кожної ЗР у СВ підприємств визначаються місцевими Правилами приймання СВ підприємств у систему каналізації населеного пункту. Ці Правила мають затверджувати виконавчі органи місцевих рад за поданням місцевих водоканалів за попереднього погодження з місцевими охорони природи та охорони здоров'я.

За Правилами [21], стоки, що скидаються підприємствами, серед іншого не повинні містити речовин, що не піддаються біологічному розкладу, не повинні мати ХСК більше біологічного споживання кисню (БПК) за 5 діб більше ніж у 2,5 рази, не повинні мати БПК, що перевищує проектне для КОС населеного пункту. І головне, не повинні містити ЗР із перевищенням допустимих концентрацій, що встановлено місцевими Правилами приймання. Допустимі концентрації ЗР передбачено визначати за трьома умовами (не враховуючи вимог до скидання важких металів):

- 1) за допустимою концентрацією ЗР у каналізаційній мережі;
- 2) за допустимою концентрацією ЗР у спорудах БО;

3) за величиною лімітів на скид ЗР у водойму.

Найменша з розрахованих величин має встановлюватися як допустима концентрація.

Для визначення допустимих концентрацій за першим методом Правила наводять допустимі концентрації в каналізаційній мережі: по БСК – не більше ніж 350 г/м<sup>3</sup>; по завислих речовинах – не більше ніж 500 г/м<sup>3</sup>. При цьому вимоги до вмісту азоту та фосфору відсутні.

Для визначення допустимих концентрацій за другим методом Правила наводять допустимі концентрації забруднень у СВ, що надходять в аеротенк: для азоту амонійного – 30 г/м; для нітратів за NO<sub>3</sub> – 45 г/м<sup>3</sup>; для нітритів – 3,3 г/м<sup>3</sup>; для фосфатів – 10 г/м<sup>3</sup>.

Для визначення допустимих концентрацій за третім методом Правила рекомендують вести розрахунок за середньодобовою витратою СВ підприємства та коефіцієнтом видалення ЗР на КОС населеного пункту. Коефіцієнти встановлено такі: азот амонійний – 0,2 – 0,6; нітрати за NO<sub>3</sub> та нітрити – 0; фосфати – 0,1 – 0,2.

На території міста Києва діють місцеві Правила приймання СВ абонентів у систему каналізації міста Києва [20]. Ними встановлено ГДК забруднень у скидних СВ абонентів, що наведено в таблиці 4.

Вміст азоту та фосфору у СВ житлових будинків в Україні не нормується. Разом із тим ДБН В.2.5-75:2013 [3] визначає кількість забруднень, що надходить зі СВ у каналізаційну мережу від одного мешканця (табл. 5).

Відповідно, ДБН В.2.5-74:2013 [2] для мешканців житлової забудови, обладнаної внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами (на сьогодні прослідковується

Таблиця 4

ГДК забруднень у СВ абонентів

№ з/п	Забруднення	ГДК у СВ абонентів, г/м <sup>3</sup>
1	Завислі речовини	300
2	Біохімічне споживання кисню (БСК <sub>5</sub> )	200
3	Хімічне споживання кисню	500
4	Азот амонійний	20
5	Нітрати	45
6	Нітрити	3,3
7	Фосфати	8

Таблиця 5

Кількість забруднень, що надходить у каналізаційну мережу від одного мешканця

№ з/п	Забруднення	Кількість від одного мешканця, г/добу
1	Завислі речовини	65
2	Біохімічне споживання кисню (БСК <sub>5</sub> )	54
3	Хімічне споживання кисню	87
4	Азот загальний	11
5	Азот в амонійних солях	8
6	Фосфор загальний	1,8
7	Фосфор у фосфатах	1,44

тенденція відмови від послуг централізованого гарячого водопостачання і встановлення ємнісних електричних водонагрівачів) питомий (середньодобовий за рік норматив питного водопостачання та водовідведення складає 150 ... 230 л/добу на одного жителя). Враховуючи це, концентрація забруднень у господарсько-побутових СВ може бути визначена за формулою:

$$C = \frac{m}{q} \times 1000 \text{ (г/м}^3\text{)}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса забруднень, що надходить із СВ у каналізаційну мережу від одного мешканця за добу, г/добу;  $q$  – середньодобовий за рік норматив питного водопостачання та водовідведення на одного мешканця, л/добу.

Якщо прийняти норматив  $q = 200$  л/добу, то концентрація забруднень у господарсько-побутових СВ складе (без урахування концентрації ЗР у водопровідній воді, яка подається населенню для споживання) (табл. 6).

Таким чином, можна бачити, що за таких умов господарсько-побутові СВ від населення забруднені з перевищенням допустимих концентрацій для скидання в каналізаційну мережу міста Києва: за завислими речовинами на 8%, за БСК<sub>5</sub> – на 35%. Порівнювати концентрації БЕ при цьому складно через різні їх показники, задані в різних нормативних документах. Разом із тим, навіть якщо брати до уваги тільки завислі речовини і БСК<sub>5</sub>, то такі СВ не можуть скидатися в міську каналізаційну мережу міста Києва без додаткового розбавлення їх чистою водою.

ДБН В.2.5-75:2013 також зазначає, що СВ, які надходять на БО, повинні мати вміст БЕ на рівні: загальний азот – не менше 5 г/м<sup>3</sup> на кожні 100 г/м<sup>3</sup> БПК повного; загальний фосфор – не менше 1 г/м<sup>3</sup> на кожні 100 г/м<sup>3</sup> БПК повного. Для КОС, розрахованих на очищення СВ від ПЕ більше 500 осіб, необхідно передбачати БО від сполук азоту, а також визначати необхідність і технологію додаткового вилучення сполук фосфору.

За даними [40], господарсько-побутові стоки можуть містити від 5 до 20 г/м<sup>3</sup> загального фосфору. Із нього органічні сполуки складають від 1 до 5 г/м<sup>3</sup>. Все решта – неорганічні сполуки. Індивідуальний

внесок фосфору в каналізаційну мережу від одного мешканця житлового будинку оцінюється від 0,65 до 4,80 г/добу. Середнє значення – 2,18 г/добу. Цей внесок має тенденцію до збільшення через збільшення використання миючих засобів.

Типові форми азоту в СВ – це ортофосфати (прості молекули, які є придатними для використання в біологічному метаболізмі без попереднього розкладання) та поліфосфати (складні молекули з двома та більше атомами фосфору, які потребують попереднього гідролізу з розкладанням на ортофосфати, що займає багато часу). Вторинне очищення СВ, як правило, зменшує вміст фосфатів на 1 ... 2 г/м<sup>3</sup>.

За даними [44], комунальні СВ можуть містити від 4 до 16 г/м<sup>3</sup> загального фосфору (в перерахунку на фосфати за PO<sub>4</sub> це складає від 12 до 49 г/м<sup>3</sup>). Ці води містять 10 г/м<sup>3</sup> загального фосфору (в перерахунку на фосфати за PO<sub>4</sub> це складає 30,6 г/м<sup>3</sup>) [39]. За даними Бортницької станції аерації [12], вміст фосфатів у СВ міста Києва за умови нормативу 8 г/м<sup>3</sup> складає 26 г/м<sup>3</sup>. Тобто спостерігається перевищення більш ніж у три рази. У перерахунку на загальний фосфор ця величина може складати 8,48 г/м<sup>3</sup>. При ефективності видалення фосфору на традиційних КОС 0,2 залишкова концентрація його в очищених СВ складає 6,78 г/м<sup>3</sup>. Бортницька станція аерації щодоби скидає в Дніпро близько 600 тис. м<sup>3</sup> очищених стоків. За таких умов із ними в Дніпро надходить 4,068 т. фосфору щодоби. Відомо, що кожен грам фосфатних сполук за решти сприятливих умов спричиняє приріст у водоймі 5 ... 10 кг синьо-зелених водоростей.

Сполуки азоту надходять у СВ переважно у вигляді амонійного азоту нітратів, азоту нітритів та азоту в органічних сполуках. Найбільш токсичними серед цих з'єднань є нітрити, найменш токсичними – нітрати. Амонійний азот займає проміжну позицію.

Концентрація азотних сполук у комунальних СВ не є постійною і залежить від багатьох факторів, серед яких – час транспортування СВ від місця їх забруднення до КОС. Під час транспортування каналізаційною мережею органічні сполуки азоту мінералізуються до азоту амонійного, і його вміст СВ зростає. Нітрати та нітрити під час транспортування відновлюються до газоподібного азоту, який

Таблиця 6

## Концентрація забруднень у господарсько-побутових СВ

№ з/п	Забруднення	Концентрація у побутових СВ, г/м <sup>3</sup>
1	Завислі речовини	325
2	Біохімічне споживання кисню (БСК <sub>5</sub> )	270
3	Хімічне споживання кисню	435
4	Азот загальний	55
5	Азот в амонійних солях	40
6	Фосфор загальний	9
7	Фосфор у фосфатах	7,2

виділяється з СВ в атмосферу. Тому їх концентрація зменшується. Протягом процесу органічного очищення СВ в аеротенках органічний азот продовжує мінералізуватися до амонійного. Під час застосування глибокого БО з нітрифікацією амонійний азот окислюється до нітритів, а після до нітратів. При цьому концентрація амонійного азоту знижується, концентрація нітритів і нітратів підвищується. Під час застосування глибокого БО з нітрифікацією і денітрифікацією азот нітратів, утворених при нітрифікації, мікробіологічно відновлюється (денітрифікується) до газоподібного азоту, і концентрація нітратів суттєво знижується. За даними [34], вміст загального азоту в господарсько-побутових СВ складає від 50 до 60 г/м<sup>3</sup> і може змінюватися в залежності від походження стоків.

Як видно з наведеного вище, в різних нормативних документах України немає єдиного чіткого підходу до нормування вмісту БЕ у СВ та немає чітких вимог до їх вилучення на КОС. Основна європейська директива [37] оперує поняттями «загальний азот» та «загальний фосфор», українські нормативні документи оперують поняттями:

1) щодо забруднення азотними сполуками: загальний азот, азот амонійний (N), азот амонійний (NH<sub>4</sub>), азот нітритний (N), азот нітритний (NO<sub>2</sub>), азот нітратний (N), азот нітратний (NO<sub>2</sub>), азот в амонійних солях;

2) щодо забруднення сполуками фосфору: загальний фосфор, фосфати (P) або фосфор фосфатів, фосфати (PO<sub>4</sub>).

За визначенням, фосфати – це солі та ефіри фосфорних кислот. Разом із тим пральні порошки, що використовуються в побуті, часто містять, окрім фосфатів, також фосфонати – похідні від фосфонових кислот [26], які так само вносять вклад у збільшення кількості загального фосфору у СВ.

Відсутність чітких вимог на державному рівні залишає можливість маніпуляцій на місцевих рівнях. Результатом є майже повна відсутність установок вилучення БЕ на КОС України і суттєві забруднення ними поверхневих водоем. Для покращення нормування вмісту БЕ у СВ доцільним може бути переймання європейського досвіду і перехід на нормування допустимих концентрацій із використанням поняття «загальний азот» та «загальний фосфор». При цьому в Україні є необхідність встановлення фіксованих значень гранично допустимих скидів БЕ у водоеми на державному рівні для унеможливлення маніпуляцій під час розроблення ГДК на місцевих рівнях.

**Головні висновки.** Комунальні СВ мають значний вміст сполук азоту та фосфору. При цьому чіткі та однозначні вимоги до вилучення їх зі СВ у процесі очищення на державному рівні відсутні. В Україні є необхідність запровадження на державному рівні гранично допустимих концентрацій БЕ в очищених СВ та (або) гранично допустимих скидів у водоеми зі СВ. При цьому доцільним є перехід від нормування за сполуками фосфору та сполуками азоту до нормування за загальним фосфором та загальним азотом, що сприятиме єдиному підходу до такого нормування в різних нормативних документах. Доцільним є гармонізація цих вимог із діючими вимогами країн ЄС. Доцільно запровадити вимоги дотримання якості очищених СВ для агломерацій з ПЕ від 10 000 осіб до 100 000 осіб: загальний фосфор – 2 мг/дм<sup>3</sup>; загальний азот – 15 мг/дм<sup>3</sup>. Для агломерацій понад 100 000 осіб: загальний фосфор – 1 мг/дм<sup>3</sup>; загальний азот – 10 мг/дм<sup>3</sup>. На першому етапі (перехідний період) доцільно запровадити ці вимоги тільки для КОС, що будують та підлягають реконструкції. На другому етапі – для всіх КОС, тобто з обов'язковою реконструкцією тих, що не відповідають цим вимогам.

### Література

1. Голець Н.Ю. Проблеми очищення стічних вод від біогенних елементів та шляхи їх вирішення. URL: <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3844/holets.pdf>.
2. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
3. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
4. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 року № 173.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».
6. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 18 травня 2017 року №2047-VIII.
7. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року №1264-XII.
8. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 10 січня 2002 року №2918-III.
9. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами, затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.1994 року № 116.
10. Калининкова Т.Б. Цианотоксини – потенциальная опасность для пресноводных экосистем и здоровья человека. Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 2. С. 3–19.
11. Кирилина Т.В. Доочистка сточных вод от соединений азота и фосфора погруженными макрофитами. Вода: Химия и экология. 2011. № 7. С. 33–38.
12. Київводоканал б'є на сполох: протягом травня вміст фосфатів у стічних водах, які надходять на очистку, втричі перевищує граничнодопустиму концентрацію. 2017. URL: <http://old.menr.gov.ua/press-center/news/150-news28/>

2631-kyivvodokanal-b-ie-na-spolokh-protiahom-travnia-vmist-fosfativ-u-stichnykh-vodakh-iaki-nadkhodiat-na-ochystku-vtrychi-perevyshchuie-hranychnodopustymu-kontsentratsiui.

13. Клименко М.О. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. Наукові доповіді НУБіП. 2012. № 1(30). URL: [http://nd.nubip.edu.ua/2012\\_1/12kmo.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf).
14. Мальований А.М. Законодавчі та технологічні аспекти вилучення біогенних елементів із побутових стоків в Україні та Європейському Союзі. Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. 2010. № 5(64). Частина 1. С. 151–158.
15. Минрыбхоз СССР. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Москва, 1990.
16. Морозова А.А. Взвешенные формы железа и фосфора в воде Киевского водохранилища // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2010. Т. 3(20). С. 169–177.
17. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. 2016. 350 с.
18. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2013. 450 с.
19. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою КМУ від 25.03.1999 № 465.
20. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва, затверджені Розпорядженням Київської міської державної адміністрації від 12.10.2011 року № 1879.
21. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, затверджені наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 19.02.2002 року № 37.
22. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.10.1996 року №1100 «Про Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується».
23. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2015 році. Управління екології та природних ресурсів департаменту міського благоустрою та збереження природного середовища виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації). Київ, 2016. 90 с.
24. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 січня 2016 року № 94-р «Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства».
25. Савлущинська М.О. Фосфор у водних екосистемах. Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія. 2014. № 4(61). С. 153–162.
26. Степова Н.Г. Аналіз вітчизняних нормативних актів щодо вмісту сполук фосфору у стічних і природних водах та їх вплив на довкілля. Меліорація і водне господарство. 2014. № 101. С. 105–112.
27. Степова О.В. Оцінка біологічного забруднення поверхневих вод Південної частини Полтавської області. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 1-2. С. 93–97.
28. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.
29. Ухань О.О. Вплив природних та антропогенних чинників на формування режиму біогенних елементів у поверхневих водах басейну Сіверського Донця // Наукові праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 261. С. 163–178.
30. Ухань О.О. Характеристика просторово-часового розподілу сполук азоту та фосфору у воді р. Сіверський Донець // Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія. 2010. № 4(45). С. 153–162.
31. Харьковин С.В. Организация процессов удаления фосфора из сточных вод. Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. № 11. С. 52–58.
32. Шандрович В.Т. Эффективность процесса ANAMMOX для очищения сточных вод от азотсодержащих соединений. Экологическая безопасность. 2014. № 2(18). С. 114–118.
33. Юрченко В.А. Нормирование концентрации азотсодержащих соединений при приеме сточных вод в городскую канализацию. Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. 2010. № 93. С. 58–62.
34. Ягов Г.В. Контроль содержания азота при очистке сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 7. С. 45–52.
35. Beasley V.R. Diagnostic and clinically important aspects of cyanobacterial (blue-green algae) toxicoses // Vet. Diagn. Invest. 1989. vol. 1. pp. 359-365.
36. Briand J. F. Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems // Vet. Res. 2003. Vol. 34. pp. 361–377.
37. Council Directive 91/271/EEC of May 1991 Concerning Urban Waste Water Treatment, 1991. URL: [http://ec.europa.eu/environment/water/waterurbanwaste/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/waterurbanwaste/index_en.html).
38. Funari E. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure // Crit. Rev. Toxicol. 2008. vol. 38. pp. 97–125.
39. Kroiss H. Betrieb von Kläranlagen. Wien: Technische Universität Wien, 2007. Band 202. 626 s.
40. Lenntech. Phosphorous removal from wastewater. 2017. URL: <https://www.lenntech.com/phosphorous-removal.htm>.
41. Oberemm A. Effects of cyanobacteria toxins and aqueous crude extract on the development of fish and amphibians // Environ. Toxicol. 1999. vol. 14. pp. 77–88.
42. Skocovska B. Effects of cyanobacterial biomass on the Japanese quail // Toxicol. 2007. vol. 49. pp. 793–803.
43. Stewart I. Cyanobacterial poisoning in livestock, wild mammals and birds – an overview // Cyanobacterial harmful algal blooms: state of the science and research needs, advances in experimental medicine and biology / I. Stewart, A. A. Seawright, G. R. Shaw // Ed. H. K. Hudnell. Springer: New York. 2008. vol. 619. pp. 613–637.
44. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse / G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel. 4th edition. Metcalf&Eddy Inc., 2003. 1819 p.