

УДК 628.3

**АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ НОРМАТИВНИХ АКТІВ ЩОДО ВМІСТУ
СПЛУК ФОСФОРУ У СТІЧНИХ І ПРИРОДНИХ ВОДАХ
ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ**

Н.Г. СТЕПОВА

Інститут гідромеханіки НАНУ

О.М. КУШКА

Київський національний університет будівництва і архітектури

Проаналізовано українські нормативні акти, які стосуються вмісту сполук фосфору у стічних і природних водах, обмеження на фосфати у мийних засобах, методики вимірювання концентрації фосфатів у стоках. Проведено порівняння з вимогами закордонних норм. Показана доцільність використання вживаного у країнах ЄС терміна «загальний фосфор» як більш місткого у порівнянні з терміном «фосфати». Описаний вплив сполук фосфору на здоров'я людини, бактерії очисних споруд і стан водойми.

Ключові слова: загальний фосфор, фосфати, евтрофікація, нормативні акти

Вступ. Потрапляючи до водойм разом із недостатньо очищеними комунальними стоками, з надлишком добрив із сільгоспугідь, сполуки

© Н.Г. Степова, О.М. Кушка, 2014

Меліорація і водне господарство. 2014. Вип. 101

фосфору призводять до погіршення екологічного стану водойми. Крім того, якщо така водойма використовується для цілей водопостачання або зрошування, зростає собівартість очищеної води. Хоча у 2013 р. було схвалено законопроект щодо поступового виведення з ринку мийних засобів на основі фосфатів, існує ще багато питань з цього приводу, відповісти на які неможливо через брак упорядкованої інформації. У зв'язку з цим, а також через актуальність для України проблеми евтрофікації водойм, нагальною є потреба систематизувати інформацію щодо фосфатів, базуючись виключно на законодавчих актах і науковій літературі.

Регламентування ефективності очистки від сполук фосфору. Згідно з директивою ЄС 91/271/ЕЕС [1] від 21 травня 1991 р., стічні води, що скидаються після очисних споруд до водойм, де є загроза евтрофікації, мають задовольняти таким вимогам:

- містити загальний фосфор у кількості до 1 мг/дм^3 (при обслуговуванні станцією більше, ніж 100000 умовних осіб) і до 2 мг/дм^3 (при обслуговуванні від 10000 до 100000 умовних осіб);

- мати ефективність очистки від сполук фосфору не менше ніж 80%.

На жаль, чинне українське законодавство не має чітких вимог щодо скидання до природних водойм стоків, що містять сполуки фосфору, після їх обробки на комунальних каналізаційних очисних спорудах. Правила [2] встановлюють чіткі нормативи лише для трьох параметрів. Це біохімічне споживання кисню (БСК_5), хімічне споживання кисню і завислі речовини. Концентрація інших забруднюючих речовин на загальнодержавному рівні не лімітується. Допускається лише встановлення певних обмежень на місцевому рівні для того, щоб при скиданні очищених стоків у природні водойми існуюча категорія якості води у них не погіршувалась [2].

З посиланням на СанПіН 4630-88 [3] у багатьох публікаціях, наприклад [4–5], зазначається, що вміст фосфатів у поверхневих водах не має перевищувати $3,5 \text{ мг/дм}^3$. Цей показник фігурує навіть у Правилах приймання стічних вод підприємств у системи каналізації [6], і, можливо, пов'язаний з обмеженнями на вміст поліфосфатів, гранична допустима концентрація (ГДК) яких дорівнює саме $3,5 \text{ мг/дм}^3$ [3]. Але виявлено, що даний СанПіН наводить ГДК для близько сотні різних фосфоровмісних сполук. При цьому 60% регламентованих СанПіН

4630-88 речовин – це саме різні види фосфатів. Крім того, окремо нормується вміст фосфітів, фосфінів, фосфонатів, фосфорних та фосфонових кислот (табл. 1 [3]). Слід зауважити, що переважна більшість фосфоровмісних сполук належить до 3 і 4 класів небезпеки, а тому їх сумарний вплив згідно п. 2.5 [3] не лімітується. До того ж одинадцять з цих сполук мають ГДК від 3,5 до 6 мг/дм³, наприклад дихлорпропил-2-етил-гексил-фосфат з ГДК = 6 мг/дм³, поліамінометилфосфат з ГДК = 5 мг/дм³, фосфат кальцію з ГДК = 3,5 мг/дм³ за PO₄ (табл. 1 [3]).

Різниця між поняттями «фосфати» і «загальний фосфор». «Большая Советская Энциклопедия» наводить таке визначення: «Фосфаты - соли и эфиры фосфорных кислот. Из солей различают ортофосфаты и полимерные (или конденсированные) Ф. Последние делят на полифосфаты, имеющие линейное строение фосфат-анионов, метафосфаты с кольцеобразным (циклическим) фосфат-анионом и ультрафосфаты с сетчатой, разветвленной структурой фосфат-аниона».

На жаль, законопроект «Про особливості державного регулювання поводження з синтетичними миючими засобами та товарами побутової хімії», який отримав схвалення уряду у жовтні 2013 р., не має чіткого визначення фосфатів. Але сучасні пральні порошки містять не тільки похідні фосфорних кислот, а також фосфонати – фосфоровмісні сполуки, які є похідними від фосфонових кислот і здатні так само негативно впливати на стан водойми, як і фосфати. Тому, обмежуючи на законодавчому рівні вміст у мийних засобах фосфатів, і не обмежуючи вміст фосфонатів, навряд чи можна суттєво покращити екологічний стан водойми. З приводу цього питання доцільно було б скористатись досвідом західних країн, де вживається термін «загальний фосфор», під яким розуміється сумарний вміст неорганічних і органічних фосфоровмісних сполук у перерахунку на чистий фосфор (P).

Проблеми, пов'язані з вимірюванням вмісту фосфатів у стоках. Наводячи вміст фосфатів у воді, треба чітко вказувати, за якою методикою проводили вимірювання. Наприклад, рекомендований для стічних вод держстандарт ДСТУ ISO 10304-2:2003 «Якість води. Частина 2» дозволяє визначати лише вміст розчинених у воді ортофосфатів. Для визначення загального вмісту усіх розчинених фосфатів (включаючи поліфосфати, органічні фосфати) необхідно провести попередню обробку проби води відповідними окиснювачами для переведення усіх присутніх у ній видів фосфатів у ортофосфати. Так рекомендують

чинити, наприклад, американські стандарти Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (розділ 4500-P PHOSPHORUS).

Вміст фосфатів у комунальних стічних водах. Вміст фосфатів, які надходять до каналізації від населення, нормами не регламентується ані у нас, ані на Заході. Проте існують Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України [6], згідно з якими підприємствам заборонено скидати до міської каналізації стоки з концентрацією фосфатів більше ніж 10 мг/дм³.

Окремо регламентується випуск стічних вод до каналізаційної мережі міста Києва. Згідно з розпорядженням Київської міськдержадміністрації № 1879 від 12.10.2011 вміст забруднюючих речовин у стоках, які надходять до міської каналізації, не може перевищувати допустимих концентрацій (ДК), наведених у таблиці (пункт 5.1 [7]). Для фосфатів за цим розпорядженням ДК становить 8 мг/дм³. Дані правила поширюються на організації, установи, підприємства усіх форм власності та фізичних осіб-підприємців, що скидають усі види стічних вод у міську систему каналізації, за винятком житлових приміщень і об'єктів соціально-культурного призначення [7]. Інакше кажучи, будь-який підприємець зобов'язаний забезпечити вміст фосфатів у стоках своїх підприємств до 8 мг/дм³. На нашу думку, дана вимога є складною для реалізації на практиці, оскільки тільки з фізіологічними виділеннями від кожної людини до каналізації щодоби надходить приблизно 1,4 г фосфору ([9], розділ 11.5.1 «Надлишок/дефіцит фосфору»). Зробивши відповідний перерахунок, отримуємо 4,3 г фосфатів від однієї людини на добу. А це означає, що приватне підприємство, яке займається виключно офісною діяльністю, де стічні води утворюються лише від користування працівниками санітарно-технічними приладами, не зможе забезпечити рівень фосфатів менше 8 мг/дм³ без додаткового очищення (або розбавлення стоків водопровідною водою).

Вплив фосфатів на здоров'я людини. Токсичним для людини є елементарний фосфор, що належить до першого з чотирьох класів небезпеки, на які поділені речовини, що можуть потрапляти до водойм. Проте у побутових стічних водах елементарний фосфор не міститься. У водних розчинах (стічних водах) фосфор знаходиться переважно у формі ортофосфатів, поліфосфатів та органічних фосфатів. За даними американських вчених, міські стічні води містять від 4 до 16 мг/дм³ фосфору як Р (розділ 2-1 «Неорганічні неметалеві компоненти» [10]). Тобто в перерахунку з чистого фосфору на фосфати (PO₄) – від 12 до

49 мг/дм³ фосфатів. За даними австрійських вчених типові побутові стічні води містять 10 мг/дм³ загального фосфору (табл. 1-1 розділу 1.5.2 [9]), що відповідає концентрації фосфатів 30,6 мг/дм³.

За даними К.С. Петровського та В.Д. Ванханена [11], добова потреба у фосфорі дорослої людини становить 1200 мг. Для вагітних жінок та годувальниць рекомендоване добове споживання фосфору становить 1500 мг. До прикладу, вміст фосфору у деяких продуктах харчування в перерахунку на 100 г їстівної частини продукту становить: пшоно – 233 мг, гречана крупа – 298 мг, горох – 329 мг, сир домашній жирний – 216 мг, знежирений – 189 мг, сир твердий голандський – 544 мг (табл. 13 [11]).

Сполуки фосфору, що містять ортофосфорну кислоту (Е 338), фосфати натрію (Е 339), калію (Е 340), кальцію (Е 341), амонію (Е 342), пірофосфати (Е 450), триполіфосфати (Е 451), інші поліфосфати (Е 452), використовуються також у якості харчових добавок.

Вплив фосфатів на бактерії очисних споруд. Фосфати не є токсичними для бактерій. Навпаки, разом з вуглеводами, ліпідами, протеїнами і сполуками азоту, вони є поживними речовинами для гетеротрофних бактерій, які саме і видаляють забруднення при аеробному біологічному очищенні стічних вод. При цьому фосфати навіть можуть становити близько 7 відсотків загальної маси таких бактерій ([8], розділ 3.3. «Поживні речовини»). Загрозу для бактерій становлять переважно іони важких металів ([8], розділі 3.4 «Речовини, токсичні для бактерій»). Більше того, при біологічному очищенні промислових стоків, де відношення вмісту органічних сполук (за БСК₅) до вмісту загального фосфору є меншим 100, фосфати (у попередньо розрахованих дозах) додають до води перед очищенням ([9], розділ 11.5.1 «Надлишок/дефіцит фосфору»).

Небезпека фосфатів для водойм. Надходження до непроточної або малопроточної водойми (озеро, водосховище) великої кількості фосфоровмісних сполук призводить до її евтрофікації. Водойма набуває таких негативних характеристик: зменшується глибина внаслідок замулювання дна; змінюється колір води, зменшується її прозорість, розростається біомаса; спостерігається буяння планктонних водоростей у верхніх шарах води і дефіцит кисню в глибинних, де з'являються такі відновлені речовини як розчинене залізо, марганець, сірководень, азот амонійний ([8], розділ 1.9. «Забруднення і евтрофікація»).

Нестача кисню може призвести до загибелі риби, зміни біологічних видів, що населяють водойму. Вона стає непридатною для туризму,

водного відпочинку, риболовства. Одним із доказів евтрофікації водойми є поява, а згодом і домінування, синьо-зелених водоростей (у закордонній літературі їх називають ціанобактеріями). Це, до того ж, призводить до збільшення собівартості питної водопровідної води, оскільки потрібно використовувати більше реагентів, а подекуди навіть застосовувати додаткове обладнання. І хоча повна евтрофікація проточним водоймам (річкам) не загрожує, деякі її ознаки спостерігаються і тут. Як правило, це масовий розвиток планктонних водоростей, який також призводить до зростання собівартості очищення питної води (а в наших умовах часто просто погіршує її якість) і може спричинити неконтрольоване розростання макрофітів (великих водоростей – зелених, бурих, червоних).

Обов'язковим елементом очисних споруд в усіх розвинених країнах є блок очистки стічних вод від біогенних речовин (сполук азоту і фосфору). На жаль, переважна більшість наших каналізаційних очисних станцій такого блоку не має. Але вплив недоочищених стічних вод на стан водойми є суттєвим. Так, скидання до Дніпра стоків з вмістом фосфатів, наприклад, 8–10 мг/дм³ таким містом, як Київ, де щодня утворюється близько 1 млн кубометрів побутових стічних вод, дає відповідно 8–10 т фосфатів на добу. І це лише з одного великого міста. Проте стічні води з підвищеним вмістом біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) при дотримуванні певних вимог до їх складу можуть використовуватись для зрошування у сільському господарстві безпосередньо після очисних споруд [12-14].

Висновки. 1. З метою уникнення розбіжностей у нормативних актах, статистичних та інших даних, що стосуються фосфоровмісних сполук, доцільно було б в усіх документах замість терміна «фосфати» вживати термін «загальний фосфор», під яким розуміється сумарний вміст неорганічних і органічних фосфоровмісних сполук у перерахунку на чистий фосфор (P).

2. При наведенні даних щодо вмісту фосфатів у стічних водах слід пам'ятати: якщо їх концентрацію було визначено за ДСТУ ISO 10304-2:2003 «Якість води. Частина 2», то отримані цифри характеризують лише вміст розчинених ортофосфатів. Для визначення загального вмісту усіх розчинених фосфатів (включаючи поліфосфати, органічні фосфати) необхідно провести попередню обробку проби води відповідними окиснювачами для переведення усіх присутніх у ній видів фосфатів у ортофосфати.

3. З метою покращання стану водойм доцільно було б на законодавчому рівні зобов'язати комунальні очисні станції, в першу чергу великих міст, вилучати зі стічних вод біогенні елементи (сполуки азоту та фосфору), як це рекомендує директива ЄС 91/271/ЕЕС, враховуючи, що такий крок пов'язаний з певними капітальними затратами на модернізацію очисних споруд.

1. *Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment.*

2. *Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені постановою Кабміну № 465 від 25.03.99.*

3. *СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения»:* у редакції від 21.10.91.

4. *Вміст фосфатів в р. Дністер та стічних водах м. Одеса / А.А. Поліщук, Г.В. Яловський, Т.М. Мозолевська, В.І. Гольцов // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 15. – С. 195–201.*

5. *Корнієнко І.М. Захист водних об'єктів від біогенних елементів та завислих речовин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к.т.н. – Харків, 2007. – 14 с.*

6. *Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, затверджені наказом № 37 Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 19.02.2002.*

7. *Розпорядження Київської міськдержадміністрації № 1879 від 12.10.2011 «Про затвердження Правил приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва».*

8. *Технический справочник по обработке воды фирмы «Дегремон» в 2 т.: пер. с фр. / Санкт-Петербург: Новый журнал. – 2007. – 1696 с.*

9. *Kroiss H. Betrieb von Kläranlagen / H.Kroiss. – Wien: Technische Universitaet Wien, 2007. – Band 202. – 626 S.*

10. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse / G.Tchobanoglous, F.L.Burton, H.D.Stensel. – 4th edition. – Metcalf&Eddy Inc., 2003. – 1819 p.*

11. *Петровский К.С. Гигиена питания // К.С. Петровский, В.Д. Ванханен. – 3-е изд.– М.: Медицина, 1982. – 528 с.*

12. *Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater WHO: World Health Organisation. – vol. 2.:Wastewater Use in Agriculture. – 2006.*

13. *Simulation der Verbringung von gereinigtem Abwasser in Boeden / N. Stepova, V. Siry, R. Hinkelmann, M. Barjenbruch // GWF Wasser/Abwasser. – 2009. – № 5. – S. 367–371.*

14. *Степовая Н.Г. Экологические аспекты введения сточных вод в грунт / Н.Г. Степовая // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2010. – № 1. – С. 66–71.*

Проанализированы украинские нормативные акты, касающиеся содержания соединений фосфора в сточных и природных водах, ограничения на фосфаты в моющих средствах, методики измерения концентрации фосфатов в стоках. Проведены сравнения с требованиями зарубежных норм. Показана целесообразность использования принятого в странах ЕС термина «общий фосфор» как более емкого по сравнению с термином «фосфаты». Описано влияние соединений фосфора на здоровье человека, бактерии очистных сооружений и состояние водоема.

The Ukrainian statutory acts have been analyzed concerning the concentration of phosphorus compounds in wastewater and natural water, restrictions on phosphates in detergents as well as some measurement techniques for phosphates concentration in wastewater. Comparisons with the requirements of foreign norms have been made. It is displayed that the term «total phosphorus» accepted in the EU countries is more universal in comparison with the term «phosphates». The influence of phosphorus compounds on human health, bacteria at treatment facilities and condition of water body are described.