УДК 628.3:621.3 DOI 10.31548/energiya2019.05.074

ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ, СТВОРЮВАНОГО ПРОМИСЛОВИМИ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

В. М. Штепа, кандидат технічних наук, доцент

Поліський державний університет, м. Пінськ, Республіка Білорусь

Г. М. Желновач, кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Д. Г. Алексєєвський, кандидат технічних наук, доцент

Запорізький національний університет

E-mail: shns1981@gmail.com

Анотація. *Основними джерелами надходження забруднюючих речовин у водні об'єкти є: побутові, промислові і сільськогосподарські підприємства. Їх вплив виражається в підвищенні концентрацій біогенних елементів, органічних сполук, поверхнево-активних речовин (ПАР), нафтопродуктів, фенолів тощо. Оцінено, що негативний вплив посилюється нестаціонарністю та багатофакторністю природно-техногенних процесів, причому не розроблено математичного апарату, який зумів би адекватно спрогнозувати місце виникнення та характер наслідків потенційних надзвичайних ситуацій, пов'язаних скиданням стічних вод неконтрольованого складу. Проаналізовано схему вибору забруднюючих речовин при створені сучасних підходів щодо оцінювання антропогенного навантаження. Підкреслено, що більш доцільно застосувати для оперативного (у режимі реального часу) аналізу антропогенного навантаження при скиданні промислових стічних вод аналітичну залежність, у якій враховується ефективність функціонування очисних споруд через розрахунок індикатора антропогенного навантаження із інтеграцією оцінки ефективності водоочищення. За базовий електротехнічний критерій, перетворенням якого отримуються відносні показники ефективності видалення забруднювачів, застосували аналітичну залежність дослідження параметрів енергоефективності. Виробнича апробація оперативного аналізу ризику щодо виявленого антропогенного навантаження (скид неочищених стічних вод) електротехнологічного комплексу (віртуальної міри енергоефективності водоочищення) згідно виразу оцінки індикатора відбувалась на підприємствах м'ясопереробки та малої металургії. Встановлено, що досліджувані підприємства створюють значні антропогенне навантаження на поверхневі води (всі контрольні проби перебували у стані «під ризиком»), у той же час корегування обладнання згідно завдання зменшення такого тиску дозволило*

значно зняти негативний вплив на водні об'єкти; разом із тим, системно досягнути стану «без ризику» вдавалось лиш на металургійному об'єкті, у випадку ж м'ясопереробного виробництва, через дуже значні зміни характеру виробництва, показники антропогенного впливу лиш тричі перебували у зоні «без ризику».

Ключові слова: ***електротехнологічне водоочищення, енергоефективність, екологічна безпека, антропогенне навантаження, стічні води, поверхневі води***

Актуальність. У сучасних умовах проблема антропогенного забруднення поверхневих вод стоїть дуже гостро. Основними джерелами надходження забруднюючих речовин у поверхневі водні об'єкти є побутові, промислові та сільськогосподарські стічні води, вплив яких виражається в підвищенні концентрацій біогенних елементів, органічних сполук, поверхнево-активних речовин (ПАР), нафтопродуктів, фенолів тощо [1]. Слід зауважити, що негативний вплив підсилюється нестаціонарністю та багатофакторністю природно-техногенних процесів, що відбуваються у навколишнього середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині не розроблено відповідного математичного апарату, який зумів би адекватно спрогнозувати місце виникнення, характер та наслідки потенційних надзвичайних ситуацій [2]. Ці надзвичайні ситуації можуть призвести до порушення схеми функціонування державного управління водними ресурсами. Наприклад, при непередбаченому викиді у атмосферне повітря небезпечних речовин (радіонуклідів, патогенів тощо) на території України 172 водосховища комплексного призначення місткістю 53 млрд. м^3 води (95 % об'єму діючих водосховищ країни), п'ять загальнодержавних міжгалузевих каналів із загальним обсягом перерозподілу р. Дніпро в маловодні регіони понад 3 млрд. м^3 води на рік, набудуть властивостей джерел, що створюють умови для виникнення і поширення техногенних катастроф.

Саме тому набуває гострої актуальності задача оперативного контролю рівня антропогенного навантаження, створюваного скидом промислових стічних вод у поверхневі водойми [1, 3].

Мета дослідження – обґрунтування використання електротехнологічного обладнання для підвищення рівня екологічної безпеки поверхневих вод шляхом

оперативного контролю рівня антропогенного навантаження, створюваного скиданням промислових стічних вод.

Матеріали і методи дослідження. Промислові об'єкти у контексті скиду стічних вод є точковими джерелами забруднення поверхневих вод речовинами хімічного та органічного походження [4]. Аналіз антропогенних навантажень та зумовлених ними потенційних впливів є процесом «оцінки ризику» або «аналізу антропогенних навантажень та їхніх впливів» і є рівнозначний терміну «антропогенний вплив» [5]. Правильний часовий та просторовий масштаб збору даних про антропогенні навантаження та їх впливи дає змогу встановити обґрунтовані співвідношення між ними і, як наслідок, скласти програму заходів протидії їм, включаючи превентивні реакції на надзвичайні ситуації. При цьому перші аналізи та звіти про результати «антропогенних навантажень та їх впливів» потрібно виконати за максимально короткий термін, бажано у режимі реального часу (РРЧ). Якість цих звітів залежатиме у значній мірі від методів оцінки антропогенних навантажень та їх наслідків [5]. Окрім того, вагомим фактором, що забезпечує достовірність та доцільність контролю якості стічних вод є визначення переліку забруднюючих речовин, які необхідно досліджувати у контрольному створі відповідного підприємства. Згідно додатку № 8 «Водної рамкової директиви» (ВРД) ЄС забруднюючі речовини у промислових стічних водах класифіковано так: органогалогенні сполуки; органофосфорні сполуки; органооловяні сполуки; речовини, що мають канцерогенні та мутагенні властивості; стійкі вуглеводні та стійкі біоакумулятивні токсичні речовини; ціаніди; метали та їх сполуки; арсен та його сполуки; біоциди та засоби захисту рослин; матеріали у вигляді суспензій; речовини, що сприяють евтрофікації (нітроген нітратний, фосфор ортофосфатів); речовини, що впливають на кисневий баланс та можуть бути виміряні з використанням таких показників як біологічне споживання кисню (БСК), хімічного споживання кисню (ХСК) тощо. Перелік речовин, які необхідно контролювати для певного джерела забруднення поверхневих вод доцільно визначати згідно схеми, наведеної на рисунку 1 [5].

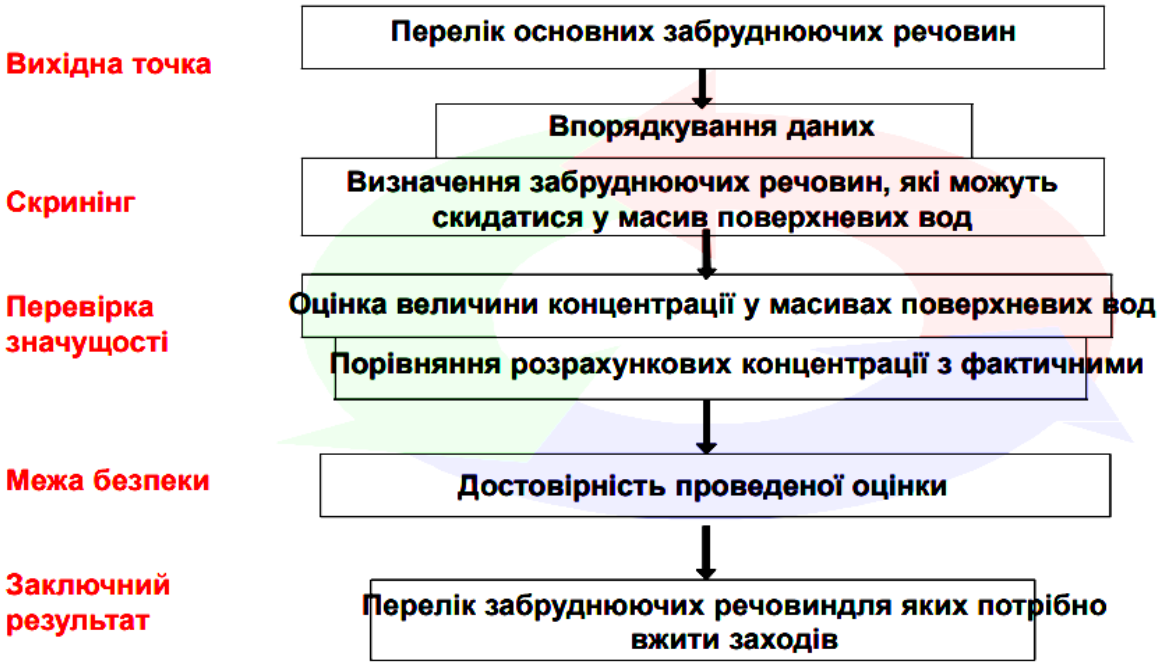

Рис. 1. Схема вибору забруднюючих речовин при оцінці впливів стічних вод

До найрозповсюдженіших в Україні методик оцінки якості поверхневих вод, у тому числі сформованої скиданням промислових стічних вод, відноситься методика визначення гідрохімічного індексу забрудненості води (ІЗВ), який розраховується за формулою:

$$ІЗВ = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{ГДК} / n \quad , \qquad (1)$$

де C_i – фактична концентрація забруднювача, *ГДК* – гранично-допустима концентрація забруднювача, *n* – кількість забруднювачів.

Окрім загальновідомих недоліків методики ІЗВ, такий підхід недоцільно застосувавати при оцінці потенційних ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, оскільки він дає змогу оцінити лише наслідки антропогенного впливу без урахування можливості оперативного їх виявлення. Тому більш доцільно застосувати для оперативного (у РРЧ) аналізу антропогенного навантаження створюваного скиданням промислових стічних вод аналітичну залежність у якій враховується ефективність функціонування очисних споруд через розрахунок індикатора антропогенного навантаження [5]:

$$Pсв = \frac{Eн}{Q\min}, \quad (2)$$

де $P_{св}$ – обсяг скидання стічних вод у масив поверхневих вод (м^3/с), Q_{min} – мінімальний річний стік води в масиві поверхневих вод (м^3/с), E_H – сумарний (безрозмірний) еквівалент навантаження, який спричиняється скиданням стічних вод.

Для підприємства із функціонуючими очисними спорудами ця залежність матиме такий вигляд:

$$Pсв = \frac{Eн \cdot (1-\eta)}{Q\min}, \quad (3)$$

де η – безрозмірний коефіцієнт ефективності очищення стічних вод (у діапазоні 0 – 1,0).

У той же час коефіцієнт ефективності очищення стічних вод η, згідно вище наведеної методики, визначається апріорно – без корегування у РРЧ. Такий підхід також має значні недоліки, особливо при можливості виникнення надзвичайної ситуації, оскільки в результаті постійних змін умов вимірювання (виходу за проектно-встановлені робочі межі) відбувається непередбачуване коливання результатів вимірювання якості стічних вод (рис. 2). Це перш за все викликано значним взаємовпливом показників якості стічних вод та постійними стохастичними змінами параметрів технологій виробництв; при цьому вимірювання потребують від кількох десятків хвилин до кількох годин, навіть діб (біологічне споживання кисню, Coli-index тощо). Неефективність і довготривалість вимірювань, з точки зору забезпечення екологічної безпеки, неприпустимі – особливо в умовах потенційних залпових скидів стічних вод. Ситуація ускладнюється тим, що сучасні засоби автоматичних вимірювань складу води відсутні або мають низьку точність та швидкість вимірювання [1].

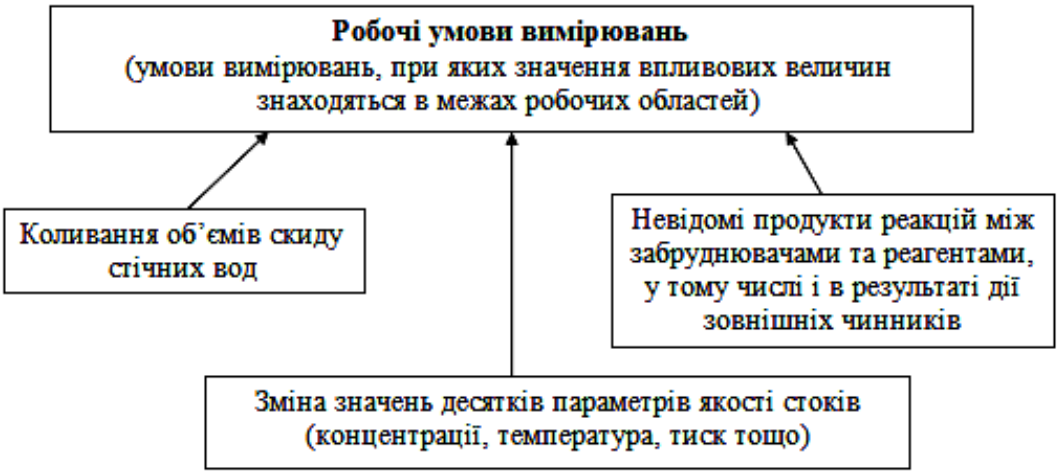

Рис. 2. Схема впливу базових негативних непередбачуваних та нелінійних чинників на робочі умови вимірювання якості стоків

Відповідно, для встановлення у РРЧ коефіцієнта ефективності очищення стічних вод η необхідно, перш за все, створити контрольовані умови вимірювання скдалу стічних вод підприємства на основі, наприклад, електротехнологічних рішень, як варіант, із застосуванням віртуальної міри енергоефективності водоочищення (ВМЕВ) [3] (рис. 3).

Рис. 3. Схема вимірювання у РРЧ коефіцієнта ефективності очищення стічних вод η із використання електротехнологічного комплексу ВМЕВ

Завдання застосування електротехнологічного обладнання ВМЕВ полягає у дотриманні і стабілізації умов електротехнологічного водоочищення для забезпечення контрольованості умов процесу вимірювання параметрів промислових стічних вод.

При цьому у якості базису для реалізації поставленої мети застосовано:

- ДСТУ ISO 10012:2005 «Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання»: «пункт 3.3: Вимірювальне обладнання – вимірювальний пристрій, програмний засіб… або допоміжні пристрої чи їх комбінація необхідні для виконання процесу вимірювання (сукупність операцій для визначення значень величини)»; «пункт 6.3.1: Вимірювальне обладнання потрібно застосовувати в умовах довкілля, які є контрольованими або умови якого відомі із точністю, потрібною для забезпечення вірогідних для результатів вимірювань».

- ДСТУ ISO 31000:2018 «Менеджмент ризиків»: «пункт 2.8 «Процес менеджменту ризику: Систематичне застосування політик. процедур і практик менеджменту щодо діяльності з обміну інформацією, консультування, встановленню ситуації (контексту) та ідентифікації, аналізу, оцінювання, впливу на ризик, моніторингу і перегляду ризику».

Результати досліджень та їх обговорення. В основу методичного забезпечення, яке реалізовано у пропонованій програмній частині ВМЕВ, закладено розрахунок параметрів енергоефективності водоочищення згідно критерію [6]:

$$EF_У = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\%\right) + \ldots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\%\right)\right] \cdot Q}{W}, \text{ \% /кВт.} \qquad (4)$$

де $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного показника якості стічних вод; $L_{зад}$ – задане (нормативне) значення відповідного показника якості стічних вод; Q – час роботи обладнання, год; W – електроенергія, яка затрачена на водоочищення, кВт·год; N – кількість показників якості стічних вод (як правило, відповідають кількості установок, які опрацьовують воду).

У знаменнику виразу (4) закладено у відносних показниках ефективність функціонування система водоочищення підприємства, яка шляхом нескладних математичних перетворень перераховується у необхідний для оцінки антропогенного навантаження безрозмірний коефіцієнт ефективності очищення стічних вод η. Тобто електротехнологічний комплекс (ВМЕВ) забезпечує

реалізацію завдання визначення антропогенного навантаження у режимі реального часу з наступною можливістю підвищення рівня екологічної безпеки поверхневих вод (рис. 4).

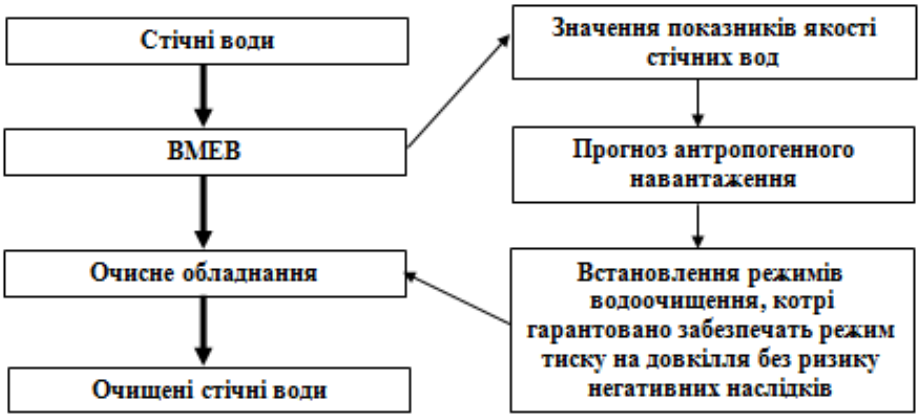

Рис. 4. Схема електротехнологічного комплекса (ВМЕВ) для оперативного аналізу складу промислових стічних

Виробнича апробація оперативного аналізу ризику щодо виявленого антропогенного навантаження (скид неочищених стічних вод) із застосуванням електротехнологічного комплексу (ВМЕВ) за виразом (3) відбувалася на підприємствах м’ясопереробки та малої металургії [7] (рис. 5). При чому обидва підприємства скидають стічні води у водотоки, мінімальні річний стік води в масивах їх поверхневих вод приймалися за статистичними даними, аналіз навантаження виконувався протягом 20 робочих діб за інтегральним показником ХСК (на підприємстві металургії він формувався через наявність власної пральні). При цьому результати подальших випробувань протягом 10 робочих діб на кожному із них продемонстрували ефективність створеного методичного забезпечення стосовно корегування режимних параметрів обладнання водоочищення орієнтованих на зменшення тиску на довкілля (рис. 6).

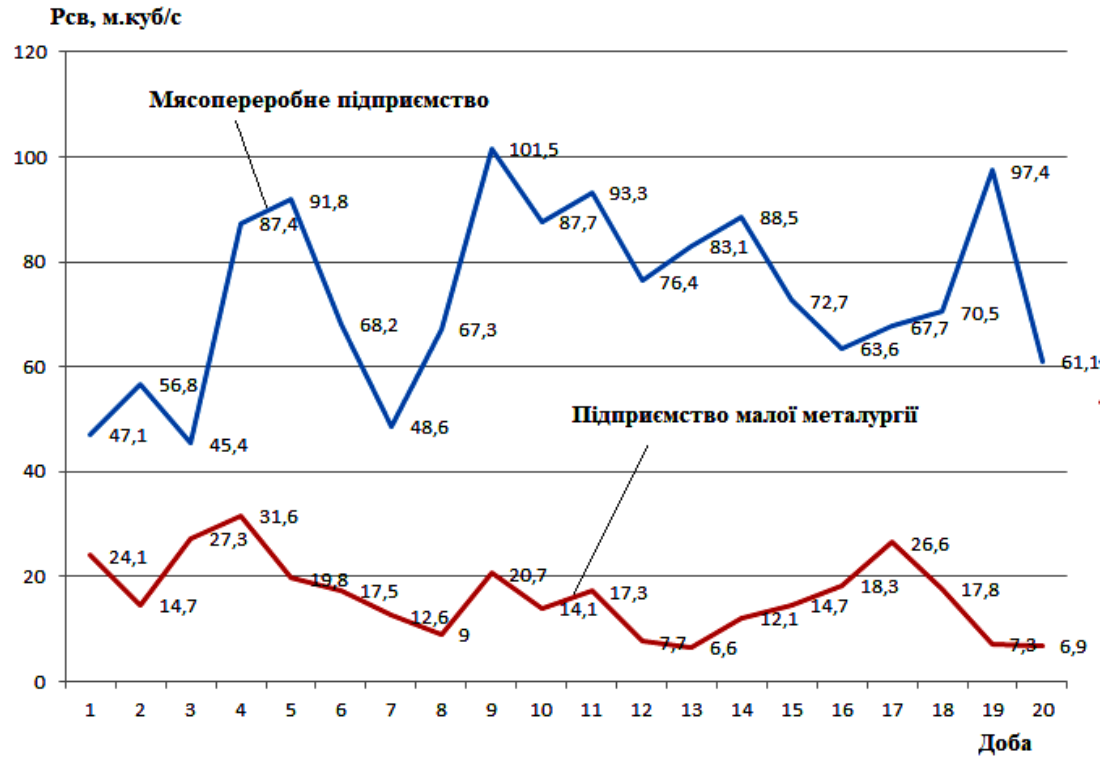

Рис. 5. Оперативний аналіз ризику щодо виявленого антропогенного навантаження (скид неочищених стічних вод) із використанням електротехнологічного комплексу (ВМЕВ)

Рис. 6. Оперативний аналіз антропогенного навантаження (скид неочищених стічних вод) при корегуванні функціонування очисних споруд з метою зменшення тиску на довкілля (із використанням електротехнологічного комплексу (ВМЕВ)

Оцінка антропогенного навантаження виконувалась за такими значеннями критеріїв ризику за відповідним індикатором (3) [5]:

- *Рсв* < 1,0 – стан «без ризику»;

- $1{,}0 < Pсв < 1{,}5$ – стан «можливо під ризиком»;
- $Pсв > 1{,}5$ – стан «під ризиком».

Очевидно (див. рис. 5), що підприємства створюють значні антропогенні навантаження на довкілля своїми стоками (всі контрольні проби перебували «під ризиком»), у той же час корегування режимів обладнання за завданням зменшення такого тиску дозволило значно зняти негативний вплив на водні об’єкти. Разом із тим, системно досягнути стану «без ризику» вдавалося лише на металургійному об’єкті (6 діб); у випадку ж м’ясопереробного виробництва через дуже значні зміни характеру виробництва значення індикатору коливалися в діапазоні 0,7 – 9,2, лише тричі перебуваючи у зоні «без ризику» (див. рис. 6).

Комплексно досягнути станів «без ризику» для обох підприємств не вдалося також через необхідність об’єктно-орієнтованої модернізації їх систем очищення стічних вод.

Висновки і перспективи. Застосування електротехнологічного комплексу (ВМЕВ) дозволяє провести аналіз антропогенного навантаження стічних вод промислових об’єктів у режимі реального часу, що підтверджено виробничою перевіркою на підприємствах м'ясопереробки та малої металургії: оцінка виконувалась згідно критерію ризику за відповідним індикатором *Pсв* із врахування якості функціонування очисних споруд та продемонструвала, що водойми, куди здійснюють скид такі об’єкти перебувають у стані «під ризиком» (для мясопереробки значення індикатора – 73,8 $м^3/с$, малої металургії – 16,3 $м^3/с$).

Корегування режимів обладнання водоочищення за завданням зменшення такого тиску дозволило значно зменшити негативний вплив на водні об’єкти, що засвідчили покращення значень індикатора: для мясопереробки – 2,7 $м^3/с$, малої металургії – 1,1 $м^3/с$.

Подальші дослідження мають бути направлені на створення методичного забезпечення удосконалення науково-технічних засад нормативного забезпечення водоочищення із врахуванням у режимі реального часу завдань мінімізації антропогенного навантаження від стічних вод уже на етапі проектування нових (модернізації існуючих) очисних споруд, що в перспективі дозволить підвищити

рівень екологічної безпеки поверхневих вод у зоні впливу промислових підприємств.

Список літератури

1. Мазоренко Д. І., Цапко В. Г., Гончаров Ф. І. Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва. К.: Знання, 2006. 376 с.
2. Яцик А. Б., Бишовець Л. В., Томільцева А. З., Чернявська А. Б., Запольський І. Д. Екологічні проблеми верхів‘я Канівського водосховища. Водне господарство, 2008. № 4. С 31 – 36.
3. Яцик А. В., Томільцева А.І ., Дупляк В. Д. Концепція впорядкування використання та охорони водних ресурсів у заплаві р. Дніпро від гирла р. Десна до гирла р. Стугна: К.: Університет «Україна», 2011. 27 с.
4. Вертай С. П., Штепа В. Н. Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 240. С. 86-93
5. http://env-approx.org/images/documents/201/Osiyskiy_Scobley.pdf
6. Штепа В. М., Гончаров Ф. І., Сироватка М. А. Обгрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2011. Вип. 161. С. 187–193.
7. Штепа В. М. Обгрунтування робочої міри ефективності електротехнологічної водо очистки. Енергетика і автоматика. 2018. № 4. С. 99-111.

References

1. Mazorenko, D. I., Tsapko, V. H., Honcharov, F. I. (2006). Inzhenerna ekolohiia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Engineering ecology of agricultural production]. Kyiv: Znannia, 376.
2. Yatsyk, A. B., Byshovets, L. V., Tomiltseva, A. Z., Cherniavska, A. B., Zapolskyi, I. D. (2008). Ekolohichni problemy verkhiv‘ia Kanivskoho vodoskhovyshcha [Environmental problems in the upper reaches of the Kaniv Reservoir]. Vodne hospodarstvo, 4, 31 – 36.
3. Yatsyk, A. V., Tomiltseva, A.I ., Dupliak, V. D. (2011). Kontseptsiia vporiadkuvannia vykorystannia ta okhorony vodnykh resursiv u zaplavi r. Dnipro vid hyrla r. Desna do hyrla r. Stuhna [The concept of streamlining the use and protection of water resources in the Dnieper floodplain from the Desna river mouth to the Stugna river mouth]. Kyiv: Universytet «Ukraina», 27.
4. Vertay, S. P., Shtepa, V. N. (2016). Obosnovaniye struktury i zadaniy sistemy podderzhki prinyatiya resheniy obobshchënnoy otsenki perspektivnosti innovatsionnykh tekhnologiy [Substantiation of the structure and tasks of the decision support system for a generalized assessment of the prospects of innovative technologies]. Naukoviy visnik

Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraïni. Seriya : Tekhnika ta energetika APK, 240, 86-93.

5. Available at: http://env-approx.org/images/documents/201/Osiyskiy_Scobley.pdf

6. Shtepa, V. M., Honcharov, F. I., Cyrovatka, M. A. (161). Obhruntuvannia ta rozrobka kryteriiu enerhoefektyvnosti funktsionuvannia elektrotekhnolohichnykh system vodopidhotovky [Substantiation and development of the criterion of energy efficiency of functioning of electrotechnological systems of water treatment]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia: Tekhnika ta enerhetyka APK, 161, 187–193.

7. Shtepa, V. M. (2018). Obhruntuvannia robochoi miry efektyvnosti elektrotekhnolohichnoi vodoochystky [Justification of the working measure of the efficiency of electrotechnical water purification]. Enerhetyka i avtomatyka, 4, 99-111.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ, СОЗДАВАЕМОЙ ПРОМЫШЛЕННЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

В. Н. Штепа, Г. М. Желновач, Д. Г. Алексеевский

Аннотация. *Основными источниками поступления загрязняющих веществ в водные объекты являются бытовые, промышленные и сельскохозяйственные предприятия. Их влияние выражается в повышении концентраций биогенных элементов, органических соединений, поверхностно-активных веществ (ПАВ), нефтепродуктов, фенолов и др. Показано, что негативное влияние усиливается нестационарностью и многофакторностью природно-техногенных процессов, причем не разработано математического аппарата, который мог бы адекватно спрогнозировать место возникновения и характер последствий потенциальных чрезвычайных ситуаций, связанных со сбросом сточных вод неконтролируемого состава. Проанализированы схемы выбора загрязняющих веществ при создании современных подходов к оценке антропогенной нагрузки. Установлено, что наиболее целесообразно применять для оперативного (в режиме реального времени) анализа антропогенной нагрузки при сбросе промышленных сточных вод аналитическую зависимость, в которой учитывается эффективность функционирования очистных сооружений путем расчета индикатора антропогенной нагрузки с интеграцией оценки эффективности водоочистки. В качестве базового электротехнического критерия, преобразованием которого получаются относительные показатели эффективности удаления загрязнителей, использовали аналитическую зависимость исследования параметров энергоэффективности. Производственная апробация оперативного анализа риска обнаруженной антропогенной нагрузки (сброс неочищенных сточных вод) электротехнологического комплекса (виртуальной меры энергоэффективности водоочистки) согласно выражения оценки индикатора происходила на предприятиях мясопереработки и малой металлургии. Установлено, что исследуемые предприятия создают значительную антропогенную нагрузку на поверхностные воды (все контрольные пробы находились в состоянии «под риском»), в то же время корректировка оборудования согласно задания уменьшения такого давления позволила*

значительно снять негативное влияние на водные объекты; вместе с тем, системно достичь состояния «без риска» удавалось лишь на металлургическом объекте, в случае же мясоперерабатывающего производства из-за очень значительных изменений характера производства показатели антропогенного воздействия лишь трижды находились в зоне «без риска».

Ключевые слова: ***электротехнологическая водоочистка, энергоэффективность, экологическая безопасность, антропогенная нагрузка, сточные воды, поверхностные воды***

JUSTIFICATION FOR THE USE OF ELECTROTECHNOLOGICAL COMPLEXES FOR OPERATING CONTROL OF ANTHROPOGENOUS LOAD, CREATED BY INDUSTRIAL INDUSTRIAL

V. Stepa, G. Zhelnovach, D. Alekseevsky

Abstract. *It is determined that the main sources of pollutants into water bodies are: domestic, industrial and agricultural enterprises. Their influence is expressed in increasing concentrations of nutrients, organic compounds, surfactants, oil products, phenols, etc. It is estimated that the negative impact is enhanced by the non-stationary and multi-factor nature of natural-technogenic processes, and no mathematical apparatus has been developed that could adequately predict the place of occurrence and the nature of the consequences of potential emergencies associated with the discharge of wastewater of an uncontrolled composition. The schemes for the selection of pollutants in the creation of modern approaches to the assessment of anthropogenic load are analyzed. It has been identified that it is more appropriate to apply for an operational (in real time) analysis of the anthropogenic load when industrial wastewater is discharged, the analytical dependence of which takes into account the effectiveness of the treatment facilities by calculating the anthropogenic load indicator with the integration of an assessment of water treatment efficiency.It is used the analytical dependence of the study of energy efficiency parameters as basic electrotechnical criterion, the conversion of which yields relative indicators of pollutant removal efficiency. The operational testing of the operational risk analysis of the detected anthropogenic load (discharge of untreated wastewater) of the electrotechnological complex (a virtual measure of energy efficiency of water treatment) according to the expression of the indicator's assessment took place at meat processing and small metallurgy enterprises. It was established that the investigated enterprises create a significant anthropogenic load on surface water (all control samples were in a "at risk" state), while adjusting the equipment according to the task of reducing such pressure made it possible to significantly remove the negative impact on water bodies; at the same time, it was only possible to achieve a "no risk" state systematically only at a metallurgical facility, but in the case of a meat processing production, due to very significant changes in the nature of production, the anthropogenic impact indicators were only three times in the "risk free" zone.*

Key words: ***electrotechnological water treatment, energy efficiency, environmental safety, anthropogenic load, waste water, surface water***