

УДК 504.7.064.3:614(083,74)

**ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА АТМОСФЕРИ
ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОДУКТУ**

Бендюг В.І., Комариста Б.М.

**POLLUTION ASSESSMENT OF SURFACE WATER AND ATMOSPHERE
DURING OF THE PRODUCT LIFE CYCLE**

Bendyug V., Komarysta B.

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И АТМОСФЕРЫ НА
ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА**

Бендюг В.И., Комаристая Б.Н.

**Національний технічний університет України «КП»,
Київ, Україна
angel2nika@gmail.com**

Робота присвячена оцінці впливу забруднення поверхневих вод та атмосферного повітря протягом життєвого циклу продукційної системи. Оцінка виконується за допомогою безрозмірних індексних показників та є частиною методології оцінки впливу життєвого циклу продукту.

***Ключові слова:** життєвий цикл, продукційна система, індексна оцінка, оцінка впливу життєвого циклу, забруднення атмосфери, забруднення поверхневих вод*

The work is to evaluate the effect of surface water and air contamination throughout a product system life cycle. Evaluation is carried out by means of dimensionless index and is part of the methodology for the product life cycle impact assessing.

***Keywords:** life cycle, product system, index score, life cycle impact assessment, sustainable development*

Робота посвящена оценке влияния загрязнения поверхностных вод и атмосферного воздуха в течение жизненного цикла продукционной системы. Оценка выполняется с помощью безразмерных индексных показателей и является частью методологии оценки воздействия жизненного цикла продукта.

***Ключевые слова:** life cycle, product system, index evaluation, life cycle impact assessment, air pollution, pollution of surface waters*

Вступ

На етапі виробництва продукту відбувається забруднення навколишнього природного середовища (НПС). Одним із видів забруднення є забруднення поверхневих вод. Проблеми забезпечення водними ресурсами є актуальними в рамках всієї планети та є одними з ключових в аспекті сталого розвитку. Тому актуальним є підтримка належного стану водних ресурсів та моніторинг якості. Для можливості дотримання якості водних ресурсів потрібно контролювати їх забруднення, яке відбувається в першу чергу за рахунок діяльності промислових підприємств, як найбільших стаціонарних джерел забруднення. Відповідно врахування забруднення

водних ресурсів повинно бути однією зі складових у методах оцінки впливу життєвого циклу (ОВЖЦ) [1–3].

Наступним видом впливу життєвого циклу (ЖЦ) продукту на етапі його виробництва є забруднення атмосфери. Як і забруднення поверхневих вод, забруднення атмосфери є дуже актуальним на даний час питанням у зв'язку з високим рівнем розвитку промисловості в розвинутих країнах. Ще більш актуальною постає ця проблема в країнах, які розвиваються швидкими темпами останнім часом, у зв'язку з високими темпами нарощування промисловості та недостатнім рівнем контролю. Забруднення атмосфери є одним з глобальних питань і важливою складовою серед проблем сталого розвитку планетарного масштабу. Як наслідок, потрібно оцінювати рівень забруднення атмосфери у методах оцінки життєвого циклу (ОВЖЦ) для можливості подальшого зменшення атмосферного забруднення та контролю якості атмосферного повітря [1-2].

1 Індекс забруднення поверхневих вод

Викиди за одиницю часу на одиницю продукту (кількість одиниць продукту виготовлена за той самий час) в поверхневій воді пропонуємо оцінювати за допомогою індексу забруднення поверхневих вод J_{PSW} .

Одним з показників, за допомогою якого проводиться оцінка забруднення поверхневих вод є значення гранично допустимих скидів (ГДС) [2]. В якості ГДС приймається максимальна маса забруднюючих речовин, що дозволена до надходження у водний об'єкт із водами й наступного відведення з нього за одиницю часу для забезпечення нормальної якості води в контрольному пункті. Рівень ГДС встановлюється з урахуванням гранично допустимої концентрації (ГДК) забруднювальної речовини в місцях водокористування, асимілювальної здатності водного об'єкту та оптимального розподілу маси забруднювачів, що скидаються водокористувачами разом із стічними водами. Також пропонується враховувати і теплове забруднення поверхневих вод. Підвищення температури води у водоймах призводить до таких негативних наслідків:

- до 26 °С шкідливого впливу не спостерігається;
- в інтервалі 26–30 °С відбувається пригнічення життєдіяльності риб;
- понад 30 °С спостерігається шкідлива дія на біоценози;
- за 34–36°С гине риба та деякі види інших організмів.

У теплих водах порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються паразитами і хворобами.

Допустимою температурою стоків вважається температура яка не більше ніж на 3 °С перевищує температуру води у водоймі.

Пропонуємо рівень забруднення поверхневих вод оцінювати за наступними залежностями (1) – (3):

$$J_{PSW} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{E_{WTR_i}}{ГДС_i} \right) + \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{T_{WSW_j}}{T_{AWB_j}} \right), \quad (1)$$

де J_{PSW} – індекс забруднення поверхневих вод (pollution of surface waters index); E_{WTR_i} – маса i -ї небезпечної речовини, що потрапляє в стічні води, т/рік; $ГДС_i$ – максимальна маса i -ої забруднюючої речовини, що дозволена до надходження у водний об'єкт із стічними водами, т/рік; T_{WSW_j} – фактична середньомісячна

температура стоків за j -й місяць року, $^{\circ}\text{C}$; T_{AWB_j} – допустима середньомісячна температура стоків за j -й місяць року, $^{\circ}\text{C}$; n – кількість забруднюючих речовин у стічних водах.

$$E_{WTR_i} = (V_{MNF} + V_{HSH} - V_{LSS}) \cdot C_i, \quad (2)$$

де V_{MNF} – об'єм водокористування для виробничих потреб, $\text{м}^3/\text{рік}$; V_{HSH} – об'єм водо-споживання для господарсько-побутових потреб, $\text{м}^3/\text{рік}$; V_{LSS} – об'єм безповоротного споживання води, $\text{м}^3/\text{рік}$; C_i – середньорічна концентрація i -ї речовини у стоку, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$T_{AWB_j} = T_{PND_j} + 3^{\circ}\text{C}, \quad (3)$$

де T_{PND_j} – середньомісячна температура води у водоймищі за j -й місяць, $^{\circ}\text{C}$.

Еталонному стану поверхневих вод буде відповідати стан при якому викиди не перевищують нормоване значення ГДС та температура стоків не перевищує допустиму, тобто значення індексу J_{PSW} не повинне перевищувати 1. Критичним будемо вважати стан при якому відбувається 6-ти кратне та більше перевищення допустимих нормованих значень забруднення поверхневих вод. У відповідності з цим пропонуємо використовувати наступну шкалу для оцінки рівнів забруднення поверхневих вод з використанням розробленого індексу J_{PSW} (табл. 1).

Для зведення до єдиної шкали оцінювання розраховуємо унітарний індекс забруднення поверхневих вод I_{SRW} (unitary index of pollution of surface waters) за наступною залежністю (4):

$$I_{SRW} = \exp(-\exp(1,135 - 3,293 \cdot 10^{-1} \cdot J_{PSW})), \quad (4)$$

де J_{PSW} – індекс забруднення поверхневих вод.

Унітарний індекс забруднення поверхневих вод змінюється в межах від 0 до 1 і може використовуватись разом з іншими індексними показниками для ОВЖЦ.

Таблиця 1

Залежність значення J_{PSW} від рівня викидів у поверхневій воді

Величина індексу J_{PSW}

Рівень викидів у поверхневій воді

$J_{PSW} < 1$	еталонний стан
$1 \leq J_{PSW} < 2$	стан добрий
$2 \leq J_{PSW} < 4$	стан задовільний
$4 \leq J_{PSW} < 6$	стан незадовільний
$J_{PSW} \geq 6$	критичний стан

2 Індекс забруднення атмосфери

Забруднення атмосфери промисловими об'єктами на стадії виробництва одиниці продукції може оцінюватись на основі гранично допустимих викидів (ГДВ). Гранично допустимий викид – обсяг (кількість) забруднювачів, що надходять в атмосферу за одиницю часу з виробничо-господарчих об'єктів, перевищення якого

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ПРОЦЕСІВ

негативно впливає на довкілля й загрожує здоров'ю людини [1-2]. Екологічно доцільно встановлювати ГДВ для кожного підприємства або джерела забруднення.

Ступінь забрудненості атмосфери однією речовиною можна виразити в загальному вигляді через парціальний індекс забрудненості (ІЗА), який розраховується за формулою (5):

$$ІЗА_j = \left(\frac{C_j}{ГДК_j} \right)^{k_j}, \quad (5)$$

де C_j – середня концентрація j -ї забруднюючої речовини; $ГДК_j$ – середньодобова гранично допустима концентрація j -ї забруднюючої речовини; k_j – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості речовини до шкідливості сірчистого газу (табл. 2).

Для розрахунку комплексного індексу забруднення атмосфери використовують значення парціальних індексів ІЗА п'яти речовин, у яких ці значення найбільші.

Для оцінки рівня забруднення атмосфери промисловим об'єктом на етапі виробництва одиниці продукції пропонуємо використовувати індекс викидів в атмосферу, який розраховується за наступною залежністю (6):

$$J_{APL} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{E_{ATM_i}}{ГДВ_i} \cdot \sum_{j=1}^m ІЗА_j}, \quad (6)$$

де J_{APL} – індекс забруднення атмосфери (air pollution index); E_{ATM_i} – кількість i -ї забруднюючої речовини, що потрапляє в атмосферу, кг/доба; $ГДВ_i$ – гранично допустимий викид в атмосферу, кг/доба; n – кількість забруднюючих речовин; $ІЗА_j$ – парціальний індекс забрудненості атмосфери j -ю речовиною; m – кількість забруднюючих речовин з найбільшим значенням ІЗА ($m = 5$).

Таблиця 2

Середнє значення константи k_j

Клас небезпеки	Характеристика класу	Константа
1	надзвичайно небезпечні	1,5
2	високо небезпечні	1,3
3	помірно небезпечні	1,0
4	мало небезпечно	0,85

Для оцінювання рівня забрудненості атмосфери пропонуємо використати нормативну шкалу для оцінки за показником $ІЗА_5$, тобто сумою індексів забрудненості для 5-ти найбільш небезпечних речовин з наявних для даного об'єкту шкідливих речовин. При цьому перевищення рівня ГДВ буде додатково збільшувати кінцеве значення індексу J_{APL} (табл. 3).

Для зведення до єдиної шкали оцінювання впливу ЖЦ продукту розраховуємо унітарний індекс забруднення атмосфери I_{ARP} (unitary index of air pollution) (7):

$$I_{ARP} = \exp(-\exp(5,748 \cdot 10^{-1} - 3,952 \cdot 10^{-2} \cdot J_{APL})), \quad (7)$$

де J_{APL} – індекс забруднення атмосфери.

Унітарний індекс забруднення атмосфери I_{ARP} , як і унітарний індекс забруднення поверхневих вод I_{SRW} , є безрозмірними індексними показниками. При цьому вони мають єдину шкалу оцінювання з межами від 0 до 1. Одиниці відповідає найгірший можливий рівень забруднення поверхневих вод чи атмосферного повітря протягом стадій життєвого циклу. В даному випадку до уваги береться стадія виробництва продукту, як найбільш шкідлива для НПС.

Таблиця 3

Залежність значення J_{APL} від рівня викидів в атмосферу

Величина індексу J_{APL}	Рівень забрудненості атмосфери
$J_{APL} < 2,5$	чиста атмосфера
$2,5 \leq J_{APL} < 7,5$	слабо забруднена атмосфера
$7,5 \leq J_{APL} < 12,5$	забруднена атмосфера
$12,5 \leq J_{APL} < 22,5$	сильно забруднена атмосфера
$22,5 \leq J_{APL} < 52,5$	високо забруднена атмосфера
$J_{APL} \geq 52,5$	екстремально забруднена атмосфера

Висновки

Запропоновані індекси забруднення поверхневих вод та забруднення атмосфери, як частина зведеної методологія ОВЖЦ продукційної системи, дозволять оцінювати вплив продукту протягом його ЖЦ на навколишнє середовище та здоров'я людини. За допомогою даних безрозмірних індексів можна проводити порівняльний аналіз різних продуктів чи продукційних систем на рівні їх впливу на НПС, а саме шкоди за рахунок забруднення поверхневих вод та атмосферного повітря, протягом усього ЖЦ. Це в свою чергу дозволить удосконалювати як технологічні системи, так і продукційні системи з метою отримання продукту з більшим рівнем сталості та ощадним відношенням до НПС та людини.

Література

1. Комариста Б.М. Визначення рівня виробничого забруднення при оцінці життєвого циклу продукту [Текст] / Б.М. Комариста, В.І. Бендюг // XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Людина. Суспільство», 27-29 травня 2015 р., Київ. – С. 167-169.
2. Бендюг В.І. Зведена методологія оцінки впливу життєвого циклу продукту [Текст], В.І. Бендюг, Б.М. Комариста, О.С. Бондаренко // Комп'ютерне моделювання в хімії, технологіях і системах сталого розвитку: Збірник наук. статей 4-ї міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 245-250.
3. Бендюг В.І. Екологічний контроль у життєвому циклі продукту [Текст] / В.І. Бендюг, Б.М. Комариста // V Міжнародна науково-практична конференція «Иновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды», 23-24 березня 2016 р., Харків. – С. 89-91.