

УДК 519.713: 631.411.6

# КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ MIPS- І РИЗИК-АНАЛІЗУ

Т. В. Козуля

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: kozulia@kpi.kharkov.ua

Д. І. Ємельянова

Аспірант\*

E-mail: sone4ko-2008@yandex.ru

М. М. Козуля\*

\*Кафедра комп'ютерного

моніторингу і логістики

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

вул. Фрунзе, 12, м. Харків, Україна, 61002

*У статті розглянуті завдання формування нових підходів у теоретичному аспекті методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності системних природно-техногенних об'єктів на основі MIPS- і ризик-аналізу. Сформовано схему алгоритмічного забезпечення комплексного аналізу для розв'язання задач екологічної безпеки на рівні природно-техногенних комплексів. Дослідження за методологією комплексної оцінки екологічності на рівні системних об'єктів дозволяє урахувати трансформаційні процеси дестабілізації екологічної безпеки*

*Ключові слова: ризик-аналіз, комплексна оцінка якості, MIPS-аналіз, індекс забруднення водного середовища*

*В статье рассмотрены задачи формирования новых подходов в теоретическом аспекте методического обеспечения комплексной оценки экологичности системных природно-техногенных объектов на основе MIPS- и риск-анализа. Сформирована схема алгоритмического обеспечения комплексного анализа для решения задач экологической безопасности на уровне природно-техногенных комплексов. Исследования по методологии комплексной оценки экологичности на уровне системных объектов позволяют учесть трансформационные процессы дестабилизации экологической безопасности*

*Ключевые слова: риск-анализ, комплексная оценка качества, MIPS-анализ, индекс загрязнения водной среды*

## 1. Вступ

Згідно з концепцією сталого розвитку пріоритетним є визначення безпечних екологічно-техногенних умов для збереження якості навколишнього природного середовища (НПС), формування механізмів раціонального використання природних ресурсів та визначення допустимих меж небезпечності для негативних факторів впливу на здоров'я населення [1].

Актуальним у межах розв'язання задач сталого розвитку і проблемних питаннях концепції національної екологічної політики є визначення методики комплексної оцінки екологічності системних утворень, що містять природну складову і потребують її збереження за станом і функціональними можливостями. Екологічна стійкість системи ПТК ґрунтується на синергетичності ефектів негативного впливу, їх ролі в самоорганізації і стабілізації стану природно-техногенних систем і визначається на основі причинної моделі «вплив – навантаження – стан – реакція» [2–4].

## 2. Літературний огляд

Основи концепції комплексної екологічної оцінки природно-техногенних об'єктів викладені у ро-

ботах, пов'язаних з питань екологічної безпеки щодо техніко-економічного дослідження (Г. В. Лисиченко [5], М. С. Мальований [6], Г. О. Білявський [7] та інші), MIPS- і ризик-аналізу (А. Б. Качинський [8], Є. О. Яковлев [3], Статюха Г. О. [9], Сергиєнко О. [10], Риттхофф М. [11], Верник І. К. [12], Визен К. [13], Сокорнова Т. В. [14] та ін.).

Аналіз результатів досліджень в області екологічної безпеки в окремих складних системах (еколого-економічна, соціально-екологічна, соціально-економічна) визначив, що загальна екологічна оцінка стосується стану об'єктів моніторингу. Прийняття рішення за цих умов не враховує трансформаційні процеси, які відбуваються при переході до нового стану в урбанізованій екосистемі та вплив негативних техногенних факторів на здоров'я населення у разі перевищення гранично допустимих рівнів забруднення.

Таким чином, доцільним і необхідним стає формування комплексної моделі дослідження, наданої у вигляді системного утворення – «стан<sub>0</sub> системи НПС–процес–стан<sub>1</sub> НПС», що дозволить на основі всебічного аналізу стану системних об'єктів встановити механізми саморегулювання гомеостазу в системах і визначити синергетичні процеси, які потребують підтримки для забезпечення безпечного розвитку [15].

### 3. Мета роботи

Метою роботи є розробка методичної, інформаційної і алгоритмічної підтримки розв'язання задачі комплексної оцінки техногенного навантаження на об'єкти навколишнього природного середовища (НПС), що передбачає розв'язання таких задач:

1. Визначення теоретичних основ формування комплексної екологічної оцінки факторів навантаження техногенних систем на стан природної складової об'єктів дослідження;
2. Формування системи оцінювання з урахуванням специфіки функціонування і екологічної поведінки системних об'єктів;
3. Розробка алгоритмічного забезпечення встановлення рівня екологічності систем НПС і процесів в них з метою встановлення негативних факторів порушення гомеостазу ПТК, надання комплексної оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів;
4. Практична реалізація наданої методики комплексної оцінки екологічності стану техногенно-навантажених об'єктів з визначенням небезпечних факторів дестабілізації компонентів природного середовища.

### 4. Методика комплексної екологічної оцінки

Формування методики комплексної оцінки екологічності за принципами гармонізації сталого розвитку еколого-економічної системи полягає у встановленні зовнішніх і внутрішніх факторів деструктивних процесів, що призводять до зменшення рівня екологічної безпеки і можливостей зниження негативного впливу ПТК на об'єкти НПС (рис. 1) [4].



Рис. 1. Принципи комплексної оцінки екологічності ПТК

Комплексність системи оцінювання екологічної якості НПС в умовах техногенного навантаження забезпечується в теоретико-практичному плані системою екологічного менеджменту (MIPS-аналіз) і теорією ризик-аналізу. Це дозволяє встановити негативні фактори впливу техногенних об'єктів, виявити процеси, що призводять до зменшення екологічної безпеки природно-техногенних комплексів.

Показники MIPS враховують усі джерела споживання ресурсів на кожній стадії життєвого циклу техногенного об'єкта, оцінюють його потенційний вплив на глобальному рівні і завдяки цьому враховують негативний вплив на компоненти системи НПС [10–14]. На відміну від показників, які встановлюють ступінь

негативного впливу на об'єкти НПС, MIPS-аналіз визначає загальний рівень екологічності цілісної природно-техногенної системи.

Характерною рисою MIPS-аналізу є статичність, його розрахункові значення визначають вплив на компоненти НПС матеріально-енергетичних потоків відповідно до кількості виробленої чи утилізованої продукції. Отримані оцінки для різних складових об'єкта зів'язані з урахуванням особливостей отриманих результатів у вигляді MIPS-чисел. Однак остаточної інформації, що відбувається в об'єкті дослідження не буде встановлено.

За цих умов доцільно дану методику доповнити додатковим аналізом стосовно екологічного ризику негативного впливу як міри відхилення від природних чи нормативних показників якості систем природного середовища, включаючи і стан людини. Запропонований підхід у розв'язанні задачі комплексного оцінювання дозволить врахувати невизначеність стану природних систем, особливо при дії техногенних факторів, надати динамічності у вивченні стану «людина – НПС» за рахунок дослідження процесів в об'єктах довкілля за участю складових факторів впливу [8–15].

Екологічний ризик є оцінкою порушення динамічної рівноваги в екологічних системах, що призводить до зміни параметрів характеристик їх абіотичних і біотичних складових, умов, стану і перебігу природних процесів, життєвого циклу ПТК. Отже, використання MIPS-аналізу дозволить визначити загальне навантаження на техногенно-природні системи, ризик-аналіз – фактори дестабілізації екологічного гомеостазу в ПТК і спрогнозувати негативні наслідки від техногенного впливу на об'єкти НПС (рис. 2).

Таким чином, математичне забезпечення комплексної екологічної оцінки стану ПТК ґрунтується на основі розрахунку MIPS-показників з урахуванням особливостей системи «речовина-середовище» і екологічних ризиків з урахуванням нормативних характеристик компонентів НПС (атмосферне повітря, ґрунти, водне середовище).

У статті пропонується розробити алгоритм комплексної оцінки екологічності ПТК для компоненту водного середовища НПС. Екологічність ПТК за MIPS-аналізом визначається на основі MI-чисел і показників кількості продукції. MI-числа є характеристиками загальної кількості природної сировини (у кг або т), яка необхідна для виробництва або утилізації 1 кг (т) основного продукту:

$$MIPS_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n MI_i \cdot C_i \cdot x_j}{S_j}, \quad (1)$$

де  $MI_i$  – матеріальна інтенсивність  $i$ -ї забруднюючої речовини для водного середовища,  $C_i$  – концентрація  $i$ -ї забруднюючої речовини у водному середовищі;  $x_j$  – загальна кількість викидів для  $j$ -го об'єкта дослідження;  $S_j$  – результати діяльності у вигляді продуктивності систем, кількості виготовленої продукції тощо [11].



Рис. 2. Система комплексної оцінки екологічної якості об'єктів НПС

Визначення ризиків негативного техногенного впливу на системи ПТК встановлюється через зв'язок індексів забруднення компонентів природного середовища із встановленим (прийнятним) рівнем екологічного ризику [9, 16]:

$$R_j = a \cdot \exp[b \cdot (1 - I_j)] \tag{2}$$

де  $R_j$  – екологічний ризик за  $j$ -м видом забруднення (дослідженні забруднення водного середовища),  $a, b$  – константи екологічної сталості для України ( $a = 4,99 \cdot 10^{-6}$ ,  $b = -7,557$ ),  $I_j$  – індекс забруднення, наданий за  $j$ -м видом забруднення (у дослідженні забруднення водного середовища):

$$I_j = \exp\{-[\exp(1,135 - 3,293 \cdot 10^{-1} \cdot IZV)]\} \tag{3}$$

де  $IZV$  – індекс забруднення водної системи, розрахований за формулою

$$IZV = \frac{C_i}{GDK \cdot K_i} \tag{4}$$

де  $C_i$  – концентрація у водному об'єкті  $i$ -го інгредієнта,  $GDK$  – гранично допустима концентрація у водному об'єкті  $i$ -го інгредієнта,  $K_i$  – клас небезпеки  $i$ -го інгредієнта для водного середовища (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація якості води за показником ІЗВ

Клас якості	Значення ІЗВ	Характеристика якості
I	≤ 0,3	Чиста
II	> 0,3-1,0	Відносно чиста
III	> 1,0-2,5	помірно забруднена
IV	> 2,5-4,0	забруднена
V	> 4,0-6,0	Брудна
VI	> 6,0-10,0	дуже брудна
VII	> 10,0	надзвичайно брудна

Оцінка рівня екологічного ризику здійснюється відповідно до прийнятих допустимих його значень (табл. 2) [8].

Таблиця 2

Класифікація рівнів екологічного ризику на об'єкти НПС

Рівень ризику	Значення ризику
Неприйнятний	>10 <sup>-6</sup>
Прийнятний	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-8</sup>
Безумовно прийнятний	<10 <sup>-8</sup>

Таким чином, послідовність комплексного використання MIPS-аналізу та визначення ризик-параметрів впливу на об'єкти НПС з визначенням небезпечних факторів дестабілізації стану НПС здійснюється відповідно до запропонованого алгоритму (рис. 3).

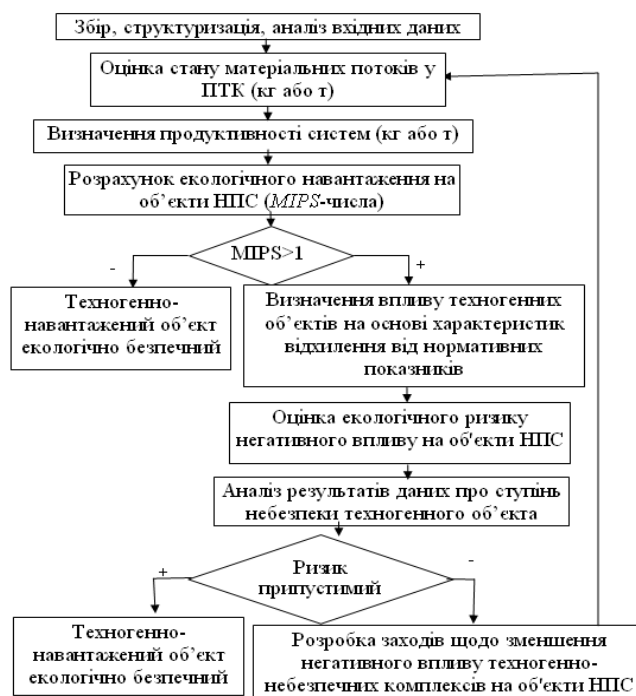


Рис. 3. Алгоритмічне забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-навантажених територій

Опис територіально-об'єктових угруповань як системних об'єктів за методикою комплексної оцінки екологічності дозволяє при визначенні рівня безпечності ситуації за результатами моніторингу факторів порушення рівноваги урахувати хіміко-трансформаційні перетворення в системах НПС і встановити механізми регулювання якості техногенно-навантажених територій, спираючись на синергетичні дії самоорганізації систем [4].

### 5. Апробація результатів дослідження

Реалізація методики комплексної оцінки екологічності ПТК проводилась на основі даних еко-

логічного моніторингу діяльності полігонів твердих побутових відходів (ПТТВ) у Харківській області (м. Дергачі) (рис. 4, а) і м. Рівне (рис. 4, б) (табл. 3).

Таблиця 3  
Загальна характеристика Дергачівського і Рівненського ПТТВ

Характеристики	Рівненський ПТТВ	Дергачівський ПТТВ
Рік заснування	1959	1975
Кількість ТПВ за рік, т	80,000	120,000
Площа, га	18,0	5
Глибина, м	20-30	30
Кількість накопичених ТПВ (млн. т)	3-4	5,9

За наданим вище алгоритмом оцінки якості складного систем-системного утворення з використанням MIPS-чисел, ризик-характеристик щодо стану об'єктів і процесів, пов'язаних з порушенням їх екологічності, одержано комплексну оцінку території дослідження з визначенням показників напруження і процесів дестабілізації екологічної безпеки (табл. 4, табл. 5).



а



б

Рис. 4. Карта територій дослідження: а – Рівненський ПТТВ; б – Дергачівський ПТТВ

Таблиця 4  
Розрахунок показників комплексної оцінки екологічності об'єктів на території Рівненського ПТТВ

Показники мг/дм <sup>3</sup>	Значення	ГДК мг/л	MI	MIPS	K	IЗВ	I	RISK
pH	10,5	8,5	–	–	–	1,24	0,13	1,3·10 <sup>-5</sup>
Хлориди	3533	350	100,9	0,3565	3	3,36	0,36	7,5·10 <sup>-5</sup>
Сульфати	240	500	4,1	0,001	3	0,16	0,05	7,4·10 <sup>-6</sup>
Аміак	н/в	2	10,11		4	–	–	7·10 <sup>-6</sup>
Нітрити	5,15	3,3	93,2	0,0005	2	0,78	0,09	9,9·10 <sup>-6</sup>
Нітрати	29	45	58,01	0,0017	3	0,22	0,05	7,6·10 <sup>-6</sup>
Азот загальн	2100	0,4	33,18	0,0697	3	1750	1	0,0095
Фосфор загальн	39	0,2	–	–	4	48,75	1	0,0095
Флориди	0,026	1,5	7,92	2·10 <sup>-7</sup>	3	0,0058	0,04	7·10 <sup>-6</sup>
Ціаніди	0,007	0,1	167,36	1·10 <sup>-6</sup>	2	0,035	0,05	7·10 <sup>-6</sup>
Свинець	0,39	0,1	15,6	6·10 <sup>-6</sup>	1	3,9	0,42	12·10 <sup>-5</sup>
Мідь	0,00091	0,01	85,51	8·10 <sup>-8</sup>	3	0,03	0,04	7·10 <sup>-6</sup>
Нікель	0,00032	0,1	233,34	7·10 <sup>-8</sup>	2	0,0016	0,04	7·10 <sup>-6</sup>
Ртуть	0,013	0,0005	–	–	1	26	0,99	0,009
Хром загальн	2,3	0,05	221,36	0,0005	3	15,33	0,98	0,008
Залізо	65,5	0,3	193,76	0,0127	4	54,58	1	0,009
Алюміній	1335	0,5	539,21	0,7198	4	667,5	1	0,009
Фенол	0,78	0,005	18,72	10 <sup>-5</sup>	2	78	1	0,009
Вуглеводороди	3,5	0,1	28,23	10 <sup>-4</sup>	2	17,5	0,99	0,008
Галоген органічні сполуки	0,065	0,001	87,55	6·10 <sup>-6</sup>	2	32,565	0,99	0,009



Таблиця 5

## Розрахунок показників комплексної оцінки екологічності об'єктів НПС для Дергачівського ПТПВ

Показники мг/дм <sup>3</sup>	Значення	ГДК мг/л	МІ	MIPS	К	IЗВ	I	RISK
Хлориди	3500	350	100,9	0,3532	3	3,33	0,35	$7,25 \cdot 10^{-5}$
Сульфати	1000	500	4,1	0,0041	3	0,67	0,08	$9,3 \cdot 10^{-6}$
Аміак	20	2	10,11	0,0002	4	2,5	0,26	$3,43 \cdot 10^{-5}$
Нітрити	30	3,3	93,2	0,0028	2	4,55	0,5	$21 \cdot 10^{-5}$
Нітрати	450	45	58,01	0,0261	3	3,33	0,35	$7,25 \cdot 10^{-5}$
Свинець	0,01	0,03	15,6	$2 \cdot 10^{-7}$	2	0,167	0,05	$7,11 \cdot 10^{-6}$
Мідь	0,0002	0,01	85,51	$2 \cdot 10^{-8}$	3	0,077	0,05	$7 \cdot 10^{-6}$
Нікель	0,0002	0,1	233,3	$5 \cdot 10^{-8}$	2	0,00115	0,04	$6,99 \cdot 10^{-6}$

Розрахований екологічний ризик на території Дергачівського і Рівненського ПТПВ за дією хімічних факторів впливу на водні системи відповідно до нормативів стану (табл. 1) визначений як прийнятний, чинниками дестабілізуючої дії визнано хлориди, азот, ртуть, фосфор, хром, залізо, алюміній (табл. 4); хлориди, нітрити, нітрати (табл. 5). Отримані результати порівнювалися з наявними оцінками стану даних територій за екологічним моніторингом [17, 18].

## 6. Висновки

Дослідження задачі оцінки якості НПС відповідно до концепції сталого розвитку з метою формування методики комплексної оцінки екологічності системних природно-територіальних комплексів дозволили отримати такі методичні і практичні результати:

- визначені теоретичні основи формування комплексної екологічної оцінки факторів навантаження техногенних систем на стан об'єктів НПС (рис. 2, формули (1)–(4));

- надано алгоритмічне забезпечення з екологічної оцінки системних об'єктів на основі MIPS-аналізу і ризик-оцінки (рис. 3);
- показана перспективність реалізації комплексного підходу для розв'язання практичних задач екологічної безпеки на прикладі оцінки рівня безпеки функціонування полігонів твердих побутових відходів в межах різних адміністративних районів (рис. 4, табл. 4, 5).

Опис територіально-об'єктових угруповань як системних об'єктів дослідження за методологією комплексної оцінки екологічності дозволяє при визначенні рівня безпечності ситуації за результатами моніторингу факторів порушення рівноваги урахувати трансформаційні процеси дестабілізації екологічної безпеки, що дає підстави для встановлення комплексного механізму управління якістю техногенно-навантажених територій за рахунок науково-обґрунтованого сполучення техногенних потоків з метою регульованого зменшення екологічного ризику.

## Література

- Згуровський, М. З. Оценивание устойчивого развития окружающей среды на субнациональном уровне в Украине [Текст] / М. З. Згуровський, Г. А. Статюха, И. Н. Джигирей // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 4. – С. 17–20.
- Згуровський, М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей [Текст] / М. З. Згуровський, А. Д. Гвишиани. – К.: Політехніка, 2008. – 331 с.
- Биченок, М. М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. Монографія [Текст] / М. М. Биченок, С. П. Іванюта, Є. О. Яковлев – К.: РНБО, 2009. – 160 с.
- Козуля, Т. В. Теоретико-практичні основи методології комплексної оцінки екологічності територіальних і об'єктових систем [Текст] / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, Д. І. Ємельянова, М. М. Козуля // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. – № 01 (011). – С. 37–45.
- Лисиченко, Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління [Текст] / Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль – К.: Наук. думка, 2008. – 543 с.
- Харламова, Е. В. Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона [Текст] / Е. В. Харламова, М. С. Малеваный, Л. Д. Пляцук // Екологічна безпека – 2012. – № 1 (13). – С. 9–12.
- Шевчук, В. Я. Екологічне управління / В. Я. Шевчук, Ю. М. Сатанкін, Г. А. Білявський та ін.; під ред. Г. А. Білявського. – К.: Лебідь, 2004. – 430 с.
- Качинский, А. Б. Структурный анализ системы обеспечения экологической и природно-техногенной безопасности Украины [Текст] / А. Б. Качинский, Н. В. Агаркова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2013. – № 1. – С. 7–15.
- Статюха, Г. О. Системний підхід до оцінювання ризиків при проектуванні промислових об'єктів [Текст] / Г. О. Статюха, Т. В. Бойко, А. О. Абрамова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 2, 14 (56). – С. 8–12.

10. Сергиенко, О. Основы теории эко-эффективности: монография [Текст] / О. Сергиенко, Х. Рон. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.
11. Риттхофф, М. Вычисления MIPS: ресурсная продуктивность продукции и услуг [Текст] / М. Риттхофф; под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – Основы теории эко-эффективност. СПб, 2004. – 246 с.
12. Wernick, I. K. Material Flows Accounts—A Tool for Making Environmental Policy, WRI Report [Text] / I. K. Wernick, F. H. Irwin. – World Resource Institute: Washington, DC, USA, 2005. –246 p.
13. Wiesen, K. Calculating the material input per service unit using the ecoinvent database [Text] / K. Wiesen, M. Saurat, M. Lettenmeier // International journal of performativity engineering. – 2014. – Vol. 10, №. 4. – P. 357–366.
14. Сокорнова Т. В. Выбор и использование показателей экологической эффективности: практика ЕС [Текст] / Т. В. Сокорнова // Экология производства. – 2005. – № 7. – С. 32–44.
15. Козуля, Т. В. Система підтримки прийняття екологічного рішення в умовах концепції КЕС і новітніх технологій екологічного аналізу [Текст] / Т. В. Козуля, Д. І. Ємельянова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 2 (38). – С. 285–293.
16. Бойко, Т. В. Оцінка ризику промислового підприємства на стадії проектування в рамках стратегії сталого розвитку [Текст] / Т. В. Бойко, В. І Бендюг, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 2, 14 (56). – С. 13–17.
17. Солоха, М. О. Методологія оцінки впливу стихійних звалищ на екологічний стан (на прикладі Дергачівського району Харківської області) [Текст] / М. О. Солоха, Е. О. Кочанов // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Сер.: Екологія. – 2011. – № 944, Вип. 6 – С. 73–76
18. Лико, Д. В. Проблемні питання щодо поводження з відходами та їх утилізації в Рівненській області [Текст] / Д. В. Лико, І. В. Гуцук // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 47–49

*В роботі представлені результати дослідження бактерицидного знезараження повітря ультрафіолетовим випромінюванням. На основі проведених досліджень запропоновано пристрій для знезараження повітря в присутності людей. З метою ефективності бактерицидного знезараження рекомендується враховувати поверхневу дозу опромінення, що не залежить від геометричних розмірів камери опромінення. Проведені розрахунки і вимірювання необхідної дози інактивації бактерій*

*Ключові слова: УФ-випромінювання, УФ-пристрої, бактерицидне знезараження, ультрафіолетові лампи, опромінювачі, бактерицидний потік*

*В работе представлены результаты исследования бактерицидного обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением. На основе проведенных исследований предложено устройство для обеззараживания воздуха в присутствии людей. В целях эффективности бактерицидного обеззараживания рекомендуется учитывать поверхностную дозу облучения, что не зависит от геометрических размеров камеры облучения. Проведенные расчеты и измерения необходимой дозы инактивации бактерий*

*Ключевые слова: УФ-излучение, УФ-устройства, бактерицидное обеззараживание, ультрафиолетовые лампы, облучатели, бактерицидный поток*

УДК 621.327

# ПРИСТРОЇ ДЛЯ БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

**А. О. Семенов**

Кандидат фізико-математичних наук, доцент\*

E-mail: a-semenov@li.ru

**Г. М. Кожушко**

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: tovarovedkafedra@mail.ru

\*Кафедра товарознавства

непродовольчих товарів

Полтавський університет економіки і торгівлі

вул. Коваля, 3, м. Полтава, Україна, 36000

## 1. Вступ

В світовій практиці визнано, що ультрафіолетове (УФ) бактерицидне випромінювання є дієвим профілактичним санітарно-епідеміологічним засобом, що

подавляє життєздатність мікроорганізмів у повітряному та водному середовищах [1–4].

Ультрафіолетова компонента сонячного світла є головною причиною загибелі мікроорганізмів в оточуючому повітрі. Енергія ультрафіолетової компоненти