

УДК 519.876.5::628.472

**В. Ю. Колосков**, к. т. н., доц., доц. каф.  
Національний університет цивільного захисту України  
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧУЩИХ ПОКАЗНИКІВ КРИТЕРІЮ ЕКОЛОГІЧНОГО РЕЗЕРВУ ТЕРИТОРІЙ, ПРИЛЕГЛИХ ДО МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ

Вдосконалено інтегральний критерій оцінювання екологічного стану території за показником рівня її екологічного резерву. Новизна отриманого результату полягає у використанні в якості значущих показників для оцінювання відгуків навколишнього природного середовища на дію факторів негативного впливу за критерієм екологічного резерву величин, які характеризують деградаційні процеси в екосистемах. Запропоновано обрати для визначення ефекту прямої дії у короткотерміновій перспективі величину площі деградаційних процесів в екосистемі разом з продуктивністю видів-індикаторів першого трофічного рівня. Для прогнозування динаміки деградації на середній та довгий термін запропоновано визначати швидкість зміни площі деградації та чисельність популяції видів-індикаторів четвертого трофічного рівня. Використання вдосконаленого критерію екологічного резерву дозволяє вдосконалити метод оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, та прогнозування рівня безпеки подібних об'єктів за показниками якості довкілля та параметрами об'єкту, які визначають фактори ризику виникнення надзвичайної ситуації.

**Ключові слова:** екологічний стан, інтегральний критерій, екологічний резерв, ступінь деградації, відходи.

**Постановка проблеми.** У лютому 2015 року до Закону України від 19.06.2003 р. № 964-IV «Про основи національної безпеки України» було внесено ряд суттєвих доповнень стосовно визначення загроз та напрямів державної політики у сфері цивільного захисту. Зокрема, до переліку загроз національним інтересам та національній безпеці держави у сфері цивільного захисту включено значне антропогенне і техногенне перевантаження території України, а також зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру. Як результат, серед напрямів державної політики України у сфері цивільного захисту наразі водночас представлено наступне:

– життя організаційних, економічних, інженерно-технічних та інших заходів для зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій до прийнятних рівнів;

– підвищення рівнів екологічної, ядерної та радіаційної безпеки до норм і стандартів у відповідних сферах.

Таким чином, можна стверджувати, що у сучасних умовах сформовано правові засади переходу до комплексного вирішення питань забезпечення екологічної безпеки та зменшення ризиків виникнення НС на об'єктах, які є джерелом негативного впливу на навколишнє природне середовище, зокрема, місцях зберігання відходів.

Законом України від 18.01.2003 р. № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки» об'єкт підвищеної небезпеки визначено як такий, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин або категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, або будь-якого іншого, що є реальною загрозою виникнення надзвичайної

ситуації техногенного та природного характеру. Як можна бачити, під наведене визначення підпадають, зокрема, місця зберігання усіх видів відходів, як санкціоновані, так і несанкціоновані. Вказані об'єкти водночас включені й до «Переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 28.08.2013 р. № 808, при цьому об'єктами підвищеної екологічної небезпеки вважаються об'єкти захоронення не лише небезпечних, а й побутових відходів.

Стосовно місць зберігання відходів в Україні та світі відомі чисельні приклади катастроф – зсувів, пожеж, підтоплень, тощо. В Україні, як і у більшості країн пострадянського простору, окремого врахування пожеж, що відбуваються у місцях зберігання відходів, накопичення сміття, тощо, до останнього часу не проводилося. Підтвердженням цьому є результати вивчення матеріалів зі зведених статистичних показників стосовно об'єктів виникнення пожеж, накопичених вітчизняними та закордонними дослідниками. Зокрема, у матеріалах аналізу масиву карток обліку пожеж, розміщених на офіційному веб-сайті Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту (УкрНДЦЗ) [1], об'єкти пожеж поділяють на такі групи:

- споруди виробничого призначення;
- торговельно-складські споруди;
- соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди;
- тваринницькі будівлі;
- інші сільськогосподарські об'єкти;
- споруди житлового сектора, включаючи житлові будинки;
- інші об'єкти.

Як можна побачити, у вітчизняній практиці класифікації пожеж переважає підхід, орієнтований на першочергове урахування пожеж у будівлях та

спорудах різного призначення. Безумовно, істотним підґрунтям для цього є той факт, що більшість людей гине та отримує травми під час саме таких подій. Втім, у читача, не обізнаного зі специфікою обліку пожеж, може скластися враження, що пожежі у місцях зберігання відходів не є достатньо поширеними в Україні, адже вже при першому погляді виникає природне бажання віднести місця розташування сміття до категорії інших об'єктів. Статистичні показники розподілу об'єктів виникнення пожеж у період з 2012 по 2016 рік за даними УкрНДЦЗ [1], представлені у

таблиці 1, демонструють невинне зростання доли об'єктів цієї категорії разом зі збільшенням загальної кількості пожеж в Україні. Втім, цей показник обчислено за всіма можливими видами інших об'єктів укупі, він дорівнює менш ніж 25 %, а отже пожежі у місцях зберігання та накопичення відходів мали б становити ще меншу кількість. У повідомленнях ж засобів масової інформації увагу, як правило, звертають на великі за масштабом події, про що, зокрема, свідчить перелік пожеж на сміттєзвалищах, який висвітлений в останні роки у вітчизняній пресі (таблиця 2).

Таблиця 1 – Розподіл об'єктів виникнення пожеж у період з 2012 по 2016 рік (за даними УкрНДЦЗ) [1]

Категорії об'єктів пожеж	Звітні роки				
	2012	2013	2014	2015	2016
Загальна кількість пожеж, у т.ч.:	71443	61114	68879	79581	74221
споруди виробничого призначення	466 (0,7 %)	449 (0,7 %)	518 (0,8 %)	462 (0,6 %)	507 (0,7 %)
торговельно-складські споруди	916 (1,3 %)	871 (1,4 %)	987 (1,4 %)	828 (1,0 %)	850 (1,1 %)
соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди	491 (0,7 %)	404 (0,7 %)	703 (1,0 %)	522 (0,7 %)	466 (0,6 %)
тваринницькі будівлі	20 (0,03 %)	15 (0,05 %)	23 (0,03 %)	19 (0,02 %)	20 (0,03 %)
інші сільськогосподарські об'єкти	96 (0,07 %)	88 (0,15 %)	127 (0,17 %)	103 (0,08 %)	101 (0,17 %)
споруди житлового сектора	56258 (78,7 %)	47408 (77,6 %)	52049 (75,6 %)	59198 (74,4 %)	53591 (72,4 %)
інші об'єкти	13196 (18,5 %)	11879 (19,4 %)	14472 (21,0 %)	18449 (23,2 %)	18686 (25,0 %)

Таблиця 2 – Перелік пожеж у місцях зберігання відходів в Україні у період з 2012 по 2017 рік (за даними засобів масової інформації) [3]

Назва об'єкту та місце його розташування	Дата	Загальна площа спалахування, м <sup>2</sup>
Полігон зберігання ТПВ, м. Одеса	26.06.2017 р.	5000
Полігон зберігання ТПВ, м. Пирятин, Полтавська обл.	06.06.2017 р.	500
Несанкціоноване сміттєзвалище, с. Рожни, Київська обл.	01.06.2017 р.	20000
Полігон зберігання ТПВ, м. Лубни, Полтавська обл.	30.05.2017 р.	18000
Полігон зберігання ТПВ, с. Макухівка, Полтавська обл.	28.05.2017 р.	1500
Полігон зберігання ТПВ, с. Нові Петровці, Київська обл.	17.05.2017 р.	17000
ТОВ «Сміттепереробний завод», Харківський район, Харківська обл.	04.05.2017 р.	700
Полігон зберігання ТПВ, м. Житомир	03.04.2017 р.	2000
Полігон зберігання ТПВ, м. Жовті Води, Дніпропетровська обл.	19.09.2016 р.	1300
Полігон зберігання ТПВ, с. Свидівок, Черкаська обл.	05.09.2016 р.	400
Законсервованій полігон зберігання ТПВ, с. Трипілля, Київська обл.	13.07.2016 р.	6000
Полігон зберігання ТПВ, с. Весняне, Миколаївська обл.	07.07.2016 р.	3000
Несанкціоноване сміттєзвалище, м. Миколаїв	21.06.2016 р.	2500
Полігон зберігання ТПВ, с. Великі Грибовичі, Львівська обл.	29.05.2016 р.,	2000
Полігон зберігання ТПВ, с. Броска, Одеська обл.	17.06.2016 р.	400
Полігон зберігання ТПВ, м. Жидачів, Львівська обл.	14.06.2016 р.	3500
Полігон зберігання ТПВ, м. Виноградів, Закарпатська обл.	14.08.2015 р.	25000
Несанкціоноване сміттєзвалище на території судноремонтного заводу, м. Миколаїв	12.08.2015 р.	500
Несанкціоноване сміттєзвалище, м. Київ	03.06.2015 р.	15000
Полігон зберігання ТПВ, м. Хмельницький	02.08.2014 р.	70000
Стихийне сміттєзвалище, м. Люботин, Харківська обл.	13.12.2013 р., 20.08.2014 р.	10000
Полігон зберігання ТПВ, м. Новомосковськ, Дніпропетровська обл.	17.06.2012 р.	40000

Альтернативним джерелом інформації стосовно загальної кількості та розподілу пожеж в Україні та світі є серія статистичних звітів [2], які готує щорічно Центр пожежної статистики Міжнародної асоціації пожежно-рятувальних служб (МАПРС). Як свідчать представлені на офіційному веб-сайті МАПРС дані, Україна до 2014 року не надавала окремо інформації стосовно пожеж, пов'язаних зі спалахуванням сміття. У звіті за 2015 рік дані стосовно цієї групи об'єктів в Україні знову зникають, однак, натомість, з'являється відповідна кількість пожеж, пов'язаних зі спалахуванням трави та кущів.

Втім, навіть наявна статистика за один 2014 рік демонструє разючу різницю з розглянутими раніше результатами. Як можна побачити, доля пожеж у місцях зберігання та накопичення сміття та відходів за даними, наданими Україною МАПРС, становить майже на 14 відсотків більше за величину, розраховану в матеріалах УкрНДЦЗ для усієї категорії інших об'єктів. Слід відзначити, що наведена у аналізованих джерелах загальна кількість пожеж для України дещо відрізняється – за даними Центра пожежної статистики МАПРС в Україні у 2014 році сталося 70902 пожежі, що становить на 2023 пожежі більше за відповідне значення, представлене в аналітичних матеріалах УкрНДЦЗ. Однак, навіть додавши цю різницю до повної кількості пожеж категорії «інші об'єкти», ми отримуємо значення на 8228 менше за надану МАПРС кількість.

Ще більш вражаюче виглядають дані стосовно розподілу об'єктів виникнення пожеж для м. Києва, адже кількість пожеж у місцях накопичення сміття виявляється навіть більшою за кількість пожеж у будівлях. Пояснити таке розходження у результатах можна лише за умови, що частину пожеж, пов'язаних зі спалахуванням сміття у місцях його накопичення та зберігання у національних статистичних звітах було віднесено до категорій пожеж у різних типах споруд та будівель. Для порівняння у таблицях 3 та 4 наведено статистичні дані МАПРС щодо пожеж у місцях зберігання відходів у країнах та великих містах світу.

Як можна бачити, більшість з врахованих випадків пожеж у місцях накопичення та зберігання відходів було зареєстровано у країнах Східної Європи, серед яких, на жаль, Україна є беззаперечним лідером. Загальносвітова статистика виглядає порівняно кращою, однак для багатьох країн випадки подібних пожеж взагалі не враховуються при формуванні відповідних звітних даних, що суттєвим чином впливає на отримані результати. Також за результатами аналізу можна визначити загальну тенденцію до збільшення долі пожеж зі спалахуванням сміття та відходів у великих містах у порівнянні з показниками відповідних країн.

Таблиця 3 – Пожежі у країнах світу у 2014 році (за даними Міжнародної асоціації пожежно-рятувальних служб) [2]

Назва країни	Загальна кількість пожеж	Кількість пожеж у місцях зберігання відходів
Сполучені Штати Америки	1298000	157500 (12,1 %)
Польща	145237	3100 (2,1 %)
<b>Україна</b>	<b>70902</b>	<b>24723 (34,9 %)</b>
Болгарія	23199	4868 (21,0 %)
Угорщина	19536	1014 (5,2 %)
Чехія	17391	2656 (15,3 %)
Сербія	16805	2717 (16,2 %)
Литва	13324	2920 (21,9 %)
Латвія	9821	2316 (23,6 %)
Хорватія	7307	1454 (19,9 %)
Естонія	6871	1819 (26,5 %)
Вірменія	6202	723 (11,7 %)
Ліхтенштейн	24	1 (4,2 %)
<i>Інші країни</i>	<i>479069</i>	–
<b>Загалом</b>	<b>2113688</b>	<b>205811 (9,7 %)</b>

Таблиця 4 – Пожежі у найбільших містах світу у 2014 році (за даними Міжнародної асоціації пожежно-рятувальних служб) [2]

Назва міста та країни	Загальна кількість пожеж	Кількість пожеж у місцях зберігання відходів
Париж, Франція	13809	3428 (24,8 %)
<b>Київ, Україна</b>	<b>5126</b>	<b>2223 (43,4 %)</b>
Варшава, Польща	4257	1210 (28,4 %)
Белград, Сербія	3333	689 (20,7 %)
Рига, Латвія	3033	842 (27,8 %)
Софія, Болгарія	2929	971 (33,2 %)
Будапешт, Угорщина	2421	87 (3,6 %)
Таллінн, Естонія	2207	697 (31,6 %)
Вільнюс, Литва	1771	711 (40,1 %)
Загреб, Хорватія	1154	321 (27,8 %)

Виникнення НС суттєво ускладнює завдання моніторингу та прогнозування рівня безпеки подібних об'єктів, особливо при одночасній реалізації декількох подій різного характеру. Натомість аналіз НС техногенного та природного характеру у межах санкціонованих і несанкціонованих місць зберігання відходів різних видів наявно демонструє присутність взаємозв'язків між джерелами екологічної небезпеки та факторами ризику НС. Наприклад, за рахунок накопичення великих обсягів води під час зливи або при гасінні пожежі різко збільшується ризик зсуву мас накопичених відходів, який надалі призводить до зростання негативних впливів на довкілля за рахунок розповсюдження сміття на непідготовлені для його безпечного зберігання майданчики. Вочевидь, питання моніторингу та прогнозування ризику виникнення НС та рівня екологічної небезпеки місць

зберігання відходів необхідно розглядати з урахуванням представлених взаємозв'язків, застосовуючи єдиний підхід до оцінювання та беручи до уваги поточні та прогнозовані характеристики екологічного стану територій, прилеглих до подібних об'єктів.

З урахуванням обмеженості ресурсів з ліквідації наслідків шкідливого впливу на навколишнє природне середовище актуальною проблемою є оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, як об'єктів техногенної діяльності людства.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз літературних джерел продемонстрував відсутність єдиного підходу до визначення типів екологічного станів територій за рівнем негативних змін в них. Зазвичай екологічні стани поділяють на п'ять типів, втім, практична реалізація цього розподілу у різних джерелах істотно відрізняється. У Водній Рамковій Директиві ЄС [4] встановлено такі типи (у порядку погіршення стану): відмінний; добрий; задовільний; поганий; дуже поганий. У вітчизняній практиці прийнято класифікацію, орієнтовану на визначення ступенів деградації екосистем [5]: умовно сприятливий (благополучний); задовільний; напружений (передкризовий); критичний або кризовий (екологічна НС); катастрофічний. У [6] розподіл цих станів конкретизовано таким чином: територія послідовно проходить спочатку критичний ( $4^I$ ), а потім вже кризовий ( $4^{II}$ ) стан, при чому останній зіставляється з настанням екологічної НС. Катастрофічний же стан відповідає настанню глибоких незворотних змін в екосистемі.

Основи концепції комплексного екологічного оцінювання природно-техногенних об'єктів, покладеної в основу представлених досліджень, викладено у роботах з питань екологічної безпеки [7–12].

В роботі [13] автором запропоновано вдосконалений метод оцінювання екологічного стану території, який базується на імітаційному моделюванні функціонування об'єкту зберігання відходів з покровоком оцінювання рівня безпеки за критерієм екологічного резерву у наступному формалізованому вигляді:

$$\chi^p = \rho(\bar{F}): \chi^p \geq 0, \quad (1)$$

де  $\bar{F}$  – величина деякого фактору негативного впливу на навколишнє середовище;  $\rho$  – показник рівня екологічного резерву:

$$\rho = 1 - \bar{\varepsilon}, \quad (2)$$

де  $\bar{\varepsilon}$  – зведене значення відгуку екосистеми на негативний зовнішній вплив. Такий підхід до визначення екологічного стану є відображенням нормативного за умови, що у якості граничного значення відгуку екосистеми прийнято таке, що

відповідає досягненню нею катастрофічного стану. Таким чином, для повноцінного використання даного критерію необхідно визначити значущі відгуки екосистеми на негативний вплив.

Розширений набір критеріальних показників має визначатися із застосуванням екологічного підходу, який полягає у дослідженні взаємозв'язків та взаємозалежностей екосистем з їх функціональним середовищем за допомогою екологічних індикаторів, екологічних показників та екологічних факторів [11]. У Керівництві з використання екологічних показників ЄЕК ООН [14] викладений загальний перелік таких індикаторів, використовуваних для підготовки екологічної звітності та прогнозування рівня екологічної безпеки. Показники з цього переліку, підкріплені рядами даних достатньої ємності та глибини за часом, дозволяють встановлювати джерела та наслідки негативних впливів на довкілля, однак вони спрямовані на встановлення зведених висновків стосовно екологічного стану території, а отже їхнє практичне застосування для динамічного оперативного управління екологічною безпекою є суттєво ускладненим.

#### Постановка завдання та його вирішення.

Метою представленої роботи є вдосконалення критерію екологічного резерву при оцінюванні екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів. Для досягнення поставленої мети було поставлено та вирішено наступну задачу: визначити значущі показники екологічного стану території, прилеглої до місця зберігання відходів, придатні для його оцінювання за критерієм екологічного резерву.

Роздільне використання відокремлених підходів до контролю за негативним впливом на атмосферу, гідросферу та літосферу не дозволяє організувати комплексний захист довкілля, оскільки до уваги не береться наявність їхніх взаємозв'язків за рахунок переміщення забруднюючих речовин між різними елементами природного середовища. Такий підхід, зокрема, означає звужування завдання захисту довкілля до впровадження заходів зі зниження окремих показників за рахунок перерозподілу факторів негативного впливу на навколишнє середовище між його елементами без практичного зменшення рівня цього впливу в цілому.

Виходячи з вищесказаного, будемо розглядати оцінювання екологічного стану території у наступному визначенні: «процес порівняння сукупності екологічних станів об'єктів з певними нормами з урахуванням потенційно можливих впливів зовнішніх факторів, зокрема, факторів ризику НС». У такому сенсі індикатором негативного впливу буде ступінь деградації екосистеми, викликаний дією об'єкту на довкілля.

У практиці проведення оцінювання впливу техногенних об'єктів на довкілля ступінь деградації екосистем визначають за критеріями, які характеризують зміни, що відбуваються у їх

структурі та процесі функціонування [12]. При цьому необхідно враховувати водночас загальну величину площі деградаційних процесів та локальну диференційованість окремих ділянок території за ступенем деградації, а також швидкість деградації, яку зазвичай розраховують за достатньо тривалими періодами спостережень – від 5 до 10 років та довше.

Використовуючи підхід, викладений у роботі [15], можна обрати для критерію екологічного резерву у якості значущих показників величину площі деградаційних процесів  $S_{\partial}$  та швидкість її зміни  $v_{\partial}$ , які можна із достатньою точністю розрахувати на основі аналізу матеріалів дистанційного зондування Землі. Встановивши для цих показників граничні допустимі значення  $[S_{\partial}]$  та  $[v_{\partial}]$  відповідно, значення відгуків екосистеми визначимо за формулами

$$\varepsilon_S = S_{\partial}; \quad (3)$$

$$\varepsilon_v = v_{\partial}, \quad (4)$$

або у зведеному вигляді

$$\bar{\varepsilon}_S = \frac{S_{\partial}}{[S_{\partial}]}; \quad (5)$$

$$\bar{\varepsilon}_v = \frac{v_{\partial}}{[v_{\partial}]}. \quad (6)$$

Однак, відгуки (5)–(6) не дозволяють враховувати при оцінюванні локальну диференційованість окремих ділянок території, що потребує впровадження відповідних додаткових значущих показників. Для їх пошуку розглянемо структурно-функціональну організацію екосистеми, основним компонентом якої є біоценоз.

Вирішальну роль у визначенні меж екосистеми відіграє рослинність, яка першою відбиває зміну екологічного стану території внаслідок антропогенного впливу. Для індикації подібного впливу в екосистемі обирають види-індикатори та визначають, які зміни відбулися у структурі рослинного покриву, у видовому складі, віковому спектру та щільності популяцій, тощо [12]. При цьому можна обрати як «негативні», так і «позитивні» види-індикатори – перші у відповідь на негативний вплив знижують показники своєї життєдіяльності, другі ж, навпаки, – підвищують. У практиці оцінювання визначені граничні значення показників, наприклад, за щільністю популяції зниження, або підвищення на 20 % вважається пороговим, а зміна на 50 % – критичним значенням.

Зміни рослинного покриву відбуваються за рахунок механічних порушень, хімічних впливів. Об'єктивна оцінка цих змін проводиться у порівнянні з природним станом екосистеми, який визначає рівноважні значення її показників.

Рослинність виконує в екосистемі функцію накопичення енергії Сонця та відтворення запасів органічних речовин які надалі використовуються видами тваринного світу. Стан останнього визначають за критеріями різних рівнів – як зооценозу загалом, так популяцій окремих видів. При цьому можуть використовуватися як масово розподілені види, наприклад, птахи, так і відносно рідкісні. Види тварин за характером реакції на антропогенний вплив розподіляються, як і рослини, на стійкі та чутливі – перші збільшуватимуть свою чисельність за рахунок зменшення різноманіття та кількості других.

Популяції окремих видів формують угруповання досліджуваної території за рахунок утворення трофічної структури екосистеми. У складних природних угрупованнях організми, які отримують свою енергію від Сонця через однакову кількість ступенів, вважаються такими, що належать до одного трофічного рівня. Відповідно можна виділити чотири таких рівні [16]:

1) рівень продуцентів, який займають рослини;

2) рівень первинних консументів, який займають травоядні тварини;

3) рівень вторинних консументів, який займають первинні хижаки, що харчуються травоядними;

4) рівень третинних консументів, який займають вторинні (вищі) хижаки.

Ця класифікація стосується не видів, а функцій, оскільки один й той же вид може займати одразу декілька трофічних рівнів, наприклад, всеїдні тварини, які харчуються як рослинами (другий рівень), так і тваринами (третій та четвертий рівні). Для кожного трофічного рівня в екосистемі можна визначити величину потоку енергії скрізь нього.

Кожен трофічний рівень можна кількісно охарактеризувати рядом показників енергетичного обміну, а саме: величиною поглиненої енергії  $I$ , невикористаної енергії  $NU$ , асимільованої енергії  $A$ , продукції  $P$ , енергії, витраченої на дихання  $R$ , накопиченої (запасеної) енергії  $S$ , виділеної енергії  $E$ , обсягу зростання  $G$ , та нарешті кількістю біомаси  $B$ , від якої залежить кількісне вираження перерахованих енергетичних складових. Зв'язок між вказаними показниками можна встановити, використовуючи універсальну модель екологічного потоку енергії, запропоновану Ю. Одумом [16], та виразити його математично у наступному вигляді:

$$\varphi_I : B \rightarrow \{I \rightarrow A \rightarrow P\}; \quad (7)$$

$$\varphi_P : \begin{cases} A = I - NU, \\ P = A - R, \\ P = G + S + E. \end{cases} \quad (8)$$

Представлені величини необхідно брати у відношенні до деякого проміжку часу. В роботі [16] виділено чотири ступені продуктивності:

1) валова первинна продуктивність – швидкість фотосинтезу на першому трофічному рівні;

2) чиста первинна продуктивність – значення валової первинної продуктивності за винятком величини енергії, що була використана рослинами при диханні;

3) чиста продуктивність угруповання, яка дорівнює величині чистої первинної продуктивності за винятком енергії, спожитої гетеротрофами;

4) вторинна продуктивність – швидкість накопичення енергії на другому, третьому, або четвертому трофічному рівні.

При кожному переході за трофічним ланцюгом втрачається частина енергії. Втрати енергії на кожному рівні, є дуже високими, тому кількісне співвідношення між чисельністю популяцій рослин та вищих хижаків різко відрізняється. З одного боку, в екосистемі види першого трофічного рівня представлені дуже широко, вони підтримують трофічний ланцюг, постійно наповнюючи його органічною речовиною. З іншого ж – види, які представляють четвертий рівень, фактично регулюють усю екосистему за рахунок своєї невеликої чисельності, адже навіть невелике зменшення популяцій відповідних видів може поставити під загрозу виживання як безпосередньо цих видів, так і екосистеми у її теперішньому вигляді в цілому. Втім достатньо мала чисельність останніх стає перевагою за необхідності кількісного представлення обсягу біомаси, сконцентрованої на четвертому рівні, яке можна врешті рещт звести до підрахунку кількості тварин у популяції.

Враховуючи різницю між наповненням та функціонуванням трофічних рівнів у екосистемі доцільною є диверсифікація значущих показників відгуку екосистеми наступним чином:

1) визначити види-індикатори першого трофічного рівня (рослини) та взяти як відгук відхилення їхньої продуктивності  $P^I$  від її рівноважного значення  $[P^I]$  для аналізованої екосистеми

$$\varepsilon_P = \left| P^I - [P^I] \right|, \quad (9)$$

або у зведеному вигляді

$$\bar{\varepsilon}_P = \frac{\left| P^I - [P^I] \right|}{[P^I]}; \quad (10)$$

2) визначити види-індикатори четвертого трофічного рівня (вищих хижаків) та взяти у якості відгуку відхилення чисельності їхньої популяції  $N^{IV}$  від рівноважного значення  $[N^{IV}]$  цієї кількості для аналізованої екосистеми

$$\varepsilon_N = \left| N^{IV} - [N^{IV}] \right|, \quad (11)$$

або у зведеному вигляді

$$\bar{\varepsilon}_N = \frac{\left| N^{IV} - [N^{IV}] \right|}{[N^{IV}]}. \quad (12)$$

Використовуючи значущі показники відгуку екосистеми (5)–(6), (11)–(12), за формулою (2) отримуємо комбінацію значень показника рівня екологічного резерву екосистеми

$$\rho : \begin{cases} \rho_S = 1 - \bar{\varepsilon}_S; \\ \rho_V = 1 - \bar{\varepsilon}_V; \\ \rho_P = 1 - \bar{\varepsilon}_P; \\ \rho_N = 1 - \bar{\varepsilon}_N, \end{cases} \quad (13)$$

та визначаємо нарешті удосконалений критерій екологічного резерву у формалізованому вигляді

$$\chi_\rho : \begin{cases} \rho_S(\bar{F}) \geq 0; \\ \rho_V(\bar{F}) \geq 0; \\ \rho_P(\bar{F}) \geq 0; \\ \rho_N(\bar{F}) \geq 0. \end{cases} \quad (14)$$

Використання комбінації з наведених значущих відгуків екосистеми на негативний вплив з боку місця зберігання відходів дозволить визначати за показниками  $\rho_S$  та  $\rho_P$  ефект прямої дії факторів у короткотерміновій перспективі та прогнозувати розвиток деградаційних процесів на середній та довгий термін за величинами показників  $\rho_V$  та  $\rho_N$ .

**Висновки.** Основним результатом представленої роботи є вдосконалення інтегрального критерію оцінювання екологічного стану території за величиною показника рівня її екологічного резерву шляхом визначення значущих відгуків екосистеми на негативний вплив місця зберігання відходів. Використання вдосконаленого критерію екологічного резерву дає, у свою чергу, можливість вдосконалити метод оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, та прогнозування рівня безпеки подібних об'єктів, зробивши його придатним до використання для оперативного управління екологічною безпекою.

Для практичної реалізації інтегрального критерію та методу оцінювання на його основі необхідним є проведення системних досліджень, направлених на визначення гранично допустимих значень відгуків екосистем територій, прилеглих до місць зберігання відходів, за умови дії факторів негативного впливу різної природи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз масиву карток обліку пожеж [Електронний ресурс] // Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html>. – Назва з екрану.
2. World Fire Statistics [Electronic resource] // International Association of Fire and Rescue Service. – Available: <http://www.ctif.org/ctif/world-fire-statistics>.
3. Korrespondent.net. Всі новини «свалка» на сайті Korrespondent.net [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://korrespondent.net/tag/3441/>. – Назва з екрану.
4. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення [Текст] / Європейський парламент та Рада Європейського Союзу. – К.: Консорціум компаній RODECO-VERSeau-WRc, 2006. – 240 с.
5. Зеркалов, Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля [Електронний ресурс]: моногр. / Д. В. Зеркалов. – К.: Основа, 2011. – 517 с. – Режим доступу: <http://zerkalov.kiev.ua/sites/default/files/ebod-mz.pdf>.
6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия [Текст]. – М.: Минприроды РФ, 1992. – 51 с.
7. Пляцук, Л. Д. Синергетика: экосистемные процессы [Текст] / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш, Д. Л. Пляцук // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 6/2014 (89). – Ч. 1. – С. 137–142.
8. 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.
9. Харламова, Е. В. Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона [Текст] / Е. В. Харламова, М. С. Малеваный, Л. Д. Пляцук // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2012. – № 1 (13). – С. 9–12.
10. Екологічне управління [Текст] / В. Я. Шевчук, Ю. М. Сатанкін, Г. А. Білявський та ін. – К.: Лебідь, 2004. – 430 с.
11. Приходько, М. М. Теоретико-методологічні основи екологічної безпеки геосистем [Текст] / М. М. Приходько // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету: серія: Географія. – Тернопіль: СМП «Тайп», 2012. – Вип. 31 – № 1. – С. 179–191.
12. Бобровський, А. Л. Питання оцінки впливу на навколишнє середовище [Текст]: моногр. / А. Л. Бобровський. – Рівне: Принт Хауз, 2014. – 543 с.
13. Вамболь, С. О. Оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву [Текст] / С. О. Вамболь, В. Ю. Колосков, Ю. Ф. Деркач // Техногенно-екологічна безпека. – Х.: НУЦЗ України, 2017. – Вип. 2. – С. 67–72. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1608>.
14. Мониторинг окружающей среды: руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и центральной Азии [Электронный ресурс] / Европейская экономическая комиссия ООН. – 2007. – 108 с. – Режим доступу: <http://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/env/europe/monitoring/Belgrade/CRP1.Indicators.Ru.MK.pdf>.
15. Прогнозування рівня безпеки несанкціонованого сміттєзвалища з використанням імітаційного моделювання [Текст] / С. О. Вамболь, В. В. Вамболь, В. Ю. Колосков, Ю. Ф. Деркач // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2016. – № 2/2016(22). – С. 51–58. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1541>.
16. Одум, Ю. Экология [Текст] / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 238 с.

*Стаття надійшла до редакції 29.10.2017 р.*

**V. Koloskov**

#### **IDENTIFICATION OF SIGNIFICANT INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL RESERVE CRITERION OF TERRITORIES ADJOINED TO WASTES STORAGE PLACES BASED**

I have improved the integral criterion of assessment of environmental condition of the territory with the index of its environmental reserve level. Originality of the achieved result is in application of values characterizing degradation processes in ecosystems in the capacity of significant indicators for assessment of responses of surrounding natural environment on negative impact factors influence with the environmental reserve criterion. For evaluation of direct effect in short-term perspective I have proposed to choose the value of degradation processes surface area in ecosystems together with productivity of the kinds-indicators of first trophic level. For forecasting of degradation dynamics in medium and long-term perspective I have proposed to evaluate the speed of degradation surface area changes together with the population size of the kinds-indicators of fourth trophic level. Basing on improved environmental reserve criterion I have proposed improvement of the method of assessment of environmental condition of the territory adjoined with wastes storage places and forecasting of safety level of such objects on as respects to environmental quality indexes together with object parameters of extreme situation occurrence risk.

**Keywords:** environmental condition, integral criterion, environmental reserve, degradation degree, wastes.

**В. Ю. Колосков**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРИТЕРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕЗЕРВА ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К МЕСТАМ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ**

Усовершенствован интегральный критерий оценивания экологического состояния территории по показателю уровня ее экологического резерва. Новизна полученного результата состоит в применении в качестве значимых показателей для оценивания откликов окружающей природной среды на влияние факторов негативного воздействия критерием экологического резерва величин, характеризующих деградационные процессы в экосистемах. Предложено выбрать для определения эффекта прямого действия в краткосрочной перспективе величину площади деградационных процессов в экосистеме вместе с продуктивностью видов-индикаторов первого трофического уровня. Для прогнозирования динамики деградации на средний и долгий срок предложено определять скорость изменения площади деградации и численность популяции видов-индикаторов четвертого трофического уровня. Использование усовершенствованного критерия экологического резерва позволяет усовершенствовать метод оценивания экологического состояния территорий, прилегающих к местам захоронения отходов, и прогнозирования уровня безопасности подобных объектов по показателям качества окружающей среды и параметрам объекта, определяющим факторы риска возникновения чрезвычайной ситуации.

**Ключевые слова:** экологическое состояние, интегральный критерий, экологический резерв, степень деградации, отходы.