

УДК 504.062 (045)

Г. М. Франчук, д-р техн. наук, проф.
Я. В. Загоруй, студ.

ЗМІНА ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПРИРОДНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІД ВПЛИВОМ АВІАТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

НАУ, Інститут міського господарства, e-mail: feb@nau.edu.ua

Розглянуто проблему забезпечення екологічної стійкості природно-територіальних комплексів. Оцінено екологічну стійкість природно-територіального комплексу в зоні аеропорту та обґрунтовано вплив авіатранспортних процесів на її зміну. Розроблено рекомендації для підвищення екологічної стійкості.

The problem of sustainability of natural-territorial complexes is researched in the article. The estimation of sustainability of natural-territorial complexes is made and influence of aviation transport processes on its change is grounded. The recommendations for sustainability improving are made.

Вступ

Проблема стійкості середовища, що оточує людину, стає в міру усвідомлення нерозривності природної та соціальної складових глобальної екосистеми планети дедалі більш гострою. Існування усєї системи залежить від здатності кожної з її підсистем чинити опір зовнішнім збуренням, так званому інформаційному шуму. Його джерела можуть бути різними, але тепер найбільш потужними з них стають самі підсистеми, що впливають одна на одну.

Серед факторів, які значно впливають на екологічну стійкість, – промислові об'єкти, зокрема аеропорти.

Аеропорт – багатофункціональне транспортне підприємство, що є наземною частиною авіаційної транспортної системи, яка забезпечує злітання і посадку повітряних кораблів, їх наземне обслуговування, приймання і відправлення пасажирів, багажу, пошти і вантажів. Аеропорт забезпечує необхідні умови для функціонування авіакомпаній, державних органів регулювання авіаційної та митної діяльності [1].

Хоча проблема стійкості визнається однією з основних у сучасній екології, рівень її опрацювання ще далекий від потреб практики і теорії. Під час оцінювання стійкості екосистеми до певного антропогенного втручання можливе обґрунтоване прийняття рішень про нормування антропогенного навантаження на неї. Оперуючи кількісними оцінками стійкості, можна вийти на новий напрям та принципово вищий рівень екологічної безпеки.

Вивчення основних екологічних наслідків сучасного природокористування і досвіду минулого дозволяє чітко змодельовати ті режими і рівні антропогенного впливу на довкілля, які неприйнятні для людини з погляду екологічної безпеки. Водночас можна змодельовати ситуації, коли в певних просторово-часових межах той чи інший

рівень навантажень може бути встановлений як граничнодопустимий.

Невизначеність меж стійкості екологічних систем ускладнюється зміною умов існування екосистеми, що є детермінантами екологічних процесів. Таким чином, стратегія опрацювання екологічних регламентів має відрізнитися від допустимої, наприклад, під час гігієнічного нормування. Утвердження екологічних нормативів потребує врахування потенційно можливого існування різних станів (стабільних, нестабільних) і різних типів динаміки об'єктів нормування.

Аналіз досліджень і публікацій

Специфіку впливу повітряного транспорту на навколишнє середовище виявлено в значній шумовій і тепловій діях, електромагнітному випромінюванні та великих викидах різноманітних забруднювачів (рис. 1).



Рис. 1. Вплив повітряного транспорту на екосистеми

Авіація – джерело широкого спектра факторів негативного впливу на довкілля. У зв'язку з цим своєчасним і актуальним завданням є розроблення і впровадження державних нормативних актів,

що регламентували б розташування населених пунктів поблизу аеропортів, а також розроблення заходів та рекомендацій щодо зниження негативного впливу авіатранспортних процесів на довкілля.

Біогеоценоз, екосистема, біологічне угруповання, яке існує в більш-менш незмінному вигляді тривалий час, має деяку внутрішню здатність протистояти збурювальним факторам зовнішнього середовища. Цю здатність зазвичай називають «стійкістю» чи «стабільністю». Не зважаючи на здавалося б очевидність поняття, досі не існує чіткого й однозначного його визначення.

Різні автори по-різному трактують поняття «стійкість екосистеми», або «екологічна стійкість», зокрема:

– здатність адаптуватися до умов, що змінилися, перехід у новий стан рівноваги, еластичність [2];

– здатність зберігати деякі життєво важливі параметри на певному рівні за рахунок гнучкості інших параметрів, гомеостаз [3];

– відсутність або швидке загасання коливань у системі [4];

– стійкість як імовірність збереження певного об'єкта протягом деякого часу [2];

– здатність відновлювати колишній стан після збурювання [2]. Крайнім ступенем здатності до самовідновлення може бути здатність до самозібрання, якщо після руйнування системи збереглися автономні елементи;

– здатність легко «пропускати» крізь систему забруднювачі так, що вони за час впливу не встигали чинити шкідливий вплив на систему [2];

– здатність зберігати виробничу функцію в соціально-економічній системі [2; 3; 5];

– здатність екосистеми до реакцій, пропорційних за величиною силі впливу, що гасить ці впливи [6];

– величина хвилювання, що може бути поглинена перш, ніж система змінить свою структуру, змінюючи змінні й процеси, що управляють поведінкою [5; 7];

– здатність природно-територіального комплексу зберігати динаміку природного розвитку в умовах техногенних дій [3; 5; 8].

У середині ХХ ст. Р. Макартур і Р. Маргалєф запропонували використати як міру біорізноманіття (як оцінку стійкості екологічних систем) інформаційну ентропію:

$$D = \sum_i p_i \ln p_i, \quad p_i = N_i/N, \quad N = \sum_i N_i,$$

де N_i – чисельність видів (генотипів, вікових груп тощо); N – розмір пробної вибірки; p_i характеризує відносні частоти розподілу особин за видами.

Визначаючи поняття стійкості екологічних систем, важливо застосувати так звану пружність екосистеми, яка у своєму первісному екологічному змісті визначається як величина збурювання, що може бути поглинена, перш ніж система змінить свій стан.

Для того щоб усвідомити особливість цього поняття, розглянемо рівняння, яке використовується в моделях екологічної стійкості, що має три точки рівноваги [9; 10]:

$$\frac{dx}{dt} = f(x) = x(x^2 - \alpha), \quad (1)$$

де α – параметр або кількість, що повільно змінюється, рушійні сили якого не піддаються безпосередньому збуренню.

Рівновага системи – твердження, де $f(x) = 0$. Вони – сталі, де кожен із цих двох коефіцієнтів у рівнянні (1) переходить у нуль. Отже, вони – точки, де $x = 0$ або $x^2 = \alpha$.

Якщо $\alpha > 0$, маємо три випадки рівноваги: $x = 0$, $x = \sqrt{\alpha}$, $x = -\sqrt{\alpha}$

Якщо $\alpha = 0$, є тільки одна рівновага при $x = 0$.

Визначити стійкість рівноваги означає досліджувати знак швидкості x . Наприклад, якщо $\alpha < 0$, другий фактор у рівнянні (1) завжди додатний й, отже, $dx/dt < 0$, якщо $x > 0$, і $dx/dt > 0$, якщо $x < 0$. У цьому випадку система завжди відходить від стану, де $x = 0$. Отже, рівновага, якщо $x = 0$, мінлива, за умови, що $\alpha < 0$.

Рівновага у випадку $x = 0$ стійка в області $-\sqrt{\alpha} < x < \sqrt{\alpha}$. Але якщо початковий стан системи розміщено поза інтервалом $-\sqrt{\alpha} < x < \sqrt{\alpha}$, то вона відходить від рівноваги в $x = 0$. Тому рівновага в $x = 0$ стійка локально, але не є глобально стійкою. Такий інтервал називають зоною привабливості точки $x = 0$, оскільки траєкторії, які починаються в межах того інтервалу, в кінцевому підсумку повернуться до $x = 0$. Зменшення α призводить до втрати пружності екосистеми.

Хімічні зміни навколишнього середовища під впливом процесів, що відбуваються в земних надрах, незбалансовані. Незважаючи на відносно низьку швидкість хімічних змін протягом тривалого часу, вони можуть бути значними. З біотичної концепції випливає, що саме біота відповідає за контроль хімічного складу навколишнього середовища. Кругообіг хімічних сполук в цілому («фізичний кругообіг»), можливо, не може бути стійким за відсутності життя [11; 12; 13].

Сучасні глобальні зміни є наслідком руйнування компенсаційних механізмів біоти, а не прямого впливу людини, яка забруднює довкілля. Руйнування компенсаційних механізмів відбувається внаслідок перевищення допустимих меж збурення біоти господарською діяльністю людини. Розрахунки дозволяють визначити межу стійкості (допустимого збурення) біосфери, за якої біота зберігає спроможність контролювати умови довкілля, якщо людина під час своєї діяльності використовує не більше 1% чистої первинної продукції біоти [14].

Значущість теорії біотичного регулювання полягає в тому, що вона визначає поріг стійкості біосфери та підводить до кількісної характеристики меж стійкості. Перевищення цих меж порушує стійкість біоти та середовища її існування. Межу допустимого впливу людство вже перевищило. Біосферна концепція стійкого розвитку передбачає поліпшення життя людей у разі збереження природного середовища в такому обсязі, який забезпечить її стабільність, враховуючи і господарські системи.

Після оцінки екологічної стійкості виникає питання про можливість управління системою шляхом зміни цього показника за рахунок підготовки території до використання: зміни природно-ресурсного потенціалу з метою підвищення стійкості, пружності екосистем. Зокрема, деякі економічно розвинені держави замість скорочення викидів парникових газів, що призводять до виникнення парникового ефекту й зміни клімату, насаджують «поглинальні плантації». Тобто зацікавлена сторона висаджує де-небудь плантацію швидкозростаючих дерев (не обов'язково на своїй території) для утилізації надлишку CO₂, при цьому збільшуючи викиди CO₂ на суму, еквівалентну тій, яку, за її розрахунками, можуть «поглинути» ці плантації [15].

Зазначимо, що проблема екологічної стійкості і дотепер залишається не вирішеною як щодо побудови математичних моделей, так і їх впровадження в практику. Виберемо найбільш прийнятну, на нашу думку, модель і обґрунтуємо її ефективність для оцінювання екологічної стійкості природно-територіальних комплексів.

Постановка завдання

Оскільки немає адекватної методики оцінювання екологічної стійкості природно-територіальних комплексів, постає завдання скласти та обґрунтувати її ефективність.

Об'єктом дослідження було обрано міжнародний аеропорт, розташований: 29 км до південного сходу від м. Києва і 3 км – на захід від

м. Борисполя на лівому березі Дніпра й у безпосередній близькості від вододілу рік Трубежу і Дніпра.

Моніторинг екологічного стану довкілля в зоні аеропорту

Систему періодичних спостережень елементів навколишнього природного середовища в просторі й часі з певною метою відповідно до заздалегідь підготовленої програми називають моніторингом.

Він охоплює спостереження, оцінювання і прогноз стану довкілля, і не передбачає управління якістю довкілля. Ґрунтується на принципах узгодженості нормативно-правового та організаційно-методологічного забезпечення, систематичності спостережень за станом навколишнього середовища та техногенним впливом.

Проведені моніторингові дослідження в зоні аеропорту виявили, що під впливом авіатранспортних процесів на території підприємства атмосферне повітря, вода і ґрунт забруднюються нафтопродуктами, продуктами згоряння палива, завислими й поверхнево-активними речовинами, а також вплив шуму, тепла й електромагнітних полів.

Проведені моніторингові дослідження в зоні аеропорту засвідчили, що найбільшу небезпеку стану ґрунтового покриву становлять важкі метали, які дуже впливають на зміну екологічної стійкості природно-територіальних комплексів (ПТК).

Збільшення інтенсивності виробничих процесів не лише призводить до забруднення ґрунтів, а й спричинює зниження їх екологічної стійкості, посилюючи деградаційні процеси в ґрунтового покриві.

Екологічну стійкість ґрунтів можна розглядати як комплекс властивостей ґрунтів і відповідних процесів, наявність яких дозволяє підтримувати їх характерні параметри в просторі та часі. Висока стійкість ґрунту означає його здатність оновлювати характерні параметри після призупинення дії навантажень, низька стійкість – нездатність ґрунту до оновлення [16].

Тобто ґрунт є основою екологічної стійкості ПТК у цілому. Тому визначення екологічної стійкості ґрунту дозволить розробити та впровадити комплексні заходи щодо призупинення процесів деградації ґрунтів у цілому.

Значення екологічної стійкості ґрунту прямо впливає на його здатність протистояти забрудненню і, як наслідок, дозволяє визначити вплив на продуктивність рослинної біомаси.

Для оцінювання стійкості ґрунтів недостатньо лише мати відомості про характер якісних змін ґрунтів під впливом різних процесів. Потрібні конкретні критерії і кількісні показники, що дозволяють ідентифікувати екологічну стійкість ґрунту. Чим більша місткість поглинального комплексу, тим вища його сорбційна здатність стосовно хімічних елементів і чим нижчий показник фільтрації розчинів у ґрунті, тим менша міграційна здатність забруднювальних речовин. Таким чином, екологічна стійкість ґрунтів прямо пропорційна сорбції елемента або місткості поглинання ґрунтів і обернено пропорційна показнику фільтрації. На цій загальній основі пропонуємо спосіб визначення стійкості ґрунтів до дії хімічних реагентів згідно з відношенням [17]

$$K = \frac{S_{\max}}{K_f},$$

де K – коефіцієнт стійкості; S_{\max} – сорбційна місткість ґрунтів відносно елемента або показник за загальною оцінкою фізико-хімічної стійкості ґрунтів та їх компонентів; K_f – коефіцієнт фільтрації.

Відповідно до даних літературних джерел [16–17] стійкість ґрунтів у зоні аеропорту становить 0,65 з максимально можливих 4,16.

За даними табл. 1 можна знайти середнє перевищення концентрації важких металів у ґрунті

Таблиця 1

Уміст важких металів у пробах ґрунту в зоні аеропорту

Номер проб	Концентрація металів, мг/кг сухої маси						
	pH*	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Cr ²⁺	Ni ²⁺	Cd ²⁺
1 (фон)	7,4	32,8	2,8	2,5	1,6	1,1	0,1
2	7,2	52,8	32,5	4,5	1,1	4,3	0,8
3	7,1	76,5	22,5	6,7	4,1	3,2	1,1
4	7,2	59,5	8,8	2,2	1,1	2,0	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8
5	7,5	42,5	6,1	1,8	1,4	1,7	0,2
6	7,2	116,2	21,8	8,1	3,9	4,1	0,5
7	6,9	93,2	6,2	5,8	4,3	4,7	0,9
8	7,1	98,5	39,3	7,1	1,8	5,6	0,6
9	7,5	156,6	28,4	6,9	2,8	2,1	0,7
10	7,3	145,4	33,1	8,8	3,6	2,1	0,4
11	7,0	98	14,5	4,6	4,8	4,6	0,6
12	7,2	136,3	26,4	9,2	3,2	3,8	0,3
13	7,2	89,4	19,1	6,2	1,1	5,1	0,3
14	7,0	82,5	12,4	3,8	0,65	1,1	0,1
15	7,3	68,2	8,6	3,8	0,8	1,8	0,09

від фонового значення. Для цього знайдемо середні арифметичні концентрації кожного важкого металу, поділимо це значення на фонове, а потім аналогічним чином визначимо середнє перевищення концентрації для всіх забруднювачів. Воно становить 360 %, або 3,6.

Оцінювання екологічної стійкості природно-територіальних комплексів

Екологічна стійкість – це властивість ПТК зберігати динаміку природного розвитку в умовах техногенних дій. Потенційною екологічною стійкістю називається стійкість ПТК, яка визначається за певними прямими або посередніми ознаками без урахування конкретної техногенної дії.

Прикладне значення порівняльного аналізу потенційної екологічної стійкості природних комплексів аеропортів полягає в отриманні інформації для раціонального розподілення екологічного навантаження. Аеропорти з меншою екологічною стійкістю повинні підлягати меншому навантаженню.

Порівнювати потенційну екологічну стійкість ПТК аеропортів необхідно методами стохастичної кваліметрії [3; 8] за рядом ознак, наведених в табл. 2.

Наведені в табл. 2 ознаки універсальні для різних типів забруднень. Однак вони недостатньо характеризують деякі типи техногенних дій на ПТК, наприклад, механічні дії на ландшафти, геологічне середовище.

Таблиця 2

Часткові ознаки, що характеризують екологічну стійкість ПТК

Часткова ознака порівняння	Позначення	Характеристика впливів на екологічну стійкість
1	2	3
Середня питома біомаса рослинності, ц/га	x^1	З підвищенням питомої біомаси рослинності зростає потенційна здатність ПТК протистояти техногенним навантаженням за рахунок діапазону несприйнятливості до несприятливих екологічних факторів
Середня питома біопродуктивність рослинної біомаси, ц/га рік	x^2	З підвищенням питомої біопродуктивності рослинності зростає по-

1	2	3
Максимальний річний перепад температур повітря, °С. Максимальний річний перепад кількості опадів, мм	x^3 x^4	тенційна здатність ПТК протистояти техногенному навантаженню за рахунок збільшення потенціалу самоочищення ПТК Високі максимальні перепади річних температур повітря, кількості опадів у ПТК непрямо свідчать про широкий діапазон несприйнятливості природного комплексу до несприятливих екологічних факторів
Сумарний річний річковий стік, км ³ /рік. Середньорічна швидкість вітру, м/с	x^5 x^6	Чим вищий сумарний річний річковий стік і середньорічна швидкість вітру, тим вищий потенціал самоочищення ПТК за рахунок прискореного виносу забруднювачів за межі природного комплексу
Річна доза ультрафіолетової радіації, Вт·год/м ² Кількість днів в році з грозами, днів/рік	x^7 x^8	Чим більша річна доза ультрафіолетової радіації і чим частіше грози, тим вищий потенціал самоочищення ПТК за рахунок розкладу органічних атмосферних домішок під дією УФ-випромінювання, прискореного окиснення продуктів техногенезу в умовах грози і вимивання їх дощем

Методика порівняння потенційної екологічної стійкості ПТК аеропортів ґрунтується на побудові лінійної згортки комплексного (зведеного) показника порівняння \tilde{Q}_i . Для побудови згортки використовують номінальні кількісні значення певних ознак стійкості ПТК x (табл. 2), розкид цих значень (x_i^{\min} , x_i^{\max}), ординальну ін-

формацію про них, що враховує відносну значущість ознак, а також вид закону розподілення значень вагових коефіцієнтів \tilde{C}_j у згортці [3]:

$$\tilde{Q}_i(x_i) = \sum_{j=1}^k \tilde{C}_j f_j(x_i),$$

де $f_j(x_i)$ – нормалізовані лінійні незростаючі функції від часткових показників ранжування x_i :

$$f_j(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i > x_i^{\max}, \\ \frac{x_i^{\max} - x_i}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}, & x_i^{\min} < x_i < x_i^{\max}, \\ 0, & x_i < x_i^{\min}, \end{cases}$$

$$\tilde{C} = (\tilde{C}_1, \dots, \tilde{C}_7), \quad C \in W, \quad W \subset E^m,$$

де W – $(m-1)$ -вимірний симплекс: $C_i \leq 1$,

$$\sum_{i=1}^k C_i = 1.$$

Ординальна інформація за частковими ознаками, наведеними в табл. 2, задавалась у вигляді

$$x_1 = x_2 > x_5 = x_6 > x_7 = x_8 > x_3 = x_4, \quad (2)$$

де знак “>” означає відношення переваги.

Зміст ординального виразу (2) полягає в тому, що найважливішими екосистемними показниками для забезпечення екологічної стійкості ПТК аеропорту є середні значення питомої біомаси і питомої біопродуктивності рослинності, які здебільшого визначають потенціал самоочищення і діапазон несприйнятливості ПТК до техногенних дій. Тому найвищу екологічну стійкість мають лісові ПТК. Однак у степових, напівпустельних і пустельних ПТК екологічна стійкість визначається здатністю самоочищення за рахунок річкового стоку, вітрових перенесень, ультрафіолетової радіації Сонця і грозових дощів [8]. Виходячи з цих міркувань, далі ординальний ряд в міру зменшення значущості часткових показників будується таким чином: «сумарний річний річковий стік» та «середньорічна швидкість вітру», «річна доза ультрафіолетової радіації» і «кількість днів за рік з грозами». Максимальні за результатами спостережень перепади температур повітря і кількості опадів, що посередньо визначають діапазон несприйнятливості ПТК до техногенних дій, вважають рівнозначними.

Ця методика дозволяє якісно не лише оцінити потенційну екологічну стійкість різних ПТК через порівняння, а й дослідити динаміку її зміни під впливом авіатранспортних (або виробничих) процесів.

Показник	Вихідні значення	з 1990 по 1994 р.	з 1995 по 2000 р.	з 2001 по 2005 р.
x_1	1500	1230	1230	1230
x_2	100	82	82	82
x_3	78,7	22,7	23,2	24,5
x_4	780	128,9	136,5	155,8
x_5	15	15	15	15
x_6	3,7	3,7	3,7	3,7
x_7	400	400	400	400
x_8	28	28	28	28

Унаслідок активної діяльності служб аеропорту простежується певна зміна метеорологічних показників. Визначимо компоненти екологічної стійкості ПТК, за якими можна чітко простежити динаміку зміни за два великі періоди часу: 1990–1994, 1995–2000 та 2001–05 рр. (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка зміни максимального перепаду температури повітря та кількості опадів

Період	Перепад температури повітря, °С	Перепад кількості опадів, мм
1990–1994	62,8	128,9
1995–2000	62,3	136,5
2001–2005	61,8	155,8

Можна стверджувати, що забруднення ґрунтів прямо впливає на зміну його екологічної стійкості, і, знаючи екологічну стійкість та показник перевищення концентрації важких металів у ґрунті, можна приблизно оцінити ступінь його деградації. Згідно з даними, наведеними вище, отримуємо, що ступінь деградації ґрунтів дорівнює: $\frac{0,65}{3,6} = 0,18 = 18\%$.

Цей показник можна застосувати до зміни середньої питомої біомаси рослинності та середньої питомої біопродуктивності рослинної біомаси. Тобто:

$$\Delta x_1 = 1500 \cdot 0,18 = 270 \text{ ц/га};$$

$$\Delta x_2 = 100 \cdot 0,18 = 18 \text{ ц/га} \cdot \text{рік}.$$

Таким чином, натепер можна стверджувати, що з максимально можливих показників значення цих параметрів приблизно становить:

$$x_1 = 1500 - 270 = 1230 \text{ ц/га};$$

$$x_2 = 100 - 18 = 82 \text{ ц/га} \cdot \text{рік}.$$

Ці значення не розподілятимемо за періодами, а умовно будемо вважати, що вони були однаковими і в 1990 р., і у 2005 р.

Поки що умовно занесемо показники екологічної стійкості ПТК у зоні аеропорту до табл. 4.

Таблиця 4

Показники екологічної стійкості ПТК

аеропорту

За таких обставин мінімальні значення параметрів x_5 – x_8 мають дорівнювати нулю. Значення екологічної стійкості показано на рис. 2.

Як видно з рис. 2, екологічна стійкість стрімко знизилася. Щоправда нинішня динаміка, яка не враховує забруднення та зміну такого метеорологічного показника, як кількість днів у році з грозами, показує незначне зростання екологічної стійкості. Але, якщо врахувати, що техногенне навантаження на навколишнє середовище не зменшується, слід очікувати подальшого зниження екологічної стійкості.

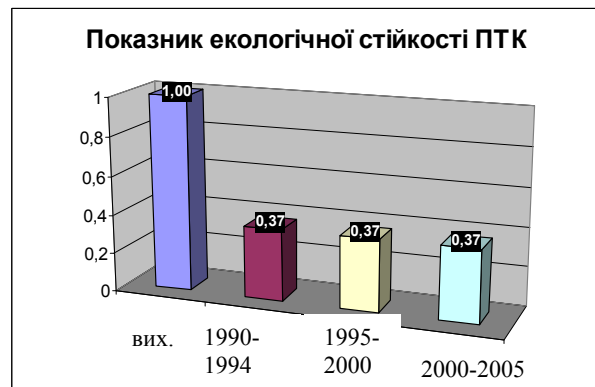


Рис. 2. Динаміка зміни екологічної стійкості ПТК в зоні аеропорту

Висновки

У результаті виконання науково-дослідної роботи можна зробити такі висновки.

1. Питання забезпечення екологічної стійкості природно-територіальних комплексів усе ще недостатньо вивчено. Дослідники здебільшого розглядають популяційну, видову або харчову стійкості, у той час, як комплексного підходу та оцінки стійкості ПТК до антропогенних навантажень фактично не мають більшість екологів.

2. Визначено рівень навантаження на ПТК у зоні аеропорту, оцінено його вихідну максимально можливу екологічну стійкість та показано, що авіатранспортні процеси спричинили її зменшення і цей процес буде продовжуватися, якщо не вживати заходів щодо нівелювання негативних впливів на навколишнє середовище.

3. Головним фактором зниження екологічної стійкості є забруднення ґрунтів важкими металами та їх сполуками, що призводить до зниження питомої біомаси рослинності та її середньої питомої біопродуктивності.

4. Для підвищення екологічної стійкості слід підвищити стійкість рослин до зміни умов навколишнього середовища, установити екологічно

безпечне обладнання на виробничих об'єктах у зоні аеропорту.

5. Рекомендується встановити максимально допустиме навантаження на ґрунти в зоні об'єкта дослідження на рівні 1,65% граничнодопустимих концентрацій.

6. Під час початкового проектування розміщення промислового підприємства, знаючи ймовірні його рівні навантаження на компоненти ПТК, можна вживати заходів або для підвищення екологічної стійкості, або взагалі для зміни природно-ресурсного потенціалу території.

Література

1. *Запорожець В. В., Шматко М. П.* Аеропорт: організація, технологія, безпека. – К.: Дніпро, 2002. – 168 с.
2. *Устойчивость геосистем: Сб. ст. / АН СССР, Ин-т географии // Отв. ред. А. Д. Армад, И. Ю. Долгушин.* – М.: Наука, 1983. – 88 с.
3. *Загоруй Я. В., Франчук Г. М.* Оцінка потенційної екологічної стійкості природно-територіальних комплексів // Екологічні проблеми регіонів України // Матеріали VIII Всеукр. наук. конф. студ., магістрантів і асп. – Одеса: ОДЕКУ, 2006. – С. 94–95.
4. *Гродзинський М.* Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
5. *Загоруй Я. В., Голубов О. С.* Проблема забезпечення стійкості екосистем до антропогенних навантажень // ПОЛІТ: Матеріали VI Міжнар. наук. конф. студ. та молодих учених. – К.: НАУ, 2006. – С. 293.
6. *Качинський А. Б.* Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. – 310 с.
7. *Solow, A. R., Stone, L. & Rozdilsky, I.* (2003). A Critical Smoothing Test for Multiple Equilibria. *Ecology* 84(6): 1459–1463.
8. *Франчук Г. М., Ісаєнко В. М.* Екологія, авіація і космос: Навч. посіб. – К.: НАУ, 2004. – 456 с.
9. *Pimm, S. L.* (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321–325.
10. *Одум Ю.* Экология: В 2 т. – М.: Мир, 1986. – Т. 1, 328 с.; Т. 2, 376 с.
11. *Качинський А. Б., Наконечний О. Г.* Стійкість екосистем та проблема нормування в екологічній безпеці України – К.: НІСД, 1996. – 52 с.
12. *Качинський А. Б.* Основные математические модели оценки риска химических веществ для здоровья населения // Актуальные вопросы токсикологии, гигиены применения пестицидов и полимерных материалов в народном хозяйстве: Тезисы докл. Всесоюз. науч. конф. – К., 1990. – С. 151.
13. *Качинський А. Б.* Методологія математичного моделювання ризиків загроз екологічній безпеці України: Автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.13.02 / Київ. Нац. ун-т ім. Т.Г. Шевченка. – К., 1996. – 30 с.
14. *Рянский Ф. Н.* Эколого-экономическое районирование в регионе. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 154 с.
15. *Міжнародні аспекти загрози глобальної зміни клімату та стратегія України щодо його збереження / А. Б. Качинський, С.І. Лавриненко // Стратегічна панорама.* – 2002. – № 1. – С. 147–158.
16. *Медведєв В. В.* Теоретичне наближення до визначення сталості ґрунту / Вісн. ХДАУ. – 1997. – № 3. – С. 33–40.
17. *Методичні аспекти кількісної оцінки стійкості ґрунтів до забруднення / Т.Ю. Биндич // Агрохімія і ґрунтознавство: Міжвід. темат. наук. зб.* – 2000. – Вип. 60. – С. 103–106.

Стаття надійшла до редакції 05.02.07.