

ДИНАМІКА ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ ВОДНО-БОЛОТНИХ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ПРОЯВ ПРОГЕННОЇ РЕЛАКСІЇ ГЕОСИСТЕМ

Представлено теоретичні узагальнення щодо ролі пірогенного чинника у формуванні, функціонуванні, стійкості та динаміці геосистем. Досліджено, що параметри видового різноманіття водно-болотних природних комплексів зазнають динамічних змін після пожеж, що слід вважати одним із проявів пірогенної релаксії геосистем. Розраховано параметри стійкості водно-болотних природних комплексів за статистичними показниками індексів видового різноманіття.

Ключові слова: пірогенний чинник, релаксія, геосистема, видове різноманіття

Постановка проблеми. Пожежі в природних геосистемах протягом тисячоліть мали різнобічну дію і впливають до сьогодні на їх формування. Процеси виникнення та розвитку геосистем, їх територіальний розподіл і еволюція часто відбуваються при активному впливі вогню. Природний відбір під дією пірогенного чинника спрямований на підвищення пожежостійкості фітоценотичного і зооценотичного різноманіття геосистем та їх репродуктивної здатності, з одного боку. З іншого, на максимальне використання змінних умов середовища (мінералізації ґрунтового покриву, гідротермічного та геохімічного режимів, тощо) для відновлення, росту і розвитку.

Дія пожеж на рослинність надто різнобічна і в межах даної статті її описати неможливо. Пірогенний чинник впливає безпосередньо на фітоценози, а також зумовлює постпірогенне формування рослинних угруповань. В одному випадку вогонь лише частково знищує рослинний покрив на деяких ділянках природно-територіального комплексу, в інших – припиняє життєдіяльність всього фітоценозу, включаючи деревостан. В залежності від інтенсивності пірогенної дії, фітоценоз може відновитися або ж формуються рослинні угруповання зовсім іншого складу і структури. Після пожеж трав'янисто-чагарниковий покрив, в залежності від умов зростання, трансформується, в основному, в чотирьох напрямках: поява пусток, олучнення, остепнення та заболочування [1].

В цілому, вплив пожеж на рослинність природних комплексів полягає в частковій або повній зміні надґрунтового покриву, підліску, підросту і деревостану. Масштаби цих змін та їх особливості зумовлені специфікою інших компонентів геосистем та інтенсивністю горіння при пожежах. Постпірогенні зміни в будові і структурі фітоценозів мають прямий чи опосередкований вплив на інші компоненти геосистем та їх розвиток, формування, функціонування і динаміку. Процес функціонування геосистем після інгібруючого впливу пірогенного чинника, на жаль, не в повній мірі знайшов своє відображення в науковій географічній літературі [2].

Метою представленої роботи був аналіз розрахованих на основі польових досліджень індексів видового різноманіття водно-болотних комплексів після дії пірогенного чинника та узагальнення отриманих результатів стосовно їх динамічності як показника релаксії геосистем.

Об'єкт та вихідні матеріали дослідження. Насамперед, пропонуємо узагальнити поняття «пірогенна (постпірогенна) релаксія геосистем». Поняття релаксія (релаксація) походить від лат. «relaxatio» – зменшення напруження, послаблення. З наукових фізичних позицій поняття «релаксія (релаксація)» – це процес встановлення термодинамічної, а відповідно і статичної рівноваги у фізичній системі, яка складається із великого числа частин [3]. Згідно енциклопедичних даних, релаксія (релаксація) – процес поступового повернення до стану рівноваги будь-якої системи після

припинення дії факторів, що вивели її зі стану рівноваги [4]. В геотектоніці використовують термін «динамічна релаксія» – це відновлення порушення ізостації після стискаючих напружень [5]. Без заперечень погоджуємось, що «релаксія» може вживатися і в інших значеннях, які для геоecологічних досліджень не мають особливого сенсу [6].

Таким чином, можемо констатувати, що для повернення геосистеми до стану рівноваги після впливу пірогенного чинника потрібен певний хронологічний період, протягом якого відбуваються процеси відновлення (відтворення) режиму функціонування геосистеми. Тобто пропонуємо термін «пірогенна релаксія» тлумачити як сукупність усіх процесів в геосистемі, спрямованих на встановлення стану рівноваги після впливу пірогенного чинника.

На наш погляд, поняття «пірогенна релаксія геосистем» доцільно розглядати в контексті стійкості геосистем. У роботі [7] стійкість визначається як здатність екосистеми й її окремих частин протистояти коливанням зовнішніх чинників та зберігати свою структуру і функціональні особливості.

В іншому поширеному формулюванні під стійкістю розуміється допустима міра (без ризику порушення системи) відхилень заданих властивостей екосистеми від норми, спричинена деякою мірою збуреннями зовнішніх чинників [8, 4, 9].

Напевно, що існує необхідність визначити загальні форми, в яких стійкість може виявлятися в екосистемі. У роботі М.Д. Гродзинського [10], виділяються чотири основні загальні форми стійкості природної системи:

- 1) інертність – здатність системи при зовнішній дії зберігати незмінним свій стан протягом заданого часового інтервалу;
- 2) відновлюваність – здатність системи відновлювати після збурення свій початковий стан;
- 3) пластичність – наявність у системі декількох станів і її здатність переходити у разі потреби з одного стану в інший, зберігаючи за рахунок цього інваріантні риси структури;
- 4) зміна інваріантної структури – стійкість розвитку, зумовлена трендом станів системи в певному напрямі.

Очевидно, що запропоновані визначення та форми стійкості притаманні й у відношенні до геосистем. На наш погляд, параметри геосистем, що не зазнають суттєвих зовнішніх впливів, мають незначні флуктуаційні розбіжності показників функціонування, в той час як геосистеми, які знаходяться під постійним зовнішнім впливом чи зазнали раптового стресового впливу (наприклад, внаслідок пожежі), характеризуються зміною динамічності показників функціонування [11].

Пірогенна релаксія геосистем, окрім зазначених форм відновлюваності, суттєво буде залежати також від категорійних значень самого пірогенного чинника: інтенсивності вогню, сили, швидкості поширення, а також від ландшафтно-топологічних параметрів геосистеми, погодних умов, фенологічного періоду і найголовніше – від природної зони [2].

Наші дослідження базувались на польових дослідженнях, у ході яких описано процеси відновлення фітоценотичного різноманіття водно-болотних комплексів, які зазнали пірогенного впливу, в межах заплави р. Уди. Було закладено мережу ключових ділянок, кожна з яких складається з двох частин: контрольної і експериментальної.

Методи досліджень. В основі оцінки стану трансформованих угруповань і порівнянні їх з нормою чи контролем лежать важливі показники різноманіття: видове багатство, видова чисельність, вирівняність, індекс домінування та індекс різноманіття [12, 13]. На значенні диверситологічного підходу наголошував і видатний

американський еколог Ю.Одум [14]. Він відзначав, що в основі різноманіття лежать дві головні складові: видове багатство і вирівняність.

Оскільки для водно-болотних фітоценозів, що підлягали випалюванню, не підтверджено чіткий негативний вплив пірогенного фактора [15], нами було проведено ряд розрахунків, що характеризують видове різноманіття даних геосистем [12, 13]:

Індекс видового багатства Маргалефа (d) розраховується за формулою 1

$$d = \frac{S-1}{\log N}, \quad (1)$$

де S – число видів, N – число особин.

Індекс Сімпсона (c) або індекс домінування розраховуватимемо за формулою 2

$$c = \sum (n_i / N)^2 \quad (2)$$

Індекс різноманіття (i) – за формулою 3

$$i = 1 - \sum (n_i / N)^2, \quad (3)$$

де n_i – оцінка значущості кожного виду (чисельність, біомаса та ін.);

N – сума оцінок значущості.

Індекс Шеннона (H) розраховуємо за формулою 4

$$H = -\sum \frac{n_i}{N \log(n_i / N)}, \quad (4)$$

де n_i – оцінка значущості кожного виду (чисельність);

N – сума оцінок значущості.

Індекси Сімпсона і Шеннона містять комбінацію подібних компонентів, тому являють собою узагальнені індекси різноманіття. Індекс Сімпсона показує «концентрацію» домінування – його величина тим більше, чим більше домінування одного або декількох видів. Він надає більшої ваги поширеним видам, а індекс Шеннона – поодиноким видам.

Індекс вирівняності Пієлу (E) розраховуємо за формулою 5

$$E = \frac{H}{\log S}, \quad (5)$$

де H – індекс Шеннона; S – число видів.

В якості показників, що характеризують динамічність параметрів видового різноманіття, нами було розраховано коефіцієнти варіабельності (V_ϕ, V_e). Як міра мінливості, було використано показник мінливості U , що є відношенням різниці між максимальною і мінімальною величиною параметра до його середньої величини [9]. Також визначалось середнє арифметичне значення кожного параметра видового різноманіття ($\bar{\chi}_\phi, \bar{\chi}_e$). Результати проведених розрахунків представлені в табл. 1.

Таблиця 1- Параметри видового різноманіття водно-болотних комплексів

Параметр видового різноманіття	$\bar{\chi}_\phi$	$\bar{\chi}_e$	V_ϕ	V_e	S_1	U_ϕ	U_e	S_2
Індекс видового багатства, d	0,68	0,63	0,31	0,22	1,40	0,044	0,031	1,42
Індекс домінування Сімпсона, c	0,87	0,65	0,16	2,52	0,064	0,023	0,36	0,067
Індекс різноманіття Сімпсона, i	0,13	0,36	1,09	4,58	0,231	0,15	0,65	0,236
Індекс Шеннона, H	13,69	3,75	15,29	77,98	0,196	0,22	1,102	0,206
Індекс вирівненості Пієлу, E	19,84	5,43	15,29	78,08	0,215	0,28	0,64	0,34

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз стану досліджених водно-болотних комплексів на контрольних ділянках та ділянках, які зазнали впливу пірогенного чинника, виявив чіткий причинно-наслідковий зв'язок щодо зміни показників, які характеризують їх різноманіття.

Число видів або видове багатство (d) виступає об'єктивним якісним параметром локального (в нашому випадку), ландшафтного, регіонального та глобального різноманіття. Усереднені розрахункові значення даного показника вказують на збідненість видового багатства експериментальних ділянок після проходження пожежі.

Показовим параметром стану угруповань є класичний показник якості біоти – індекс різноманіття [13, 14]. Використовувані нами для аналізу індекси Шеннона (H) та Сімпсона (i) дозволяють наочно і достовірно демонструвати ступінь трансформації рослинних угруповань водно-болотних комплексів, що зазнали пірогенного впливу.

Якісна оцінка стану угруповань, які функціонують в умовах антропогенного впливу різної природи та інтенсивності, повинна базуватись на показнику вирівняності. Вирівняність Пієлу (E), як важливіша характеристика структури угруповання, надійно інтерпретує ступінь стійкості та різноманітності біотичного комплексу в природних умовах. Різноманіття угруповання тим вище, чим вища його вирівняність. Суть показника вирівняності виявляє амплітуду можливих флуктуаційних коливань чисельності видових популяцій угруповання в умовах біотичної насиченості середовища. Фактично він вказує на ступінь рівномірності розподілу видів за їх чисельністю в угрупованні. Багаточленні угруповання з нечисельних популяцій відзначаються вищою екологічною стійкістю ніж малочленні, до складу яких входять численні популяції. Отже вирівняність надійно характеризує стійкість угруповання через кількісні параметри – видове багатство та чисельність видів [13].

Привабливими для статистичного порівняння є розраховані коефіцієнти варіації та показники мінливості параметрів різноманіття досліджених природних комплексів. За показником варіабельності, індекс різноманіття Сімпсона пірогенно трансформованих комплексів перевищує фоновий майже в 4 рази, за індексом Шеннона й індексом вирівняності Пієлу - більш ніж у 5 разів. Аналогічна ситуація простежується й у відношенні показника мінливості.

Таким чином, можемо констатувати, що вплив пірогенного чинника на водно-болотні комплекси призводить до підвищення динамічності показників видового різноманіття, яке полягає у флуктуаційних відхиленнях індексів різноманіття та обчислених статистичних параметрів. Зважаючи на отримані результати досліджень, можемо припустити, що динаміка показників видового різноманіття є проявом постпірогенної релаксії геосистем, яка спрямована на встановлення рівноваги процесів їхнього функціонування.

У роботі [9], з посиланням на [8, 16], інертність і відновлюваність окремих параметрів екосистеми оцінювали шляхом вимірювання їх мінливості, яка, у свою чергу, є мірою стабільності. Поняття стабільності вважають синонімом стійкості, коли міру змін не співвідносять з інтенсивністю дій, що її спричинили [8]. Якщо міру відгуку системи позначити як ΔR , а дії на системи – ΔF , то стійкість можна визначити як

$$S = \Delta F / \Delta R. \quad (6)$$

Екологічний зміст формули (6) полягає в тому, що вона визначає міру змін дій, необхідну для того, щоб відгук змінився на одиницю міри. Чим більшу дію необхідно прикласти до параметрів відгуку для його зміни, тим вище стійкість системи [9]. Наслідуючи формулу (6), можна оцінити стійкість системи відношенням середнього коефіцієнта варіації V_{ϕ} індексів видового різноманіття фонових (контрольних) значень

до середніх значень коефіцієнта варіації (V_e) для відгуків геосистеми (параметри видового різноманіття трансформованих геосистем)

$$S_1 = V_f / V_e, \quad (7)$$

Якщо як міру мінливості використовувати показник мінливості U , то аналогічним чином стійкість визначається як

$$S_2 = U_f / U_e. \quad (8)$$

де U_f і U_e – відповідно середні показники мінливості фонових (контрольних) параметрів і відгуків [9].

Розрахунки, виконані за формулами (7) і (8), показують, що стійкість видового різноманіття водно-болотних природних комплексів знаходиться приблизно в межах 0,2-0,3, що відповідає стійкості водних екосистем [9].

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що фітоценотичні угруповання водно-болотних комплексів реагують на стресовий прояв пірогенного чинника зміною головних параметрів різноманіття (видове багатство, видова чисельність, індекси Шеннона і Сімпсона, вирівняність Пієлу).

За показником варіабельності, індекс різноманіття Сімпсона пірогенно трансформованих комплексів перевищує фоновий майже в 4 рази, за індексом Шеннона й індексом вирівняності Пієлу - більш ніж у 5 разів. Отже можемо констатувати, що вплив пірогенного чинника на водно-болотні комплекси призводить до підвищення динамічності показників видового різноманіття, що полягає у флуктуаційних відхиленнях індексів різноманіття та обчислених статистичних параметрів.

Допускаємо, що виявлена динамічність показників, які характеризують різноманіття, є складовою загальної постпірогенної релаксії геосистем, спрямованої на встановлення рівноваги процесів їхнього функціонування.

Отримані значення стійкості водно-болотних комплексів співвідносяться з параметрами стійкості водних екосистем.

Список літератури

1. Фуряев В.В., Киреев Д.М. Изученики послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. – Новосибирск : Наука, 1979. – 160с.
2. Гриценко А.В., Буц Ю.В. К вопросу о методологии исследований восстановления геосистем после чрезвычайных ситуаций // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. УкрНДІЕП. – Х.: ВД «Райдер», 2011. – Вип. XXXIII. – С.3-11.
3. Аблесимов Н. Е., Земцов А. Н. Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах. — М.: ИТиГ ДВО РАН, 2010. — 400 с.
4. Релаксация [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dic.academic.ru/dic.nsf/es/48747/релаксация>.
5. Модель еволюції літосфери [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.http://geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/78-2011-01-06-10-17-01/304-2011-01-06-10-30-53.html>

6. Буц Ю.В. Пірогенна релаксія геосистем //Людина та довкілля. Проблеми неоекології.- Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. - № 1-2. - С. 71-76.
7. *Экологический энциклопедический словарь*. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. - 408 с.
8. Левич А.П. Понятие устойчивости в биологии. Математические аспекты // Человек и биосфера. М.: Изд-во МГУ, 1976. - Вып. 1. - С. 138 – 174.
9. Шашуловский В.А., Мосияш С.С., Малинина Ю.А., Далечина И.Н., Котляр С.Г., Филинова Е.И. Динамика устойчивости экосистемы Волгоградского водохранилища // Поволжский экологический журнал. - 2005. -№3. - С. 325 – 335.
10. Гродзинський М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
11. Буц Ю.В. Динаміка ландшафтно-геохімічних процесів як показник техногенного навантаження // Вісник Харк. нац. ун-ту. – 2006. - № 655. - С. 139-144.
12. Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т. Т. 2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 477 с.
13. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 173 с
14. Одум Ю. Экология: В 2-х т. Т.2. Пер. с англ. / Одум Ю. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
15. Некос В.Ю., Пічугіна Ю.О. Вплив пірогенного фактору на видове різноманіття фітоценозів (на прикладі Харківського району Харківської області) //Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – Х: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. - № 1(14). – С. 21-25
16. Федоров В.Д. Устойчивость экологических систем и ее измерение // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1974. - №3. - С. 402 – 415.

Динамика видового різноманіття водно-болотних природних комплексів як проявлення пірогенної релаксії геосистем. Буц Ю.В., Титенко А.В.

Представлены теоретические обобщения о роли пирогенного фактора в формировании, функционировании, устойчивости и динамике геосистем. Исследовано, что параметры видового разнообразия водно-болотных природных комплексов испытывают динамические изменения после пожаров, что следует считать одним из проявлений пирогенной релаксии геосистем. Рассчитаны параметры устойчивости водно-болотных природных комплексов по статистическим показателям индексов видового разнообразия.

Ключевые слова: пирогенный фактор, релаксія, геосистема, видове різноманіття

Dynamics of specific variety of water-bog natural complexes as display of fire relaxation geosystems. Buts Yu.V., Titenko A.V.

Theoretical generalizations about the role of fire factor in forming, functioning, stability and dynamics of geosystems are presented. It is investigated, that the parameters of specific variety of water-bog natural complexes are tested by dynamic changes after fires, that it is necessary to count one of displays of fire relaxation geosystems. The parameters of stability of water-bog natural complexes on the statistical indexes of indexes of specific variety are expected.

Keywords: fire factor, relaxation, geosystem, specific variety.