

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ДАНИХ ЕКОГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Случик В. М., Миленька М. М.

*Кафедра біології та екології, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
e-mail: pryv_der@pu.if.ua*

Проведена комплексна математична обробка даних, отриманих з використанням батареї тестів для визначення мутагенних хімічних речовин. Оцінці за мутагенним фоном підлягали території, що характеризуються різним ступенем техногенного впливу. Флуктуаційний, кореляційний та кластерний аналізи результатів досліджень дозволили виявити закономірності реакції тест-об'єктів на генетично-активні чинники в залежності від інтенсивності мутагенного фону.

Ключові слова: математичний аналіз, тест-система, мутагенний фон.

Sluchyk V.M., Mylen'ka M.M. Features of mathematical analysis and date interpretation of ecogenetic researches. *The complex mathematical processing of data, got by a battery of tests, is carried out for determination of mutagen chemicals. Territories that are dissimilar at mutagen background which are characterized by the different degree of technogenic pressure were subject of estimation. The fluctuation, cross-correlation and cluster analyses of results of researches allowed to find out conformities to the law of reaction of test-objects on genetically active factors depending on intensity of mutagen background.*

Keywords: mathematical analysis, test-system, mutagen background.

Вступ

Невід'ємною складовою науково-технічного прогресу та стрімкого розвитку цивілізації є зростання антропогенного пресингу на екологічні системи усіх ієрархічних рівнів. Це призводить до виникнення порушень різної природи та ступеня складності [3,7]. При цьому, одним з найбільш серйозних наслідків техногенного впливу на довкілля є забруднення навколишнього середовища мутагенами фізичного, хімічного та біологічного походження, що веде до зростання мутагенного тиску довкілля на природні популяції, збільшення їх генетичного вантажу [4]. Тому, розробка та вдосконалення системи екологічного нормування якості навколишнього природного середовища на основі впровадженням генетичного моніторингу довкілля набуває сьогодні першочерговості. Адже лише комплексна оцінка екологічної ситуації, що включає, з одного боку, спостереження за джерелами антропогенного впливу, а з іншого – за реакцією живих систем на цей вплив може стати основою для якісного контролю над процесами забруднення навколишнього середовищами мутагенами різного походження, а також мінімізації їх впливу [2].

Матеріали та методи

З метою зіставлення ступеня екологічної напруженості територій та відповідного їм загального мутагенного фону, проведено низку моніторингових досліджень окремих територій Івано-Франківської області, відмінних за своїм господарським призначенням та рівнем антропогенного впливу (агемеробні, селітебні неурбанізовані і слабоурбанізовані, а також урбанізовані індустріальні). В якості критеріїв оцінки фактичного екологічного стану брали до уваги значення сумарного показника забруднення (СПЗ) та індексу чистоти повітря (ІЧП), відповідно до яких виділено території із сприятливим (ІЧП ≥ 10 , СПЗ = 30), напруженим (ІЧП=5-10, СПЗ=70), незадовільним (ІЧП=1-5, СПЗ=90) та критичним (ІЧП =0-1, СПЗ ≥ 130) екологічним станом [8]. Для оцінки мутагенного тиску комплексу факторів на зазначених територіях проводили дослідження з використанням рослинних та тваринних тест-б'єктів: ана-телофазним аналізом клітин апікальної меристеми первинних корінців насіння цибулі (*Allium cepa*), метафазний аналіз клітин кісткового мозку та тест на домінуючі летальні мутації (ДЛМ) у статевих клітинах самців мишей (*Mus musculus*) за стандартними методиками [1,6].

На основі значень вказаних параметрів тест-об'єктів обчислено показники пошкоженості (ПП) та інтегральні показники пошкоженості (ІПП) біоіндикаторів [2] для територій із різним ступенем антропогенного пресингу. Окрім стандартних методів статистичної обробки, отримані дані піддавали флуктуаційному, кореляційному та кластерному аналізу [5] з використанням програмного пакета Statistica 7.0 for Windows.

Результати дослідження та їх обговорення

Показники пошкоженості біоіндикаторів характеризуються значною варіабельністю в залежності від екологічної напруженості території (рис. 1), досягаючи своїх максимальних значень, що перевищують позначку 0,76 і відповідають небезпечному рівню мутагенного фону, на територіях із найвищим значенням СПЗ. Окрім цього, цей показник характеризується найнижчими значеннями стандартних похибок, що свідчить

про більш вузький діапазон мінливості реакції тестерів на вплив факторів довкілля на досліджуваній території. Останнє, ймовірно, вказує на близьку інтенсивність адаптаційних процесів.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів парної кореляції (r) між показниками пошкодженості (ПП) окремих параметрів біоіндикаторів.

	ПП (по к-ті аберацій на досліджену клітину <i>A. sera</i>)	ПП (по к-ті аберацій на аберантну клітину <i>A. sera</i>)	ПП (по % аберантних клітин <i>A. sera</i>)	ПП (по к-ті аберацій на досліджену метафазу клітин кісткового мозку <i>Mus</i>)	ПП (по к-ті аберацій на аберантну метафазу клітин кісткового мозку <i>Mus</i>)	ПП (по середньо груповій частоті метафаз з абераціями (<i>Mus musculus</i>), %)	ПП (по частоті ДЛМ у статевих клітинах самців <i>Mus musculus</i>)	Значення показника СПЗ на досліджуваних територіях
ПП (за кількістю аберацій на досліджену клітину <i>A. sera</i>)		0,998	0,975	0,964	0,889	0,989	0,954	0,984
ПП (за кількістю аберацій на аберантну клітину <i>A. sera</i>)			0,985	0,954	0,874	0,989	0,935	0,976
ПП (за % аберантних клітин <i>A. sera</i>)				0,926	0,847	0,981	0,871	0,947
ПП (за кількістю аберацій на досліджену метафазу клітин кісткового мозку <i>Mus musculus</i>)					0,979	0,982	0,973	0,996
ПП (за кількістю аберацій на аберантну метафазу клітин кісткового мозку <i>Mus musculus</i>)						0,929	0,937	0,995
ПП (за середньою груповою частотою метафаз з абераціями (<i>Mus musculus</i>), %)							0,943	0,991
ПП (за частотою ДЛМ у статевих клітинах самців <i>Mus musculus</i>)								0,978
Значення показника СПЗ на досліджуваних територіях								

Загрозливий, конфліктний та благополучний мутагенний фон, оцінений за інтегральними показниками пошкодженості біоіндикаторів відповідає територіям із екологічно незадовільним, екологічно напруженим та екологічно сприятливим станом. Це може свідчити про меншу екологічну напруженість, а відповідно і більшу варіабельність адаптаційних реакцій тестерів.

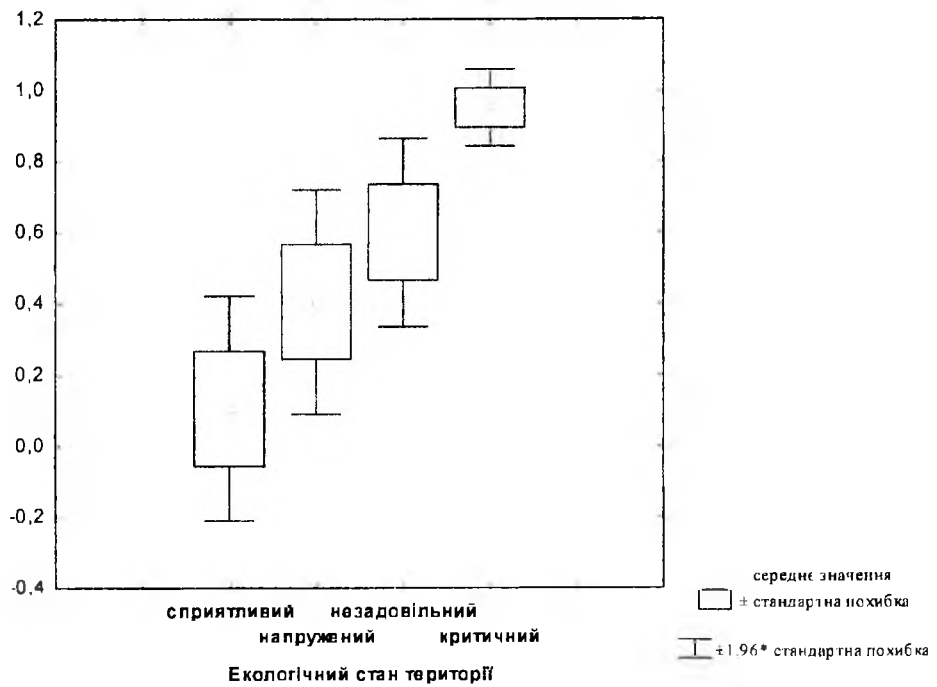


Рисунок 1. Флуктуація показників пошкодженості біоіндикаторів на територіях з різним ступенем екологічної напруженості.

Парний кореляційний аналіз показав наявність тісного прямого кореляційного зв'язку ($r > 0,5$) між показниками пошкодженості досліджуваних параметрів тест-об'єктів. Також, виявлено позитивну кореляційну залежність між генетичними порушеннями досліджуваних тест-об'єктів та відповідними величинами СПЗ (табл. 1). Оскільки досліджувались генетичні реакції біоіндикаторів на ступінь забрудненості території – отримані дані вказують на однонапрямленість реакції спадкового апарату на дію генетично активних чинників, що підтверджується і результатами флуктуаційного аналізу.

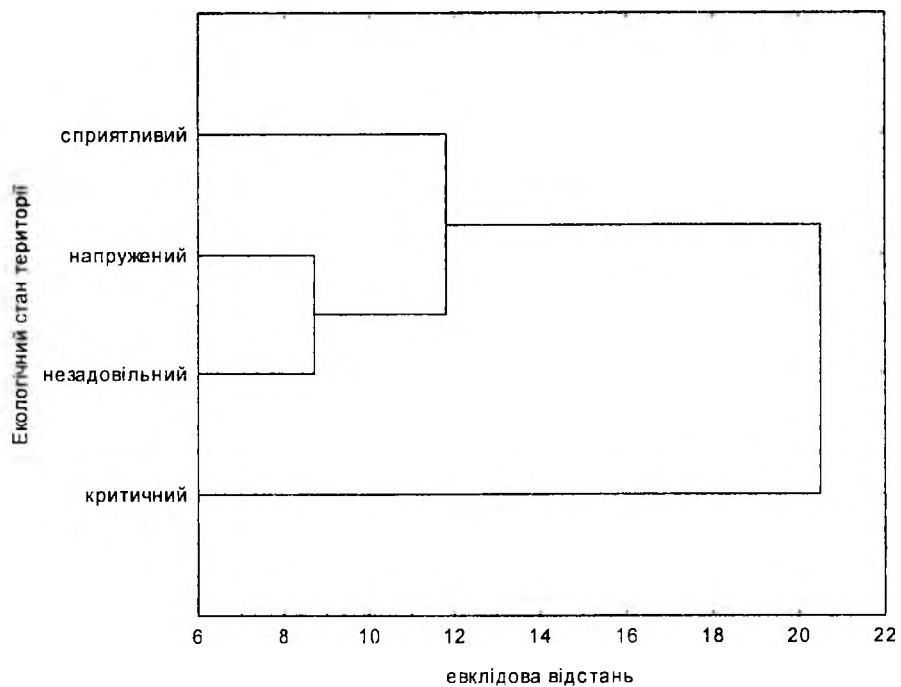


Рисунок 2. Групування показників генетичної напруженості досліджених територій за допомогою кластерного аналізу (метрика Евкліда, об'єднання за методом повного зв'язку).

На основі показників пошкодженості біоіндикаторів побудовано дендрограму кластерного аналізу, що дозволяє класифікувати досліджені території за групами кластерів при допомозі метрики Евкліда (рис. 2). Враховуючи високі значення коефіцієнта кореляції між аналізованими параметрами ($r > 0,5$), Евклідову відстань між значеннями цих параметрів відповідних тест-систем, що репрезентують окремі території, відмінні за ступенем екологічної напруженості, можна ототожнювати з відстанню Махаланобіса.

З рисунка видно, що вузловий кластер з локалізацією на відстані 9 евклідових одиниць, утворений на основі групування цитогенетичних показників тест-об'єктів, що характеризують кластогенну компоненту мутагенного фону екологічно напружених та екологічно незадовільних територій. Кластер другого порядку з локалізацією на відстані 12 евклідових одиниць, утворюють території із СПЗ, що відповідає сприятливому, напруженому та незадовільному екологічному стану. Найбільш віддаленою за комплексом досліджуваних ознак, на основі аналізу дендрограми, є територія з найвищим значенням СПЗ. Ці дані можуть свідчити про більш близькі за кількісними характеристиками реакції біоіндикаторів на територіях з незадовільним і напруженим екологічним станом. Натомість, найвіддаленішими показниками характеризуються тестери території, яка оцінена як критична.

Висновки

Результати дослідження вказують на зростання мутагенного фону територій пропорційно рівню напруженості їх екологічного стану. Відмічено пряму кореляційну залежність між значеннями показників пошкодженості біоіндикаторів та СПЗ відповідних територій, а також між дослідженими параметрами тест-об'єктів.

Кластеризація значень досліджених параметрів тест-об'єктів за допомогою методів числової таксономії дозволяє виділити території з екологічно напруженим та екологічно незадовільним станом, як найбільш схожі за характером та інтенсивністю мутагенного впливу, а територію, стан якої характеризується як екологічно критичний – як найбільш віддалену від решти досліджених за комплексом діючих мутагенних факторів.

Загалом, можна стверджувати, що застосовані методи адекватно характеризують особливості реакції тест-об'єктів на інтенсивність мутагенного фону, та можуть надалі використовуватись для комплексної біологічної оцінки територій з різним ступенем техногенної трансформованості.

Література

1. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 51: Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ. – Женева: ВОЗ, 1989 – 212 с.
2. Горювая А.И., Бобырь Л.Ф., Скворцова Т.В., Дигурко В.М., Климкина И.И. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов // Цитология і генетика. – 1996. – Т.30, №6. – С. 78-86.
3. Ковальчук Л.Э., Случик В.М., Геращенко С.Б. Оцінка генетичного ефекту дії факторів хімічного виробництва // Цитология і генетика. – 1994. – Т.28, №3. – С. 41-46.
4. Куцоконь Н.К. Безруков В.Р., Лазаренко Л.М., Рашидов Н. М., Гродзинський Д.М. Кількість аберацій на аберантну клітину як параметр хромосомної нестабільності. Порівняльний аналіз впливу факторів різної природи. // Цитология і генетика. – 2004. – Т.38, №1, – С. 55-62.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд. – М.: Высш. школа, 1990. – 350 с.
6. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1980. – 304с.
7. Случик В.М. Комплексна оцінка мутагенного фону, зумовленого малоінтенсивними факторами хімічного виробництва (експериментально-популяційне дослідження) Автореф. дис... канд. біол. наук – Київ, 1996. – 26 с.
8. Фоменко Н.В. Екологічний менеджмент як основа гармонізації відносин суспільства і природи в контексті процесів урбанізації // Науковий вісник Чернівецького національного університету. Серія: Географія. – Чернівці, 2005. - № 246. – С. 79-83.

Стаття поступила до редакції 22.03.2008 р.; прийнята до друку 29.03.2008 р.