

МОДЕЛЬ РАДІОЄМНОСТІ ПРИ ОЦІНЦІ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЕКОСИСТЕМУ

Огородник А.М.

Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології імені Р.С. Кавецького
Національної академії наук України

У статті представлена розроблена та побудована нами модель радіоемності для оцінки негативного впливу поллютантів на екосистему, у якій показано можливість використовувати цей підхід, як універсальний метод до моделювання радіоемності та надійності різного типу екосистем.

Ключові слова: модель радіоемності, поллютант, екосистема, навколишнє середовище, біота, важкі метали.

Постановка проблеми. Розвиток технологій в промисловості і сільському господарстві спричиняють різке збільшення кількості поллютантів в навколишньому середовищі, концентрації яких на декілька порядків перевищують фонові природні концентрації. Особливу увагу приділяють сполукам таких металів як Pb, Hg, Cd, Cu. Це зумовлено їх широким розповсюдженням у навколишньому середовищі, високою канцерогенністю та токсичністю (низькою швидкістю виведення з організму людини), стійкістю до процесів природної детоксикації [5, с. 61; 8, с. 38]. Особливо важливе місце серед канцерогенних речовин займають сполуки кадмію та свинцю. У незначних кількостях ці метали можуть бути присутніми в органах різних видів риб, рептилій та хребетних, включаючи і людину [2, с. 135]. Збільшення вмісту даних поллютантів призводить до порушення нормальної життєдіяльності організмів.

Так вміст свинцю в ґрунтах промислових районів досягає декількох тисяч міліграм на 1 кг, а щорічне виробництво кадмію у світі складає близько 20000 т. ГДК_в кадмію складає 0,01 мг/л для води (лімітуючий показник шкідливості – санітарно-токсикологічний), ГДК_{вр} – 0,0005 мг/дм³ (лімітуючий показник шкідливості – токсикологічний).

Після потрапляння шкідливих речовин в екосистему будь-яким шляхом, вони залучаються до екосистеми і підкоряються дії її внутрішніх законів. Вони так чи інакше беруть участь у кругообігу речовин, зумовленого трофічною структурою цієї екосистеми, від сталих елементів середовища (вода, повітря, ґрунт) – до популяцій організмів різних трофічних рівнів, а через це – можуть у тій чи іншій мірі впливати на біоту екосистеми та на стан здоров'я людини [1, с. 70].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінки стану й благополуччя екосистем використовують до 30 різних показників і параметрів – від різноманітних видів до біомаси, чисельності тощо. Важлива особливість цих показників, що практично всі вони починають суттєво змінюватись лише тоді, коли система зазнає значних порушень [3, с. 78]. Практично дуже важливо мати показники та параметри, які дозволяли б випереджаючим чином оцінювати стан біоти екосистеми й особливості розподілу та перерозподілу поллютантів у реальних екосистемах і ландшафтах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Через антропогенне навантаження на екосистему зникає природна рослинність, багато біологічних об'єктів піддаються впливу шкідливих поллютантів. Знижується дебіт наземних та підземних вод і, в цілому, не лише погіршується водний режим територій, а, в результаті міграції хімічних речовин та присутністю великої кількості водороз-

чинних солей і лугів, відбувається забруднення підземних вод та річок.

Теоретична радіобіологія та екологія не володіла помітним вибором моделей і параметрів придатних для оцінок і розрахунків екологічних процесів в різного типу екосистемах. Запропоновано новий підхід до оцінки стану біоти екосистем, за яким в якості показника стану і реакції екосистеми пропонується використовувати зміну параметрів її радіоемності. [5, с. 178].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є оцінити негативний вплив поллютантів, зокрема важких металів на екосистему та запропонувати модель для оцінки благополуччя та надійності екосистем.

Виклад основного матеріалу. Для оцінки негативного впливу поллютантів на екосистему пропонується використовувати чутливий показник – фактор радіоемності. Уявлення про фактор радіоемності було запропоновано Агре А.Л. та Корогодіним В.І. у 1960 р. [1, с. 72], покладено нами в основу нової концепції. На основі теоретичного аналізу та експериментальних досліджень нами запропоновано використовувати фактор радіоемності екосистем та її складових.

Радіоемність визначається як така критична кількість поллютантів, яка може накопичуватись у біотичних компонентах екосистем без порушення їх основних функцій (відтворення та кондиціонування середовища існування) [3, с. 235]. Фактор радіоемності – визначається як доля поллютантів, що накопичується в тому чи іншому компоненті екосистеми. Нами було запропоновано для оцінки благополуччя біоти в екосистемі використовувати як визначаючі два параметри – біомаса видів в екосистемі та їх здатність очищати/кондиціонувати середовище від відходів життєдіяльності та поллютантів, що потрапляють в екосистему.

Розглянемо проблему радіоемності на прикладі двокамерної моделі екосистеми (водна культура рослин), що складається з води – $Y(x)$ та біоти – $Z(x)$. Нехай ми маємо дві камери, що містять $Y(x)$ і $Z(x)$ поллютанти, і час x ; a_{12} – швидкість поглинання поллютантів; a_{21} – швидкість відтоку поллютантів у воду. Рішенням даної задачі є розв'язок двох диференціальних рівнянь для даної моделі є:

$$Y(x) = \frac{Y_0}{a_{12} + a_{21}(a_{21} + a_{12} \exp[-(a_{12} + a_{21})x])},$$

$$Z(x) = \frac{Y_0 a_{21}}{a_{12} + a_{21}(\exp[-(a_{12} + a_{21})x])}$$

Коли час досліджень значний, то можна розрахувати й оцінити фактор радіоемності біоти та води таким чином:

$$F_b = \frac{a_{12}}{a_{21} + a_{12}}; F_w = \frac{a_{21}}{a_{12} + a_{21}};$$

Порівнюючи ці рівняння, можна отримати:

$$\frac{a_{12}}{a_{21}} = \frac{F_b}{F_w} = \frac{1 - F_b}{F_b}$$

Таким чином, відношення швидкості поглинання та відтоку полютанта і, можливо, елемента мінерального живлення калію пропорційне біомасі біоти й коефіцієнту накопичення в системі «вода – біота». Це означає, що чим більше біомаса біоти та коефіцієнт накопичення полютанта біотою, тим більше відношення швидкостей поглинання і відтоку полютантів, а значить, і поживних речовин з води в біомасу біоти. Тут видно зв'язок параметра радіємності зі швидкостями поглинання та відтоку полютантів [5, с. 190].

Проведено розрахунки радіємності, що враховують як сценарії штатних викидів небезпечних підприємств, так і можливі аварійні ситуації. Отримано часові залежності для фактора радіємності рослин при дії концентрацій солей кадмію, цинку, свинцю – рисунки 1, 2, 3. Реакція протягом першої доби після негативного впливу дозволяє оперативно описати чутливість рослин до дії важких металів.

Аналіз представлених результатів на цих рисунках вказує на швидкоплинний характер токсичності важких металів – виявляється як стимулювання росту та відновлення рослин, так і інгібуючий вплив практично завершується на третю добу досліджень.

Аналіз отриманих даних (рисунок 1) вказує на складну динаміку впливу хлориду кадмію (відносно контролю) – спостерігається як стимуляція накопичення радіоцезію, інгібування та його відновлення.

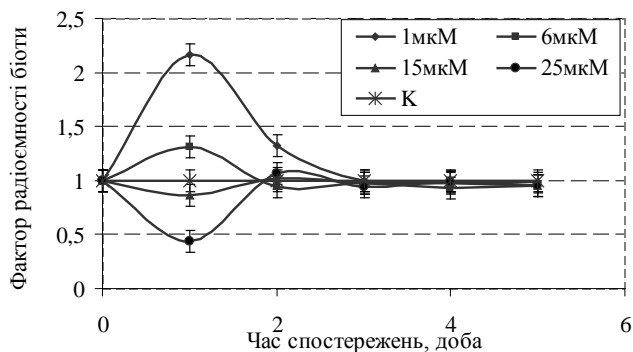


Рис. 1. Динаміка фактора радіємності рослин в умовах дії CdCl_2 (відносно контролю)

Джерело: розроблено автором

Реакція за першу добу після дії солі кадмію дозволяє оперативно описати чутливість рослин до впливу важкого металу. Із поведінки відповідних кривих, що характеризують вплив CdCl_2 в концентрації 1,0 та 6,0 мкМ видно, що поглинання трасера рослинами більше ніж в контрольному варіанті на 110% та 30%, що говорить про стимулювання поглинальної активності рослин.

При концентраціях 15,0 та 25,0 мкМ/л CdCl_2 спостерігалось зниження поглинальної здатності рослин на 15% і відповідно 60% відносно контрольного варіанту – відбувалось пригнічення (інгібування) росту рослин. Крім того, слід відмітити відображення в динаміці екологічної ємності відновних процесів. Про це свідчить область кривих (1-3 доба), в якій відбувалось зростання поглинальної активності рослин кукурудзи після початкового зниження.

Зміна фактору екологічної ємності рослин кукурудзи, які піддавали незалежному впливу сульфату цинку (відносно контролю) представлено на рисунку 2.

При впливі ZnSO_4 в концентрації 150,0 мкМ відбувалось збільшення поглинальної активності рослин

на 40%, що приводило до покращення фізіологічного стану рослин. Концентрації 50,0 мкМ та 90,0 мкМ мають однаковий характер дії на рослини, поглинальна активність більша ніж в контрольному варіанті на 15%, але вже на другу добу досліджень поглинальна активність зменшується на 30%, що говорить про пригнічення накопичення рослинами трасеру.

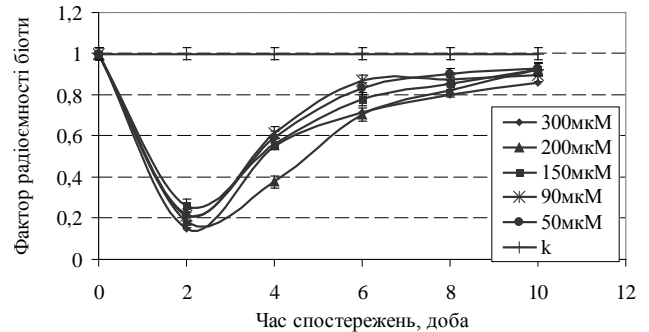


Рис. 2. Динаміка фактора радіємності рослин при дії ZnSO_4 (відносно контролю)

Джерело: розроблено автором

На 3-4 добу відновлювалась поглинальна здатність рослин, про що свідчить збільшення поглинання трасеру на 10-20%. При концентраціях 200,0-300,0 мкМ ZnSO_4 поглинальна активність рослин зменшувалась на 15-50% відносно контролю, але слід відмітити відновлювальні процеси в динаміці екологічної ємності на 2-5 добу спостережень.

Накопичення трасера в середовищі живлення рослин спостерігалось на 1-2 добу, після чого рослини починали поглинати трасер і відповідно активність у водному розчині зменшувалась.

На рисунку 3. представлений вплив сульфату свинцю на фактор радіємності рослин.

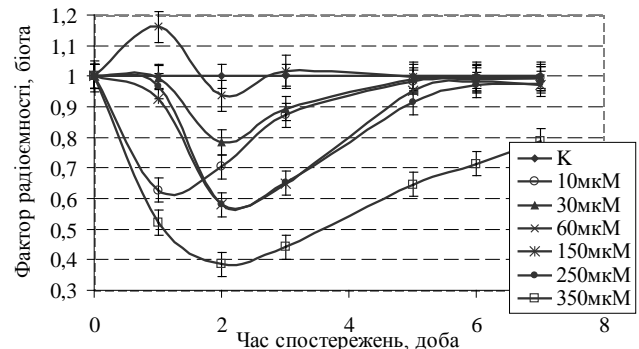


Рис. 3. Вплив різних концентрацій PbSO_4 поглинальну здатність рослин (відносно контролю)

Джерело: розроблено автором

Видно, що при концентраціях 150,0-350,0 мкМ рівень фактору радіємності з часом помітно падає і досягає значень 0,42-0,55. З часом відбувалось помітне збільшення фактору радіємності, тобто відновлення здатності накопичувати ^{137}Cs . Подібний вплив спостерігали при концентраціях 10,0-30,0 мкМ, коли фактор радіємності зменшувався до 0,6-0,78. У варіанті 60,0 мкМ PbSO_4 спостерігали стимулюючу дію – значення фактору радіємності збільшувалось до 1,15, але на другу добу відбувалось зниження поглинальної здатності, що говорить про інгібуючу дію Pb_2SO_4 .

Той факт, що до четвертої доби рівень швидкості поглинання варіантів досліду збігається з контрольним рівнем, свідчить про завершення процесів поглинання в моно екосистемі в результаті дії полютантів, і про перехід системи спостереження в стаціонарний стан.

Порівнюючи дію важких металів кадмію, цинку та свинцю виявлено, що найбільш токсичним поллютантом є свинець. Хлорид кадмію виявився більш токсичним поллютантом у порівнянні з сульфатом цинку на 10%. У відношенні стимулюючих доз слід зазначити, що хлорид кадмію надав більш виражений стимулюючий ефект у порівнянні з сульфатом цинку та свинцем. Як зазначалося вище, при концентраціях 1,0-6,0 мкМ, збільшується накопичення трасеру на 30-110% відносно контролю.

Висновки і пропозиції. Модель радіємності дозволяє визначати критичні елементи екосистеми, де слід очікувати тимчасового або кінцевого

депонування поллютантів. Закономірності перерозподілу поллютантів в різних типах екосистем, описувані моделями радіємності, дозволяють встановити екологічні нормативи на гранично допустимі скиди і викиди поллютантів у конкретні види екосистем.

Підхід на основі застосування біогенних трасерів дозволяє в рамках моделі радіємності одночасно оцінювати процеси міграції шкідливих речовин, визначати техногенні впливи на екосистеми і встановлювати фундаментальні параметри швидкостей перерозподілу поллютантів у різних типах екосистем, включаючи ландшафти.

Список літератури:

1. Агре А. Л., Корогодін В. И. О распределении радиоактивных загрязнений в медленно обмениваемом водоеме // Мед. радиология. – 1960. – № 1. – С. 67-73.
2. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами. – К.: ВГЛ «Обрії», 2002. – 248 с.
3. Кутлахмедов Ю. А., Поликарпов Г. Г., Корогодін В. И. Методология и методы исследования радионуклидов и других техногенных загрязнителей в наземных и водных экосистемах (пособие). – К.: Медэкол, 1997. – 325 с.
4. Kutlakhmedov Y., Polikarpov G., Kutlakhmedova-Vyshnyakova V. Radiocapacity of Different Types of Natural Ecosystems (without man) and their Ecological Standardization Principles // J. Radioecol. – 1997. – Vol. 6(2). – P. 15-21.
5. Кутлахмедов Ю. А., Корогодін В. И., Леншина А. Н. Теория и модели радиємности в современной радиоекологии. В сб. материалов Международной конференции «Радиоекология: итоги, современное состояние и перспективы» – Москва, 2008. – С. 177-193.
6. Карпова Е. А., Потапуева Ю. А. Накопление тяжелых металлов растениями озимой ржи и овса при применении азотных, калийных и длительном последствии фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве // Агрохимия – 2005. – № 4. – С. 59-66.
7. Pchelovska S., Kutlakhmedov Y., Korogodin V. Radiocapacity: characteristic of stability and reliability of biota in ecosystems – Radiation Risks Estimates in Normal and Emergency Situations – A. A. Cigna and M. Durante eds. Springer, 2006. – P. 175-185.
8. Хоружая Т. А. Методы оценки экологической опасности. – М.: Экспертное бюро, 1998. – 224 с.
9. Amiro B. D. Radiological Dose Conversion Factors for generic Non-human biota. Used for screening potential Ecological impacts // Journal of Environmental Radioactivity, 1992. – V. 35. – № 1. – P. 37-51.
10. Shapar A. Ecocorridors within industrial regions is a key to the sustainable development of Ukraine / S. Smetana // The importance of Ecology and Nature Protection in the Sustainable Development Perspectives: Proceedings of the International Conference. – Yerevan, Armenia, 2008. – P. 134.

Огородник А.Н.

Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии имени Р.Е. Кавецкого Национальной академии наук Украины

МОДЕЛЬ РАДИОЕМКОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ

Аннотация

В статье представлена разработанная и построенная нами модель радиємности для оценки негативного воздействия загрязнителей на экосистему, в которой показана возможность использовать этот подход, как универсальный метод к моделированию радиємности и надежности различного типа экосистем.

Ключевые слова: модель радиємности, поллютант, экосистема, окружающая среда, биота, тяжелые металлы.

Ogorodnyk A.M.

R.E. Kavetsky Institute of experimental pathology, oncology and radiobiology National Academy of Sciences of Ukraine

MODEL OF RADIOCAPACITY AT ESTIMATION OF NEGATIVE INFLUENCE ON ECOSYSTEM

Summary

In the article the model of radiocapacity worked out and built by us is presented for the estimation of negative influence of pollutants on an ecosystem, possibility to use this going, as a universal method for modeling radio capacity and reliability of different type ecosystems.

Keywords: model of radiocapacity, pollutant, ecosystem, environment, biota, heavy metals.