

**Міністерство екології та природних ресурсів України
Державна екологічна інспекція Поліського округу
Державне агентство України з управління зоною відчуження
Комітет науки, освіти і євроінтеграції ГР Мінприроди
Житомирський національний агроекологічний університет
Національний університету водного господарства та природокористування
Національний університет біоресурсів і природокористування
Національний ботанічний сад імені М.М.Гришка НАН України
Рівненський державний гуманітарний університет
Державна екологічна академія післядипломної освіти
Вінницький національний технічний університет
Інститут агроекології і природокористування НААН
ННЦ «Інститут аграрної економіки» НААН
КЗПО «Еколого - натуралістичний центр» ЖОР
Громадська рада при Мінприроди України
Ecological association «West Polissia – Wetland»
Радіобіологічне товариство України
Всеукраїнська громадська організація "Чиста хвиля"
ГО "Центр сучасних інновацій"
ГО «Просвіта в Житомирській області»**

“Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку”

Збірник статей

**науково-практичної конференції
з міжнародною участю**

4 грудня 2018 року

м. Житомир

ББК ф.4

*Видається за рішенням організаційного комітету конференції
(протокол № 3 від 26 листопада 2018 р.)*

Екологічна наукова діяльність: в концепції сталого розвитку. Збірник статей науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Житомир, 4 грудня 2018. – Житомир: Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2018. – 372 с. іл..

Збірник містить матеріали досліджень вчених теоретичного і практичного характеру з актуальних питань екології, радіобіології ресурсозберігаючих технологій, стратегії сталого розвитку, які спрямовані вирішенню актуальних проблем наукової діяльності, а також можливостей впровадження розробок в сучасних умовах промислового та сільськогосподарського виробництва

Матеріали статей можуть використовуватись керівниками підприємств, спеціалістами, аспірантами, науковими співробітниками, студентами вищих навчальних закладів.

Відповідальність за зміст і достовірність поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори наукових статей.

Збірник підготовлено з оригіналів статей авторів без літературного редагування.

© Колектив авторів, 2018

Оргкомітет конференції:

Семерак О.М. – Міністр екології та природних ресурсів України (голова оргкомітету)

Скидан О.В. - д. е. н., професор, ректор ЖНАЕУ (*співголова оргкомітету*)

Романчук Л.Д. – д.с.-г.н., професор, проректор ЖНАЕУ (зас. голови оргкомітету)

Прищепя А.М. – професор, директор ННІ агроєкології та землеустрою НУВГП

Гаврилюк О. С. - В.о. державного секретаря Мінприроди

Железняк М.С. – Начальник державної екологічної інспекції Поліського округу

Данкевич Є. М. - д. е. н., проф., декан факультету екології і права ЖНАЕУ

Саюк О.А. - к.с.-г.н., доцент, декан агрономічного факультету ЖНАЕУ

Бондар О.І. – д.б.н., професор, член-кореспондент НААН, ректор Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління

Зибалов С.В. - В. о. начальника державної екологічної інспекції в Житомирській області

Ходаківська О.В. – д.е.н., с.н.с., зас. директора, зав. відділом земельних відносин та природокористування ННЦ ІАЕ

Рахметов Д.Б. - д.с.-г.н., професор, заступник директора Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка

Сидоренко О.В. – д.т.н., професор кафедри товарознавства, управління безпечністю та якістю, КНТЕУ

Гудков І.М. – академік НААН, д. б. н., професор, зав. каф. радіобіології і радіоекології НУБІП.

Рашидов Н.М.- д.б.н., професор, зав. лаб. радіобіології ІКБІГІ голова ВТ Радіобіологів **Дубчак С. В.** – д.б.н., професор ДЕАПО

Ландін В.П. - д.с.-г.н., зав відділом. Інститут агроєкології і природокористування НААН

Мокін В.Б. – д.т.н., професор, зав. кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ

Лико Д.В. – д.с.-г.н., професор, зав. кафедри екології, географії та туризму РДГУ

Клименко М.О. – д.с.-г.н., професор, академік УЕАН зав. кафедри екології НУВГП

Бордюг Н.С. - к.с.-г.н., доцент, директор КЗПО «Еколого натуралістичний центр» ЖОР

Годовська Т.Б. – к.т.н., Голова ГО «Центр сучасних інновацій»

Петрук В.Г. – д.т.н., професор, академік УАЕК, директор Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля ВНТУ

Коніщук В.В. – д.б.н. зав відділом. Інститут агроєкології і природокористування НААН

Іщук О.В. – к. с. - г. н., доцент зас. декана фак. екології і права ЖНАЕУ

Світельський М.М. - к.с.-г.н., доцент, зас. декана фак. екології і права ЖНАЕУ

Шкуратов О.І. - д.е.н., с.н.с., зас. директора Інституту агроєкології природокористування **Борисюк Б.В.**- академік МАНЕБ, к. с.- г. н., доцент ЖНАЕУ

Матковська С.І.- к. с.- г. н., доцент, зас. декана фак. екології і права ЖНАЕУ

Гуреля В.В. – к.с.-г.н., доцент ЖНАЕУ

Фещенко В.П. – голова комітету освіти, науки та євроінтеграції ГР при Мінприроди (гол. секретаріату оргкомітету, модератор)

2. Васильев В.П., Кавецкий В.Н., Бублик Л.И. Интегральная классификация пестицидов по степени опасности и оценка потенциального загрязнения окружающей среды //Агрохимия. – 1989, № 6. – С.97-102.
3. Горбатов В.С. Экологическая оценка пестицидов: источники и формы информации/ В.С. Горбатов, Ю.М. Матвеев, Т.В. Кононова //Агро-XXI, 2008. - № 1-3. – С.7-9.
4. Интернет-ресурс <http://www.penreg.ru>
5. Карпенко О.О. Оцінка еколого-економічних наслідків від нераціонального використання пестицидів на регіональному рівні/ О.О.Карпенко, М.О.Муравкіна //Інтернет-ресурс <http://archive.nbuv.gov.ua>

УДК 502.084: 615.9+616-001.17

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Петрук Р.В., Іщенко В.А., Костюк В.В.

Вінницький національний технічний університет

Постановка проблеми та актуальність. На етапі сучасного розвитку суспільства людство вирішує екологічні проблеми за принципом – «реагування та виправлення». Така концепція є досить примітивною і обмежує максимальні результати. Більш прогресивною є концепція «передбачення та попередження» екологічних проблем. Але на жаль така концепція потребує потужного системного аналізу ризиків. Існуючі методології дослідження та розрахунку ризиків на сьогоднішній день є занадто складними і тому малоефективним. Складність методик обумовлює майже неможливість їх використання, оскільки для визначення елементарних ризиків докільку чи здоров'ю людини варто проводити складні наукові дослідження з використанням великого об'єму статистичних даних. Хоча іноді більш ефективним може бути приблизний розрахунок значень ризиків. На жаль на сьогодні майже не існує методик спрощених розрахунків ризиків тому їх дослідження та розробка є досить актуальною задачею.

Викладення основного матеріалу. Для оцінки ймовірності реалізації загрози – ризику – використовують різні закони та складові теорії ймовірності. Тим не менше велика частина подій не може бути розглянута складовими теорії ймовірності – це як правило події одиничні та неповторювані. Ці події носять невизначений характер і відносяться до категорії «може відбутися, а може й не відбутися» і до них поняття та методи теорії ймовірності не мають відношення [1].

Твердження, що при виконанні певного переліку умов a подія A має ймовірність p має пізнавальне значення. Оскільки воно вказує на наявність своєрідного зв'язку між комплексом умов a та подією A . Цей зв'язок чи залежність приймається як гіпотеза в теорії ризиків.

Наукова задача дослідження ризиків полягає у виявленні цього зв'язку. Її вирішенню присвячено багато досліджень, але, тим не менше, вона залишається не вирішеною.

Ймовірність випадкової події A називається відношення числа подій з яких складається A (тобто числа m) до числа всіх можливих елементарних подій (тобто числа n). Ймовірність випадкової події A позначається умовно символом $P(A)$. Відносно цього визначення:

$$P(A) = m/n$$

На жаль в екології таке визначення ймовірності реалізації загрози не використовується оскільки воно стосується рівноймовірнісних елементарних подій – типу випадіння кульки одного кольору і т.д. Оскільки ймовірності реалізації

екологічних загроз різні то варто використовувати інші шляхи розрахунку, які б включали більше число факторів реалізації події, а тому й мають більш складну залежність. Тим не менше класичне визначення ймовірності допомагає в розумінні поняття «ризик».

Відповідно до *теорема складання(суми) ймовірностей* у випадку коли декілька подій окремо (B, C і т.д.) призводять до реалізації події A отримуємо суму ймовірностей настання кожної з подій:

$$P(A) = P(B) + P(C)$$

Для екологічних ризиків ця теорема може бути використана при, скажімо, розрахунку настання аварії у випадку відмови обладнання B, C тощо чи розрахунку екологічного ризику отруєння токсикантами B, C . Але знову ж таки варто знати часткові ймовірності настання подій B, C .

Судячи з визначення ризику реалізації загрози можна зробити математичне визначення протилежному поняттю «безпеки» (\bar{A}).

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A)$$

Для встановлення залежностей між причиною та наслідком події в екології можна використовувати формулу Байєса [1].

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

де, $P(A)$ – апіорна ймовірність гіпотези A (роз'яснення термінології далі); $P(A|B)$ – ймовірність гіпотези A при настанні події B (апостеріорна ймовірність); $P(B|A)$ – ймовірність настання події B при істинності гіпотези A ; $P(B)$ – повна ймовірність настання події B .

Формула Байєса дозволяє «переставити причину і наслідок»: за відомим фактом події обчислити вірогідність того, що вона була викликана даною причиною.

Події, що відображають дію «причин», в даному випадку називають гіпотезами, так як вони - передбачувані події, що спричинили дане. Безумовну ймовірність справедливості гіпотези називають апіорною (наскільки ймовірна причина взагалі), а умовну - з урахуванням факту події події - апостеріорної (наскільки ймовірна причина виявилася з урахуванням даних про подію).

Приклад: Подія B - в баку немає бензину, подія A - машина не заводиться. Зауважимо, що ймовірність $P(A|B)$ того, що машина не заведеться, якщо в баку немає бензину, дорівнює одиниці. Тим самим, ймовірність $P(B)$ того, що в баку немає бензину, дорівнює добутку ймовірності $P(A)$ того, що машина не заводиться, на ймовірність $P(B|A)$ того, що причиною події A стало саме відсутність бензину (подія B), а не, наприклад, розряджений акумулятор.

Як бачимо ця теорія може бути використана, але за умови наявності даних усіх перерахованих ймовірностей, для підрахунку яких знову ж таки треба володіти статистичною інформацією.

Зрозумілим стає те, що ця теорія має багато недоліків при спрощених розрахунках ризиків.

Для розрахунку ризиків варто вводити нові величини попереднього розрахунку.

Для розрахунку ризику настання небажаної події варто оперувати певними вихідними значеннями. Для екологічних систем пов'язаних з хімічними речовинами, викидами, скидами і т.д. можна в якості основної базової одиниці використовувати кратність перевищення ГДК i -тої хімічної речовини ($C_{\text{відн}}$).

$$C_{\text{відн}} = \frac{C_{\text{хім.реч}}}{ГДК_{\text{хім.реч}}}$$

Оскільки на ймовірність настання ризику впливає також і об'єм(площа, маса і т.д.) речовини з n -кратним перевищенням ГДК то його теж варто враховувати. Тобто може бути забруднена велика територія з незначним перевищенням ГДК у навпаки

незначна територія з багатократним перевищенням. В даному прикладі кратність перевищення не показує об'єктивно реальних ризиків для довкілля.

В англійських країнах (зокрема, США) для вимірювання ризиків часто використовують систему NOAEL (No observed adverse effect level), яка дозволяє розрахувати рівень концентрації шкідливої речовини при якому не спостерігається жодних ефектів. Цей рівень може бути використаний в процесі встановлення відносин доза - реакція, фундаментальним кроком в більшості методологій оцінки ризиків. Також використовують систему значень LOAEL, що показує найнижчий рівень впливу чи концентрації речовини при яких спостерігаються первинні реакції. Як правило вони значно нижчі за LD_{50} та за LD_{30} .

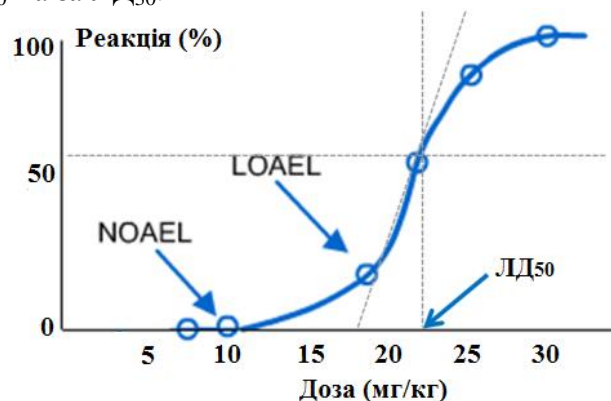


Рисунок 1 Схематичне зображення відмінностей у концентраціях

Як відомо значення LD_{50} використовуються при розрахунку ГДК, що містить певну невідповідність. LD_{50} встановлює межу гибелі 50 відсотків піддослідних організмів, а ГДК, що розраховується з неї показує безпечну для людини межу. Для виявлення безпечної для людини межі більш доцільно використовувати значення NOAEL [2,3].

На даний момент в Західноєвропейських країнах відмовляються від концепції ГДК з переходом до концепції ГДЕН (гранично допустимого екологічного навантаження), що враховує вплив на людину не окремих факторів, а їх сукупності, тобто враховує ефект сумачії.

Також використовують наступні одиниці вимірювання відношення доза-ефект. Оскільки наведені нижче одиниці не мають україномовного аналогу, тому вони наводяться мовою оригіналу (англ.) [3-9]:

1. T25. Потужність хронічної дози, яка дасть 25% пухлин тварин у конкретній тканині протягом усього життя. Визначення проводять на теплокровних тваринах. В основному використовується цей вид доз для визначення канцерогенності хімічних речовин чи фізичних факторів.
2. BMD10. Хронічна дозова оцінка, яка припускає, що 10% тварин будуть мати пухлини у конкретній тканині протягом життя.
3. Одиниці вимірювання T25 та BMD10 - мг/кг ваги /добу. Вони можуть бути використані для обчислення виведеного мінімального рівня експозиції, від якого рівень забруднення канцерогенів стає допустимим. Використовується для тварин виключно, хоча вказані концентрації будуть мати приблизно схожі ефекти і в людському організмі.
4. EC50 (median effective concentration). EC50 (середня ефективна концентрація) - це концентрація досліджуваної речовини, що призводить до 50-відсоткового скорочення росту водоростей (EbC50) або швидкості росту водоростей (ErC50). Їх часто отримують при дослідженнях водного окиснення. Одиниці вимірювання EC50 - мг/л. Значення EC50 часто використовуються для класифікації гострої екологічної небезпеки водних об'єктів та розрахунку прогнозованої концентрації.

5. NOEC (No observed effect concentration). Концентрація при якій відсутній спостережуваний ефект (NOEC) - це концентрація у складовій довкілля (вода, ґрунт тощо), нижче якої не буде спостерігатися неприйнятний ефект. Вона, як правило, отримується з хронічних досліджень токсичності води та досліджень наземної токсичності. Одиниці NOEC мг/л. Перевищення значень NOEC часто використовуються для класифікації небезпечних для навколишнього середовища факторів та для розрахунку прогнозованої концентрації без спостережень ефектів.
6. DT50 (degradation time). Період напіввиведення (DT50) визначається як час, протягом якого кількість сполуки зменшується наполовину через розкладання у компонентах навколишнього середовища (вода, ґрунт, повітря тощо). Він використовується для вимірювання стійкості речовини. Одиниці вимірювання – дні. DT50 часто використовується для моделювання впливу на навколишнє середовище, щоб прогнозувати концентрацію речовини у компонентах довкілля протягом тривалого періоду часу.

Жодна з наведених характеристик хімічних речовин в Україні нормативно не закріплена. Для визначення екотоксикологічних параметрів використовується лише ГДК, що розраховується з перерахунку ЛД₅₀.

Крім наведених параметрів є низка інших які регламентують характеристики речовин та їх вплив на шкіру, водні організми, ґрунтові організми і т.д.

Кількісна оцінка ризиків. Для чітких і зрозумілих значень ризиків мають існувати прості формули їх розрахунку. Знову ж таки таких формул є дуже багато і немає чіткої системи які з них більш ефективні в певних ситуаціях.

Наведемо декілька основних методів для різних об'єктів довкілля:

1. *Метод екотоксів* [10,11] який використовується в основному в пострадянських країнах. Він базується на порівнянні токсичності речовини (в основному агрохімікатів) з показниками токсичності пестициду ДДТ (вважається рівною одиниці). Розраховується за формулою:

$$E = \frac{P \times N}{ЛД_{50}},$$

де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні; N – середня норма витрати препарату, кг/га; ЛД₅₀ – середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм шурів, мг/кг.

Загалом дана формула досить вдало показує відносні токсикологічні параметри агрохімікатів, але не є універсальною і не може бути використана до деяких промислових відходів, до газів і т.д., а тому, потребує вдосконалення з внесенням певних поправочних коефіцієнтів для інших забруднюючих речовин і впливів. Недоліком використання методики екотоксів є неможливість виявлення критичної межі впливу хімпрепарату.

2. *Метод розподілу рівноваги/ Equilibrium Partitioning Method (EPM)* для передбачення значень концентрації, що не викликає негативних наслідків (PNEC).

За відсутності будь-яких екотоксикологічних даних для ґрунтових організмів, PNEC-ґрунт можна попередньо розраховувати з PNEC-води за допомогою методу рівноважного поділу (EPM). Цей метод може привести до переоцінки або недооцінки токсичності та слід розглядати лише як метод для ідентифікації речовин, що потребують додаткових випробувань на ґрунтових організмах. Тобто цей метод дає розрахункову передбачувану оцінку токсичності з певною точністю.

EPM, як правило, не рекомендується використовувати для речовин, які можуть створювати потенціал для ґрунтових організмів (наприклад, logKow / Кос > 5 та LC50 / EC50 до <1 мг / л для водних видів).

Формула нижче показує, як можна обчислити PNEC-ґрунт з PNEC-води, використовуючи метод розподілу рівноваги (EPM):

$$PNEC_{\text{грунт}} = \frac{K_{\text{грунт}} - \text{вода}}{\text{Щільність мокрого ґрунту}} PNEC_{\text{вода}} \cdot 1000;$$

Підставивши дані в дану формулу вона дещо спрощується до наступного вигляду:

$$PNEC_{\text{грунт}} = (0,1176 + 0,01764 \cdot K_{oc}) \cdot PNEC_{\text{вода}};$$

де K_{oc} - коефіцієнт розподілу органічного вуглецю, вимірний або оцінений з логарифму K_{ow}

Висновки та перспективи використання результатів дослідження.

Очевидним є те, що існує велика різноманітність методів оцінки екологічних ризиків між якими немає єдиного підґрунтя. Всі існуючі методи важко поєднуються між собою і не можуть використовуватися в єдиній системі оцінки екологічних ризиків. Дана проблема призупиняє розвиток вкрай корисного механізму оцінки довкілля та впливів на нього – оцінки екологічних ризиків людської діяльності. Розробка єдиного універсального методу оцінки екологічних ризиків для різних об'єктів довкілля може дозволити поглибити використання екоризиків, що в свою чергу дасть нові знання і дані про реальний вплив людини на довкілля. Перспективною є розробка саме такого уніфікованого математичного механізму.

Список літературних джерел

1. Б.В.Гнеденко. Курс теории вероятностей. (Изд. 6-е, перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988).
2. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2007. — 360 с.
3. Sornette D., Maillart T., Kroger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems / Risk Center, Zurich, 2013. <http://arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf>.
4. May R. and McLean A. Theoretical Ecology. Principles and Applications / Oxford University Press Inc., New York. 2007. 268 pp
5. Gillman, M. An introduction to mathematical models in ecology and evolution: time and space / A John Wiley & Sons, Ltd., 2nd ed. 2009. 167 pp
6. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. 320 с.
7. Авдин В. В. Математическое моделирование экосистем: Учебное пособие / Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2004. 80 с.
8. Hayes K. R. Uncertainty and Uncertainty Analysis Methods. Final report for the Australian Centre of Excellence for Risk Analysis (ACERA) / CSIRO Division of Mathematics, Informatics and Statistics, Hobart, Australia. 2011. 130 pp.
9. Plattner Th., Plapp T. and Hebel B. Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 471–483, 2006.
10. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. / Мельников Н.Н. – М.: Химия. 1987. - 712 с.
11. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. / Мельников Н.Н. – М.: Химия. 1987. - 712 с.