

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО НОРМУВАННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ

Надточій П. П., д.с.-г.н.

Постановка проблеми. Проголошення концепції стійкого розвитку на глобальному і національному рівнях означило пріоритети фундаментальних наукових досліджень в галузі екології і охорони навколишнього середовища. Однією з найважливіших визнана проблема встановлення меж стійкості екологічних систем різного ієрархічного рівня і просторового масштабу (від локальних до біосфери в цілому) до різних техногенно-антропогенних навантажень, оскільки без знання цих меж практична ефективна реалізація концепції стійкого розвитку стає неможливою [1, 2]. Дане завдання вирішується в рамках екологічного нормування – одного з основних напрямів прикладної екології, головна мета якого – розроблення екологічних нормативів антропогенних навантажень на локальному, регіональному і глобальному рівнях [3, 4]. Не зважаючи на визнану актуальність досліджень у сфері екологічного нормування, а також численні теоретичні і експериментальні роботи, виконані в цьому напрямку, багато питань ще залишаються невирішеними [5 – 7]. Вся існуюча на даний час система регламентації забруднення компонентів довкілля базується на санітарно-гігієнічних нормативах, хоча загально визнаною є їх неефективність для цілей захисту біотичних компонентів як природних, так і штучно створених екосистем. Не в останню чергу таке положення пов'язане з недостатнім розвитком методологічної бази екологічного нормування, відсутністю загально визнаних і належним чином офіційно узаконених методик екологічного (!) нормування, недостатністю фактичних даних щодо реакції природних екосистем на антропогенні навантаження (в першу чергу, по дозових залежностях) і, зрештою, з відсутністю власне екологічних нормативів [1, 6, 8].

Мета, об'єкти та методика досліджень. Метою досліджень було вдосконалення підходів щодо здійснення екологічного нормування важких металів по відношенню до ґрунтової екосистеми. В якості речовин – забруднювачів були вибрані Cu, Zn, Cd та Pb. Ґрунт забруднювали сумішшю металів – 1, 5, 10 і 15 ГДК кожного. Важкі метали вносили у 0 – 20 см шар ґрунту у вигляді оцтовокислих солей. Дослід був закладений у 5-кратній повторності. Для вивчення динаміки процесів зразки ґрунту для аналізів відбирались через різні проміжки часу від моменту забруднення: 1, 3, 6, 12, 24 і 36 місяців. Було проаналізовано вплив сумісного забруднення Cu, Zn і Pb на комплекс показників, які характеризують еколого-біологічні функції ґрунту: чисельність мікроорганізмів та їх біологічну активність, гумусовий стан, вміст елементів живлення, рН сольове, фітотоксичність; загалом було проаналізовано 20 показників. Визначення інтегрального показника еколого-біологічного стану дерново – підзолистого ґрунту проводили, використовуючи методику, наведену в роботі [9]. Класифікація біогеоценотичних функцій ґрунту, вплив на які оцінювався, дана по Добровольському і Нікітіну [10].

Результати досліджень та їх обговорення. Наразі в основі нормування лежить санітарно-гігієнічний підхід, метою якого є встановлення концентрації забруднюючої речовини чи іншого агента у компонентах навколишнього середовища. Особливість санітарно-гігієнічного нормування полягає у тому, що воно базується на антропоцентризмі і має за мету встановлення нормативів якості довкілля, прийнятних для людини. Критерієм оцінки при санітарно-гігієнічному нормуванні є встановлення єдиних, універсальних показників (гранично - допустимих концентрацій, ГДК), які є еталоном для порівняння з показниками фактичного вмісту елемента у тому чи іншому середовищі. При здійсненні екологічного нормування по відношенню до екосистеми ґрунту вимірювання величини антропогенного навантаження ми пропонуємо здійснювати або через порівняння фактичних параметрів з параметрами етальної ґрунтової екосистеми, або шляхом їх порівняння з відкоригованими існуючими нормативами, встановленими

шляхом санітарно-гігієнічного нормування. За еталон пропонується брати: 1) цілинний ґрунт або ґрунти на території об'єктів природно-заповідного фонду, на які мінімізований або повністю виключений антропогенний вплив; 2) переліг за умови, що він не використовувався в ріллі не менше ніж 20 – 25 років (при відсутності цілинного еталону); 3) розораний ґрунт із параметрами періоду проведення початкових спостережень за станом ґрунтів (матеріали крупномасштабного обстеження ґрунтів України 1957 – 1961 рр.). Однак, сучасний екологічний стан біосфери, надзвичайно високий рівень антропогенного навантаження на ґрунти, особливо в агроекосистемах, можуть значно утруднити або й взагалі унеможливити вбір еталонного ґрунту. В такому разі виходом із положення може стати уточнення чи корегування існуючих нормативів, які є як необґрунтовано жорсткими, так і необґрунтовано низькими. Для цього пропонується провести ряд модельних натурних експериментів із різними рівнями імпаکتного забруднення з метою оцінки впливу важких металів на комплекс ґрунтових властивостей і процесів, що визначають екологічні функції ґрунту та його стійкість до антропогенних навантажень. Той факт, що різні екологічні функції ґрунту порушуються за різної концентрації в ньому забруднювачів, може бути покладений в основу екологічного нормування забруднення таких ґрунтів важкими металами, оскільки встановлення окремих ГДК полютантів для кожної ґрунтової відміни – завдання нездійсненне. В якості критерію, що визначає гранично – допустиме антропогенне навантаження на ґрунтову екосистему, нами пропонується використовувати «інтегральний показник еколого-біологічного стану ґрунту» (ШЕБС) який дозволяє комплексно оцінити різноманітні параметри (показники якості) ґрунтової екосистеми та інтенсивність виконання нею основних екологічних функцій. Стан екосистеми ґрунту пропонується оцінювати за величиною відхилення її ШЕБС від ШЕБС еталонної екосистеми. Для цього необхідно визначити перелік найбільш інформативних показників, з якими й слід проводити порівняння. Значення кожного з нормативних показників (еталонний ґрунт, відкоригований норматив) приймають за 100 % і по відношенню до нього виражають у відсотках значення фактичних показників якості ґрунтової екосистеми. Потім одержані відносні значення множини показників, абсолютні значення яких не можуть бути сумовані, оскільки мають різні одиниці вимірювання, сумують, визначають середнє значення і виражають його у відсотках по відношенню до еталону (нормативу). Ступінь небезпечності елемента та величину його впливу на виконання біогеоценологічних функцій екосистемою ґрунту оцінювали за ступенем зниження величини ШЕБС ґрунту, який визначали на підставі аналізу 21 інформативного показника – індикатора. Серед цих показників, у свою чергу, шляхом ранжування по впливу на зниження ШЕБС ґрунту були вибрані 5 найбільш інформативних: активність уреаз; активність пероксидази; активність поліфенолоксидази; целюлозолітична активність ґрунту; чисельність мікроміцетів. Ці показники можливо також використовувати самостійно як біоіндикатори поліелементного імпаکتного забруднення дерново-підзолистого ґрунту, еквівалентного 1 – 15 ГДК валових форм Cu, Pb, Cd і Zn. Встановлено, що забруднення важкими металами, еквівалентне 1 – 5 ГДК, не спричиняє порушення виконання екологічних функцій дерново-підзолистим ґрунтом і не викликає негативних змін у функціонуванні ґрунтової екосистеми. Збільшення ж забруднення до 10 – 15 ГДК впливає на виконання екосистемою ґрунту інформаційних, хімічних, фізико-хімічних, біохімічних та цілісних функцій, що виражається зниженням інтегрального показника еколого-біологічного стану ґрунту на 15 – 35 %. Взнявши за аналог класифікацію ґрунтів за ступенем забруднення, наведену в чинному ГОСТ 17.4.3.06-86 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ», ми пропонуємо здійснювати класифікацію забруднення дерново-підзолистого ґрунту за ступенем зниження інтегрального показника еколого-біологічного стану ґрунту (табл. 1). Пропонована класифікація на основі екологічного нормування, на відміну від гостованої санітарно-гігієнічної, більш чітко й конкретно регламентує, який саме ґрунт вважати

слабо-, середньо- чи сильнозабрудненим. Зважаючи на те, що критерієм забруднення виступає величина зниження ПЕБС ґрунту, дана класифікація може бути застосована й для оцінки ґрунтової екосистеми в цілому.

Таблиця 1.

Класифікація ґрунтів за ступенем забруднення важкими металами при санітарно-гігієнічному та екологічному нормуванні

Згідно з ГОСТ 17.4.3.06-86 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ»			За ступенем зниження інтегрального показника еколого-біологічного стану ґрунту (ПЕБС)		
слабо забруднені	середньо забруднені	сильно забруднені	слабо забруднені	середньо забруднені	сильно забруднені
			ступінь зниження ПЕБС, %		
вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але вищий за природний фон	встановлено перевищення ГДК без видимих змін у властивостях ґрунтів	вміст забруднюючих речовин у декілька разів перевищує ГДК	< 15	15 – 35	> 35

Встановлено, що за впливом на екологічний стан ґрунту досліджувані елементи не співпадають з класами небезпечності, розробленими по відношенню до здоров'я людини (ГОСТ 17.4.1.02-83). По відношенню до ґрунту кадмій пропонується віднести до першого класу небезпечності, мідь та свинець – до другого, а цинк – до третього класу небезпечності. Спадаючий ряд досліджуваних хімічних елементів за ступенем негативного впливу на екосистему ґрунту має вигляд: якщо за одиницю вмісту елемента у ґрунті прийняти ГДК – $Cd > Pb > Cu > Zn$; якщо за одиницю вмісту елемента прийняти мг/кг – $Cd > Cu > Pb > Zn$. Результати проведених експериментальних досліджень та аналіз літературних матеріалів стосовно впливу важких металів на екологічні функції ґрунту дають підстави запропонувати схему екологічного нормування дерново-підзолистого ґрунту за ступенем порушення його екологічних функцій (табл. 2).

Таблиця 2.

Схема екологічного нормування забруднення дерново-підзолистого ґрунту за ступенем порушення його екологічних функцій

Ґрунт	Сильнозабруднений	Середньозабруднений	Слабозабруднений
Ступінь зниження ПЕБС, %	< 15	15 – 35	> 35
Екологічні функції, що порушуються (за [13])	-	Інформаційні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні; цілісні	Інформаційні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні; цілісні
Елемент-забруднювач	Вміст елемента в ґрунті, мг/кг		
Cu	< 35	35 – 70	> 70
Pb	< 61	61 – 134	> 134
Cd	< 5	5 – 12	> 12
Zn	< 94	94 – 208	> 208
Концентрація елементів забруднювачів (у ГДК валового вмісту)	1 ГДК – 5 ГДК	> 5 ГДК – 15 ГДК	> 15 ГДК

Запропонований підхід і одержані кількісні значення вмісту важких металів у ґрунті, що викликають порушення різних категорій екологічних функцій, доцільно використовувати при екологічному нормуванні, де головною метою є збереження стабільності і стійкості екосистеми ґрунту. Зауважимо, що все наведене вище, насамперед, справедливе по відношенню до дерново-підзолистого ґрунту.

Розроблена схема екологічного нормування вмісту важких металів на основі порушення екологічних функцій ґрунту може бути використана науковими, виробничими і природоохоронними організаціями при оцінці впливу на навколишнє середовище (розробленні розділів з ОБНС у проектах будівництва та реконструкції об'єктів господарювання); при біоіндикації та біодіагностиці деградаційних змін у ґрунтових екосистемах; при біомоніторингу стану природних і антропогенних порушених ґрунтових екосистем; при розробленні регіональних ГДК забруднювачів; при розробленні методів відновлення і реабілітації порушених екосистем; при визначенні гранично допустимого антропогенного навантаження на територію; при прогнозуванні екологічних наслідків господарської діяльності на окремій території тощо.

Висновки: 1. Наразі відсутній єдиний системний підхід до питання екологічного нормування вмісту важких металів в ґрунті, а сам характер нормування є санітарно-гігієнічним. 2. Проведення екологічного нормування по відношенню до ґрунту необхідно здійснювати на основі порушення виконуваних ним екологічних функцій, яке, у свою чергу, слід оцінювати за комплексом індикаторних показників, які характеризують ці функції. Оскільки ґрунт з одного боку розглядається як структурний компонент біосфери, а з іншого – як самостійна екосистема, функції, які він виконує, поділяють на дві групи: біосферні (глобальні) та біогеоценотичні (екосистемні). 3. За ступенем стійкості до забруднення важкими металами екологічні функції ґрунтового покриву розміщуються у такий спадаючий ряд: фізичні > хімічні, фізико-хімічні біохімічні і цілісні > інформаційні. 4. В якості критерію, що визначає гранично – допустиме антропогенне навантаження на ґрунтову екосистему, пропонується використовувати «інтегральний показник еколого-біологічного стану ґрунту» (ШЕБС) який дозволяє комплексно оцінити різноманітні параметри (показники якості) екосистеми ґрунту та інтенсивність виконання нею основних екологічних функцій. 5. Ступінь небезпечності елемента – забруднювача та величину його впливу на виконання біогеоценотичних функцій екосистемою дерново-підзолистого ґрунту доцільно оцінювати за ступенем зниження величини ШЕБС, який визначають на підставі аналізу найбільш інформативних показників – індикаторів.

Використані джерела інформації

1. Воробейчик Е. Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е. Л. Воробейчик, О. Ф. Садыков, М. Г. Фарафонов. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 280 с.
2. Vorobeichik E. L. Nonlinearity of an ecosystem response to toxic load: a fundamental for environmental quality estimation / E. L. Vorobeichik // Environmental Indices: system analysis approach. International Conference on Indices of Environment Quality. July 7–11, 1997, St.Petersburg, Russia / Yu. A. Pykh, D. E. Hyatt, J.-M. R. Lenz – Oxford: EOLSS Publishers Co.Ltd., 1999. - P. 442–454.
3. Жигальский О. А. Проблемы экологического нормирования техногенных нагрузок / О. А. Жигальский, Е. Л. Воробейчик // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Кирово–Чепецк, 1996. С. 34–35.
4. Vorobeichik E. L. Estimation of the toxic load critical levels for the forest ecosystems / E.L. Vorobeichik I. N. Mikhailova E. V. Khantemirova O. P. // Sustainable development: environmental pollution and ecological safety. V.1. Dnipropetrovsk, 1995. – P.54–55.
5. Глазовская М. А. Принципы классификации почв по опасности их загрязнения тяжелыми металлами / М. А. Глазовская // Биологические науки. – 1990. - № 9 – С. 38-52.
6. Ильин В. Б. О нормировании тяжелых металлов в почве / В. Б. Ильин // Почвоведение. – 1986. - № 9. – С. 90-98.
7. Мислива Т. М. Проблеми нормування важких металів в ґрунті / Т. М. Мислива // Вісн. ХНАУ. – 2008. - № 4. – С. 155-161.
8. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель : методично-нормативне забезпечення / за заг. ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріка. – К. :

Фітосоціоцентр, 2002. – С. 35 – 37.

9. Вальков В. Ф. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Научная мысль Кавказа. – 1999. – №1. – С. 32-37.

10. Надточій П. П. Екологія ґрунту: монографія / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, Ф. В. Вольвач. – Житомир: Вид-во «ПП Рута», 2010. – 473 с.