

УДК 504.054:574.4

**Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, Статник І. І., к.с.-г.н., доцент, Борщевська І. М., к.с.-г.н., асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ОЦІНЮВАННЯ ТОКСИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АГРОЕКОСИСТЕМ У ЗОНІ ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Наведені результати оцінювання токсичного забруднення агроєкосистем в зоні впливу підприємства цементного виробництва. Запропоновано схему структури токсикологічних досліджень.**

**Ключові слова:** агроєкосистеми, токсичне забруднення, викиди в атмосферу, важкі метали, коефіцієнт аномальності, біоіндикатори.

**Приведены результаты оценивания токсического загрязнения агроэко-систем в зоне влияния предприятия цементного производства. Предложена схема структуры токсикологических исследований.**

**Ключевые слова:** агроэкоэcosystemы, токсическое загрязнение, выбросы в атмосферу, тяжелые металлы, коэффициент аномальности, биоиндикаторы.

**Results of estimation of toxic pollution of agroecosystems in a zone of influence of the enterprise of cement manufacture are resulted. The scheme of structure of toxicological researches is offered.**

**Keywords:** Agricultural, toxic pollution, air emissions, heavy metals, the coefficient of the anomaly, bioindicators.

**Вступ.** На сучасному етапі науково-технічний і соціальний прогрес відзначаються негативним впливом на довкілля. Стійкості агроєкосистем, існуванню людини у місцях її проживання найбільше загрожує забруднення атмосферного повітря, яке є необхідною умовою існування життя на Землі. За даними спостережень, щорічно в атмосферне повітря надходять значні обсяги шкідливих забруднювальних речовин. Загальний обсяг викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря Рівненської області від стаціонарних джерел (233-ох підприємств) у 2009 році становив 10,0 тис. т, в т.ч. пилу – 2,8 тис. т; діоксиду сірки – 1,0 тис. т; діоксиду азоту – 2,1 тис. т; оксиду вуглецю – 2,1 тис. т [1].

Слід зазначити, що надходження в атмосферу забруднювальних речовин, зокрема дуже токсичних, та перевищення їхньої концентрації понад ГДК, створює безпосередню загрозу для життя людини. На думку науковців та експертів ВООЗ, у середньому 20% від усіх захворювань людей зумовлено дією чинників навколишнього середовища [2]. Серед стаціонарних джерел значні обсяги продуктів згоряння палива і пилу викидають підприємства з виробництва будівельних матеріалів і особливо цементу [3]. Пил осідає у дихальних шляхах людини, легенях і стає причиною виникнення таких захворювань, як силікоз, пневмоконіоз, злоякісні пухлини та ін. Спостерігають також опосередкований вплив пилу (внаслідок міграції важких металів ланцюгами живлення в аномальних зонах) на здоров'я людини. Відбувається забруднення поверхневих вод, вод шахтних колодязів і особливо ґрунтів аномальних зон. Акумуляція у ґрунті забруднювальних речовин і важких металів призводить до зміни їхнього хімічного складу, властивостей та ґрунтових режимів і процесів [4].

**Аналіз останніх досліджень.** ВАТ «Волинь-Цемент» в атмосферу області щорічно викидає від 2,2 до 2,4 тис. т пилу (1,1-1,2 кг на 1 га площі), 1,3 тис. т сполук азоту, 3,5 тис. т діоксиду сірки, 0,7 тис. т оксиду вуглецю. За дослідженнями ряду авторів, у процесі виробництва 1 кг цементу в атмосферу надходить від 10 до 20 см<sup>3</sup> газів, які містять продукти згоряння природного газу, вугілля та технологічний пил [3]. Найбільш важкі за масою фракції технологічного пилу випадають у санітарно-захисній зоні (СЗЗ), а частки високої дисперсності з турбулентними масами повітря розносяться за межі цієї зони. У дослідженнях Д.Ж. Бериня, Л.К. Калвіня, Л.В. Кареліна [5] визначено, що хімічний склад пилових випадін цементних заводів суттєво змінюється залежно від відстані до центру емісії. За даними цих авторів, концентрація таких хімічних елементів, як кальцій, стронцій, натрій, зменшується зі збільшенням відстані від центру емісії, хімічні елементи (свинець, цинк, марганець, хром), навпаки, в міру віддалення від центру емісії випадають у більших кількостях. Третю групу складають елементи, концентрація яких суттєво не відрізняється в опадах і фоновому наземному пилу з віддаленням від центру емісії. Установлено, що на відстані 1,5 км і більше половина сполук магнію, стронцію, марганцю, кадмію, нікелю, кобальту, міді, що надходять із цементним пилом, знаходиться у розчиненій формі, а відтак, може мігрувати ланцюгами живлення та накопичуватися у ґрунті [5].

Незаперечним є той факт, що викиди шкідливих речовин цементних заводів розповсюджуються від джерел емісії на значні відстані (що дорівнює 10-40-кратній висоті труби і більше) за високих щільностей та концентрацій забруднювальних речовин. Обсяги викидів унаслідок порушення технологій виготовлення цементу, заміни пального (газу на вугілля), експлуатації застарілого газопилоочисного обладнання можуть збільшуватися й ускладнювати екологічну ситуацію не лише в зоні СЗЗ, але і поза її межами. В результаті цього на території розповсюдження випадін пилу, шкідливих речовин від

заводів виробництва цементу на локальному рівні формуються аномальні геохімічні зони. У цих зонах особливу небезпеку становлять важкі метали, які з випадінь потрапляють у малий кругообіг і мігрують ланцюгами живлення, а відтак, суттєво впливають на якість поверхневих вод, питної води, рослинницької і тваринницької продукції, організм людини.

Із врахуванням реакції рослин на дію важких металів дослідники рекомендують для оцінювання стану ґрунтового покриву щодо забруднення використовувати не лише дані щодо вмісту в ґрунтах валових, рухомих форм елементів-забруднювачів, але і дані щодо їхнього вмісту у сільськогосподарській продукції та реакції на них рослин-біоіндикаторів.

Отже, необхідно констатувати, що важкі метали, які внаслідок емісії промислових підприємств надходять у ґрунти, можуть накопичуватися у значних кількостях в його верхніх шарах, змінювати їхні фізичні, фізико-хімічні властивості, чинити токсичний вплив на мікрофлору, активно мігрувати трофічними ланцюгами живлення і негативно впливати на рослини та людину.

**Методика досліджень.** Для оцінки інтенсивності мутагенного впливу за наявності техногенного забруднення природних екосистем у процесі цементного виробництва в зоні впливу ВАТ «Волинь-Цемент» було застосовано методіку експрес-оцінки стану навколишнього середовища за тест-системою «Стерильність пилку рослин-біоіндикаторів». Токсичну дію важких металів можна також оцінити за допомогою методів біоіндикації. Як дають підстави стверджувати дослідження А.І. Горової та ін., шляхом застосування методу біоіндикації (дослідження пилку рослин-індикаторів) в зоні впливу підприємств можна визначити: рівень ушкодження рослин біоіндикаторів; стан рослин біоіндикаторів; категорію екологічної безпеки території [8]. Таким методом нечасто оперують у токсикологічних дослідженнях аномальних геохімічних зон та зон впливів промислових підприємств (СЗЗ).

Оцінювали екологічний стан атмосферного повітря та території загалом. Маршрутні дослідження проводили у восьми напрямках за розою вітрів у півдвітряний бік. Ключові ділянки площею 10 м<sup>2</sup>, на яких проводили відбір зразків пилку рослин, збігаються з ключовими ділянками відбору ґрунтових зразків за 4-ма напрямками (північний, південний, західний, східний), а решта закладені за додатковими напрямками (північно-західний, північно-східний, південно-західний, південно-східний). Для біоіндикаційних досліджень в умовах України можуть бути використані практично усі види вищих рослин. В якості біоіндикаторів були вибрані рослини чотирьох груп стійкості: високостійкі, стійкі, середні, чутливі. Відбір пилку кожного досліджуваного виду проводили одночасно на усіх ключових ділянках. Загалом було проаналізовано 534 зразки. Оцінювання екологічного стану території загалом проводили за умовним показником ушкодженості рослин-індикаторів. Під час оцінювання викидів підприємства за допомогою методу біоіндикації рівень ушкодженості біосистем може бути схарактеризований як низький, нижче серед-

нього, середній, вище середнього та високий. Стан біоіндикаторів може бути сприятливий, насторожуючий, конфліктний, загрозливий, критичний та небезпечний. Категорію екологічної безпеки території оцінюють як безпечну, помірно небезпечну, небезпечну та надзвичайно небезпечну [8].

Вміст важких металів в ґрунті визначали за допомогою методу атомно-абсорбційної спектрометрії. Загалом було проаналізовано 29 ґрунтових ділянок. Рівень забруднення важкими металами за коефіцієнтом аномальності характеризують як дуже високий, високий, підвищений, помірний та слабкий.

**Постановка завдання.** У праці Є. Гончарука і Г. Сидоренка (1986) підґрунтям гігієнічного нормування екзогенних хімічних речовин у ґрунті обрано визначення показників величини міграції, біоаккумуляції, виявлення найчутливіших біоіндикаторів тощо, що є неодмінною складовою екотоксикологічних досліджень [6]. З огляду на зазначене актуалізується потреба встановлення класу санітарно-гігієнічної небезпечності важких металів та їхньої екотоксикологічної небезпечності. На думку вчених, гігієнічний і екологічний підходи певною мірою взаємопов'язані, оскільки враховують вплив хімічних речовин на екосистему і те, що складовою біоти є людина.

Для оцінювання токсичного забруднення агроекосистем в зоні впливу ВАТ «Волинь-Цемент» було використано схему оцінювання токсичності мінеральних добрив, запропоновану В.П. Патиною, Н.А. Макаренко, Л.І. Моклячук [7]. Схему було розширено шляхом оцінювання екотоксикологічного стану агроекосистеми за показниками біоіндикації та коефіцієнта аномальності –  $K_a$  (рисунок).

Екотоксикологічне оцінювання небезпечності хімічних речовин передбачає вивчення їхньої поведінки у ґрунтовій, водній і наземній екосистемах, для яких розроблено свої методичні підходи та систему показників.

**Результати досліджень.** Аналіз результатів досліджень дав змогу зробити висновок, що екологічний вплив підприємства ВАТ «Волинь-Цемент» виявлено на відстані до 5 км. Найбільш небезпечною є ситуація у промисловій зоні підприємства (до 250 м від джерела забруднення). Категорія екологічної безпеки на цій території за УПУ небезпечна із вищим та середнім рівнями ушкодженості біосистем та критичним їхнім станом. У санітарно-захисній зоні (до 1 км) категорія екологічної безпеки характеризується як помірно небезпечна із середнім рівнем ушкодженості та конфліктним і загрозливим станом біосистем.



Рисунок. Структура токсикологічних досліджень

Категорія екологічної безпеки зони впливу підприємства ВАТ «Волинь-Цемент» за тестом «Стерильність пилку рослин-біоіндикаторів» за умовними показниками ушкодження загалом є помірно небезпечною із середнім рівнем ушкодження біоіндикаторів та конфліктним і загрозовим їхнім станом.

Мірою інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами у наших дослідженнях слугує коефіцієнт аномальності ( $K_a$ ), що дорівнює відношенню середнього значення концентрації металу у забрудненому ґрунті ( $C$ ) до природної норми геохімічного фону ( $C_n$ ) [9]:

$$K_a = C/C_n,$$

де  $C$  – середнє значення концентрації металу у забрудненому ґрунті, мг/кг;

$C_n$  – природна норма, геохімічний фон мг/кг.

Територіальний розподіл важких металів у зоні впливу ВАТ «Волинь-Цемент» у різних напрямках від джерела забруднення підтверджує, що внаслідок тривалого функціонування підприємства з виробництва цементу на території Здолбунівського району формується техногенна аномалія, зумовлена перевищенням концентрацій важких металів у ґрунтах фонових значень у 2,2-10,7 рази. Рівень забруднення ґрунтів важкими металами характеризується від помірного до дуже високого. Крім того, має місце сукупний ефект забруднення різними чинниками.

**Висновки.** Зростання темпів промисловості та інтенсивні способи виробництва призвели до серйозного втручання у навколишнє середовище. Агроекосистема безпосередньо чи опосередковано зазнає значного антропогенного впливу.

У результаті забруднення агроєкосистем зони впливу ВАТ «Волинь-Цемент» важкими металами спостережено негативні зміни у функціонуванні ґрунтової системи, сучасний стан якої не може не викликати обґрунтованої тривоги. Високий вміст досліджуваних токсикантів у ґрунтах потребує систематичного дієвого контролю наявності важких металів у системі «ґрунт – рослина – тварина – людина», щоб не допустити погіршення якості рослинницької продукції, отруєння сільськогосподарських тварин та виникнення захворюваності у людей.

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2009 році / за ред. П. Д. Колодича, О. М. Горковлюка. – Рівне, 2010. – 223 с. 2. Карелин А. О. Проблемы методологии оценки окружающей среды и пути их решения / А. О. Карелин // Гигиена и санитария. – 2006. – № 4. – С. 25-27. 3. Петров Б. А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б. А. Петров, П. В. Сидяков. – М. : Стройиздат, 1965. – 89 с. 4. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с. 5. Бериня Дз. Ж. Выпадения выбросов предприятия строительных материалов и изменение химического состава почвы // Дз. Ж. Бериня, Л. К. Калвина, Л. В. Карелина // Загрязнение окружающей среды кальцийсодержащей пылью: сб. ст. АН Латвийской ССР. – Рига : Зинатне, 1986. – С. 15-31. 6. Гончарук Е. И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: руководство / Е. И. Гончарук, Г. И. Сидоренко – М. : Медицина, 1986. – 320 с. 7. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія / В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклячук та ін. ; за ред. В. П. Патики. – К. : Основа, 2005. – 300 с. 8. Методичні рекомендації «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» / упоряд. : А. І. Горова та ін.; Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2007. – 25 с. 9. Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В. В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639-645.

Рецензент: к.с.-г.н., доцент Прищепя А.М. (НУВГП)