УДК 631.445.2: 631.416

Борщевська І. М., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У АГРОФІТОЦЕНОЗАХ ЗОНИ ВПЛИВУ ПАТ «ВОЛИНЬ-ЦЕМЕНТ»

Досліджено рівень вмісту важких металів у рослинницькій продукції на техногенно забрудненій території зони впливу підприємства цементного виробництва. Встановлено, що пріоритетними забруднювачами агрофітоценозів є свинець, кадмій, цинк та мідь.
***Ключові слова*: акумуляція, агрофітоценози, важкі метали, коефіцієнт накопичення.**

Вступ. На сучасному етапі розвитку цивілізації індустріальне виробництво чинить значний вплив на природу в глобальних масштабах. Забруднення природного середовища промисловими викидами негативно впливає на здоров'я людини та стан навколишнього середовища в цілому. При цьому значні викиди як твердих, так і газоподібних забруднюючих речовин надходять від підприємств по виробництву цементу. Цементний пил впливає на всі компоненти природного середовища.

Одне з провідних місць серед антропогенних забруднювачів агрофітоценозів належить важким металам (ВМ). Шляхом осідання цементного пилу на поверхню ґрунту, ВМ у значних концентраціях потрапляють у рослини, негативно впливаючи загалом на агрофітоценози.

Дослідження проблеми забруднення ВМ компонентів довкілля має важливе значення як для розуміння процесів, що відбуваються в природних і штучних екосистемах, так і для вирішення практичних завдань, пов'язаних з охороною довкілля.

Аналіз останніх досліджень. У численних дослідженнях доведено, що ВМ зменшують величину врожаїв сільськогосподарських культур та можуть суттєво погіршити якість рослинницької продукції [1-2]. Дослідники спостерігають збіднення флори навколо промислових підприємств під дією ВМ, було виявлено випадки негативного впливу ВМ на вегетативні органи рослин [3-4]. У роботах встановлено негативний вплив пилу на ріст і розвиток соняшника, томатів та цукрових буряків [5]. Виявлено, що найбільш чутливими до цементного пилу культурами є: редиска, салат, люпин [6].

Враховуючи, що цементний пил виступає джерелом ВМ, доцільно

проаналізувати їхню фітотоксичну дію. Так, за дослідженнями ряду авторів було розроблено ряд фітотоксичності металів – Cd < Ni < Cu < Zn < Cr < Pb та ряд токсичності ВМ за ступенем гальмування росту коріння і поглинання рослинами: Cu < Cr < Ni < Zn < Pb < Cd < Fe [7].

З'ясовано критичні концентрації ВМ у рослинах, що знижують їхню продуктивність до 10% (мг/кг сухої речовини): Cd – 15; Cr – 10; Ni – 26; Pb – 35; Zn – 290; Mo – 135.

Аналіз літературних джерел дав підстави стверджувати, що ВМ порізному впливають на ріст, розвиток та продуктивність рослин. Так, кадмій порушує діяльність таких ферментів, як карбоангідрази, дегідрогенази, фосфатази, пов'язаних із диханням, та протеіназу і пептидазу, які беруть участь у білковому обміні. Кадмій може нагромаджуватися у генеративних органах та коренях. За вмісту кадмію 100 мг/кг урожай зернових і овочевих культур знижувався на 30%. Токсичні концентрації Cd у ґрунті перевищують 20 мг/кг ґрунту [8].

Цинк належить до елементів із слабкою фітотоксичністю. Лише за його вмісту у тканинах у кількостях понад 300 мг/кг сухої речовини простежують ознаки токсичності (хлороз листків). Вміст цинку, що знижує врожай на 5-10% та є токсичним, становить для вівса 435-725 мг/кг, конюшини – 210-290, буряків – 240-275 мг/кг ґрунту.

Мідь виявляє токсичність лише за високих концентрацій. Середній вміст міді у рослинах коливається у межах 3,0-7,0 мг/кг. Токсичною вважають концентрацію більше 60 мг/кг. Найбільш характерним симптомом отруєнням міді виступає хлороз та ушкодження кореневих систем. Установлено, що взаємодія кальцію та міді супроводжується посиленням токсичного ефекту на рослини, що простежують в разі забруднення ґрунтів цементним пилом [8].

Свинець за умови високих концентрацій у ґрунті пригнічує ріст рослин та спричиняє хлороз листків. Високі коефіцієнти переходу свинцю з ґрунту у рослини спостерігають на дерново-підзолистих ґрунтах [8]. Під впливом високого вмісту свинцю в ґрунті (35 мг/кг) простежують порушення азотного обміну та транспірації у рослин.

Від стану агроекосистем залежить кількість і якість продуктів харчування. Можливість їхнього забруднення пов'язана із техногенним впливом.

Викиди цементних підприємств осідають на поверхню рослин, поглинаються рослинними організмами або цементуються, утворюючи важкорозчинну кірку, унаслідок чого відбувається порушення транспірації і газообміну, що негативно впливає на урожай сільськогосподарських культур. Разом із цементним пилом до рослинного організму надходять ВМ.

Потрапляючи з ґрунту в рослинний організм, ВМ порушують у них обмін речовин, що зумовлює зниження продуктивності агрофітоценозів і якості рослинницької продукції. Для рослин особливо шкідливими є Ni, Zn, Cd, Pb, Cu [8, 10].

Отруєння рослин ВМ може відбуватися не тільки за рахунок їхнього надходження в організм через корені із забруднених ґрунтів. Випадіння металів із атмосфери на поверхню листя також може супроводжуватись негативною реакцією організму – пригніченням фотосинтезу, посиленням дихання, гальмуванням відтоку метаболітів і т.ін.

Сільськогосподарські культури по-різному накопичують токсиканти. Досить інтенсивно переходять із ґрунту в рослини Zn, тоді як Pb нагромаджується рослинами менш активно, але наявність його навіть у незначних концентраціях впливає на якість сільськогосподарської продукції. Cd і Cu займають проміжне місце за рівнем нагромадження ВМ у сільськогосподарській продукції і тому ці елементи за цим показником можна розмістити у такій послідовності: Zn > Cd > Cu > Pb.

За ступенем зменшення стійкості до токсичної дії ВМ рослини можна розмістити у такому порядку: трави, злакові зернові, картопля, цукрові буряки.

З огляду на вищевикладене та із врахуванням стану вивчення проблеми розповсюдження, міграції ВМ в агроекосистемах, їхньої здатності погіршувати санітарно-гігієнічний та екотоксикологічний стан територій поза межами СЗЗ, виникає потреба проведення комплексних досліджень впливу викидів підприємств виробництва цементу на стан біоти аномальних геохімічних зон.

Методика досліджень. Дослідження проводили у зоні впливу ПАТ «Волинь-Цемент» за розою вітрів у радіусі 7 км протягом 2006-2010 років. Розміри зони впливу ПАТ «Волинь-Цемент» обґрунтовані шляхом виконання розрахунків розсіювання викидів шкідливих речовин підприємства згідно з нормативом ОНД-86 «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємства» [11] та з урахуванням можливих впливів інших джерел забруднення на стан агроекосистеми, які знаходяться поза зоною впливу.

Маршрути пролягали за розою вітрів у північному, південному, західному та східному напрямках. Напрямки переважаючих вітрів – східний та північно-західний. Зразки ґрунту відбирали на відстані 250, 500, 750, 1000, 1500, 3000, 5000 та 7000 метрів від джерела забруднення. За нульове джерело було прийнято трубу висотою 80 м та діаметром 3,6 м (обертові печі № 3, № 7). В зону дослідження потрапили такі населені пункти: Здолбунів, Квасилів, Здовбиця, Кошатів, Ільпінь,

Орестів, Корнин, Загороща, Порозів.

Під час дослідження накопичення ВМ у рослинницькій продукції відбирали зразки з тих же ключових ділянок, що і ґрунти. Досліджували овочі листові та городні: петрушка городня (Petroselinum sativum Hoffm.), огірки посівні (Cucumis sativus L.), кабачки (Cucurbita pepo L.). Із точкових проб наземних частин рослинницької продукції, взятих у декількох місцях ключової ділянки, готували об'єднану пробу вагою 0,5–1 кг. Далі визначення проводили із попереднім озоленням у муфельній печі. Всього було проаналізовано 69 зразків рослинницької продукції.

Відповідно до програми і завдання польові, ландшафтно-геохімічні, лабораторно-аналітичні дослідження проводили за такими методиками: вміст ВМ у ґрунті та рослинницькій продукції визначали у сертифікованій лабораторії Рівненського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції (свідоцтво про атестацію № А08-138 від 25.06.2008 р.) за «Методическими указаниями по определению ТМ в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства». – М. : ЦИНАО, 1992. – 278 с.; за ГОСТ 17.4.3.03-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ; відбір зразків ґрунту – за ДСТУ Б.В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) «Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків». Атомно-абсорбционный метод с использованием электротермической атомизации. МВВ 081/12-15-98. – Северодонецк, 1998. – 50 с.

Для оцінки можливості переходу рухомих форм ВМ із ґрунту в рослини використовувався коефіцієнт накопичення *($К_н$),* величину якого розраховували за формулою

$$К_н = \frac{C_{ір}}{C_{ігр}},$$

де $C_{ір}$ – концентрація і-тої забруднюючої речовини у рослині, мг/кг;

$C_{ігр}$ – концентрація і-тої забруднюючої речовини у ґрунті.

Математичну обробку результатів досліджень здійснювали шляхом застосування стандартних пакетів програм, зокрема Microsoft Excel.

Постановка завдання. Метою наших досліджень була оцінка рівнів вмісту ВМ у агрофітоценозах зони впливу ПАТ «Волинь-Цемент». Для досягнення даної мети передбачалося вирішити такі завдання:

- оцінити рівень забруднення агрофітоценозів довкола підприємства цементного виробництва;
- встановити рівень забруднення ВМ рослинницької продукції та розрахувати коефіцієнт накопичення ВМ для даних культур;

- визначити особливості міграції й акумуляції ВМ у агрофітоценозах.

Результати досліджень. Було встановлено рівні забруднення ВМ у рослинницькій продукції зони впливу ПАТ «Волинь-Цемент» та досліджено накопичення ВМ в овочевій продукції. Відбір зразків здійснювали на тих же ділянках, що і ґрунти. Досліджували овочі листові та городні: петрушка городня (Petroselinum sativum Hoffm.), огірки посівні (Cucumis sativus L.), кабачки (Cucurbita pepo L.) (табл. 1).

Найбільш забрудненими виявились листові овочі – петрушка городня (Petroselinum sativum Hoffm.). У східному (підвітряному за розою вітрів) напрямку у СЗЗ перевищення Cd коливалось від 25,6 ГДК до 35,6 ГДК (ГДК=0,03 мг/кг) [12]; Pb на відстані до 3 км – від 11,6 ГДК до 17,6 ГДК (ГДК=0,5 мг/кг); Zn на віддалі до 7 км від 4,8 ГДК до 11,6 ГДК (ГДК= 10 мг/кг); Cu на віддалі до 7 км від джерела забруднення – від 2 ГДК до 3,4 ГДК (ГДК=5,0 мг/кг).

Таблиця 1

Вміст ВМ в листових овочах (петрушка городня) на різній віддалі від джерела забруднення, мг/кг

Віддаль від джерела забрудн., м	Концентрація елементу, мг/кг (M ± m)			
	Pb	**Cd**	**Zn**	**Cu**
Східний напрямок				
500	**6,02** ± 0,15	**1,07** ± 0,03	**62,02** ± 1,5	**5,06** ± 0,12
750	**7,37** ± 0,21	**0,77** ± 0,02	**50,62** ± 1,4	**5,34** ± 0,14
1000	**8,81** ± 0,26	**0,96** ± 0,02	**48,51** ± 1,3	**5,51** ± 0,13
1500	**6,70** ± 0,19	0,00 ± 0,00	**116,00** ± 2,5	**11,40** ± 0,31
3000	**5,80** ± 0,12	0,00 ± 0,00	**47,80** ± 1,0	**17,20** ± 0,45
5000	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	**71,80** ± 2,1	**10,60** ± 0,24
7000	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	**58,70** ± 1,7	**17,20** ± 0,46
ГДК	**0,5**	**0,03**	**10,0**	**5,0**

Накопичення важких металів у листових овочах відбувається внаслідок кореневого та позакореневого їхнього живлення, тобто в результаті осідання цементного пилу на листках.

В інших городніх овочах забруднення у східному напрямку спостерігалось лише по цинку: в кабачках – на відстані 1 км (1,6 ГДК) та 3 км (1,4 ГДК); в огірках – на віддалі 1,5–7 км від джерела забруднення (1,1 ГДК– 1,4 ГДК).

Коефіцієнт накопичення ВМ в овочевій продукції подано в табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнт накопичення ВМ в овочевій продукції (східний напрямок)

Віддаль від джерела забрудн., м	Коефіцієнт накопичення			
	Pb	**Cd**	**Zn**	**Cu**
Петрушка городня				
500	0,2875	4,6521	1,0204	0,4774
750	0,2787	3,6670	0,8091	0,3973
1000	0,2769	0,9143	0,6345	0,1447
1500	1,2641	0,0000	2,2125	1,9064
3000	0,7005	0,0000	0,7833	1,8086
5000	0,6621	0,0000	1,4454	1,5186
7000	0,0000	0,0000	1,5537	2,4784
Огірки посівні				
500	0,0011	0,0043	0,0334	0,0770
750	-	-	-	-
1000	0,0025	0,0038	0,1019	0,0549
1500	0,0035	-	0,2606	0,3140
3000	0,0109	0,0102	0,2284	0,1685
5000	0,0048	0,0050	0,2184	0,3245
7000	0,0154	0,0000	0,2994	0,2131
кабачки				
500	0,0046	0,0739	0,1171	0,4484
1000	0,0033	0,0181	0,2104	0,1131
1500	0,0043	-	0,1461	0,2605
3000	0,0099	0,0265	0,2500	0,2347
5000	0,0055	0,0100	0,1173	0,2506
7000	0,0049	0,0308	0,1593	0,1278

Коефіцієнт накопичення свинцю в овочевій продукції коливається від 0,0011 до 1,2641; кадмію – від 0,0043 до 4,6521; цинку – від 0,0334 до 2,2125; міді – від 0,0770 до 2,4784. За величиною коефіцієнта накопичення ВМ можна судити про доступність того чи іншого елемента для рослин. Зокрема найбільшою мірою здатна накопичувати ВМ петрушка городня, менше ВМ накопичують кабачки та огірки.

Висновки. Таким чином, у рослинницькій продукції, вирощеній у зоні впливу ПАТ «Волинь-Цемент» спостерігається підвищений вміст ВМ. Встановлено, що критичною по відношенню до накопичення ВМ є петрушка городня, меншою мірою їх накопичують огірки посівні та

кабачки. Пріоритетними забруднювачами агрофітоценозів є свинець, кадмій, цинк та мідь.

1. Гутнева Н. М. Влияние тяжелых металлов на урожай и качество ячменя (вегетационно-полевой опыт) / Н. М. Гутнева // Бюллетень Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. – 1985. – Вып. 37. – С. 12–15. **2.** Рудакова Э. В. Механизмы поглощения элементов растениями. Первичные этапы / Э. В. Рудакова, К. Д. Каракис, Т. Н. Сидоршина // Микроелементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях. – К. : Наук. думка, 1987. – С. 3–71. **3.** Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения / Г. М. Илькун. – Киев : Наукова думка, 1976. – 245 с. **4.** Химия окружающей среды / [под ред. Дж. О. М. Бокриса]. – М. : Химия, 1962. – 671 с. **5.** Берзиня А. Я. Влияние выбросов пыли цементного завода на химический состав растений / А. Я. Березиня // Загрязнение окружающей среды кальцийсодержащей пылью : сборник ст. АН Латвийской ССР. – Рига : Зинатне, 1986. – С. 39–48. **6.** Берзиня А. Я. Изменение химического состава растений салата под действием марганца и железа / А. Я. Берзиня // Микроелементы в комплексе минерального питания растений. Рига : Зинатне, 1975. – С. 136–147. **7.** Минеев В. Г. Цинк в окружающей среде / В. Г. Минеев, А. А. Алексеев, Т. А. Тришина // Агрохимия. – 1984. – №3. – С. 94–104. **8.** Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с. **9.** Снітинський В. В. Техногенне забруднення продукції харчування важкими металами при виробництві цементу / В. В. Снітинський, Д. М. Пузенко, В. Ф. Якобенчук // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрономія. – 2002. – № 6. – С. 3–5. **10.** Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с. **11.** Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємства. ОНД-86. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 256 с. **12.** «Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов» № 5061-89 от 01.08.89. – М., 1990.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

Borshchevska I. M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

FEATURES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN AGROPHYTOCENOSES IN THE AFFECTED ZONE OF PSC "VOLYN-CEMENT"

The level of content of heavy metals is investigational in plant-grower

products on technogenic muddy territory of the affected of enterprise of cement production zone. It is set that the priority pollutants of agrophytocenoses are lead, cadmium, zinc and copper.
***Keywords*: accumulation, agrophytocenoses, heavy metals, coefficient of accumulation.**

Борщевская И. М., к.с.-х.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ У АГРОФИТОЦЕНОЗАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПАО «ВОЛЫНЬ-ЦЕМЕНТ»

Исследовано уровень содержания тяжелых металлов у растениеводческой продукции на техногенно загрязненной территории зоны влияния предприятия цементного производства. Установлено, что приоритетными загрязнителями агрофитоценозов являются свинец, кадмий, цинк и медь.
***Ключевые слова*: аккумуляция, агрофитоценозы, тяжелые металлы, коэффициент накопления.**