

Ю.К. Бородай, О.Б. Бондарева, Л.І. Коноваленко, Н.Ю. Прокопенко

ВПЛИВ РОЗСПОВАННЯ АЕРАЛЬНИХ ЕМІСІЙ НА АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН СІЛЬГОСПУГІДЬ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

аеральні емісії, важкі метали, фтор, екологічно безпечна сільгосппродукція

Вступ

Визначною передумовою поліпшення якості життя в промислово розвинених регіонах є забезпечення населення екологічно безпечною сільгосппродукцією. Найбільш доцільний напрям у цьому відношенні – визначення перспективних територій, де реалізація науково обґрунтованих технологій в рослинництві з мінімально необхідним застосуванням агрохімікатів дозволить виробляти продукцію відповідної якості.

Інтегральне техногенне навантаження на агроландшафти регіону складає близько 1,8 млн. т/рік викидів в атмосферу (SO_2 , NO_x , F^- , H_2S , неорганічні кислоти і пил зі сполуками важких металів), 1,7 млрд. m^3 /рік хімічно забруднених і засолених стічних вод (близько 1 млн. т/рік солей), а також близько 25 млн. т/рік промислових токсичних відходів [5]. Транслокація ксенобіотиків зі стічних вод і промислових відходів в рослини значною мірою опосередкована. Вона визначається коефіцієнтами транслокації ксенобіотиків, синергетичним ефектом, вмістом поживних речовин, а також захисними бар'єрами самих сільськогосподарських культур. Стан агроценозів значною мірою залежить від кількості, рівня, а також форм існування екотоксикантів, які розсіюються від технокомплексів і промислових агломерацій в приземному прошарку атмосфери і безпосередньо впливають на ґрунт і рослини.

Мета та завдання

Основною метою роботи було виявлення особливостей транслокації екотоксикантів аеральних емісій в агроекосистемах, а також визначення площ сільгоспугідь, де можливе вирощування екологічно безпечної продукції в південно-східному промисловому регіоні України. До завдань досліджень входило: хіміко-аналітичне визначення катіоногенних і аніоногенних ксенобіотиків в компонентах агроекосистем, розташованих на територіях з різним рівнем техногенного навантаження; оціночно-картографічне визначення площ сільгоспугідь Донецької області, перспективних для проектування сировинних зон вирощування продукції високої якості.

Об'єкт і методика

Об'єктом досліджень були ґрунти і рослини сільськогосподарських культур, що знаходяться під впливом катіоногенних і аніоногенних екотоксикантів з промислових викидів підприємств Донецького регіону.

Зразки ґрунту і рослин відбирали згідно з загальноприйнятими методиками [1, 8]. Краплинні проби атмосферних опадів відбирали в зоні дії Донецько-Макіївського промвузла, металургійного комбінату ім. Ілліча, Старобешівської ТЕС і заповідника «Хомутовський степ» впродовж березня і травня 2008 р. [2].

Вміст важких металів (ВМ) в ґрунті і рослинах визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на КАС-120.1 з електротермічною атомізацією [8]. Для визначення вмісту валових форм ВМ ґрунт розкладали кислотним засобом сумішшю $\text{HCl} + \text{HNO}_3 + \text{HF}$ з розчиненням остатку в 1М HNO_3 . Рухомі форми ВМ екстрагували з ґрунту амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8 у співвідношенні 1:5 згідно з методикою [8]. ВМ у рослинних зразках визначали в їхніх зольних розчинах, які одержували після спалювання рослин методом сухої мінералізації [3]. Концентрацію іонів водню (рН) в атмосферних опадах визначали потенціометрично [9]. Вміст фторидів у воді і ґрунті визначали потенціометричним методом з використанням іон-селективного електрода «Эллис-131 F» [10]. Рухомі форми фторидів екстрагували із зразків ґрунту водою, 0,1М NaOH , 0,1М HCl при співвідношенні 1:5 [6]. Зони розсіювання компонентів викидів в атмосферу і аеральних емісій за ізолініями гранично допустимих концентрацій (ГДК)

розраховували за програмою «Пленер» і «ЕОЛ+». Площі перспективних сировинних зон вимірювали гравіметричним методом, а також розраховували за допомогою програм Photo Shop, Multi Spec и Excel.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз методик розрахунку ізоліній ГДК, а також складових рівнянь, що визначають залежності величин впливу компонентів аеральних емісій на сільськогосподарські угіддя, свідчать про відповідність його інтенсивності, висоті джерел викидів і відстані від них, а також рельєфу місцевості і метеоумов. Тому, вірогідно, для умов розташування основних промислових агломерацій найбільш суттєвою буде відстань земель сільськогосподарського призначення від джерел викидів в атмосферу та їх походження. Форми існування основних екотоксикантів залежать переважно від характеру виробництва, відповідності технологій та очисного обладнання екологічним вимогам і нормативам. Для регіону традиційно найбільший внесок в забруднення атмосфери, ґрунту, вод, рослин вносять енергетика, металургія, вугледобувна промисловість, коксохімія тощо (табл. 1).

Таблиця 1. Забруднення атмосфери потоками ксенобіотиків

Тип промисловості, характер викидів	Хімічний склад викидів	Екотоксичність розсіювання пило-газових сумішей
Металургія, організовані і роздільні	Пил з BM , SO_2 , NO_x , CO , HCN та ін., pH 5-7	Ураження листової поверхні, змінення морфологічних ознак, зменшення продуктивності культур і якості продукції.
Енергетика, організовані, сумісні	Пил з BM , SO_2 , NO_x , CO , HF , pH 2-4	Деградація фітоценозів, змінення фізіологічних ознак і структури рослинності. Погіршення якості продукції.
Вугледобувна промисловість, переважно неорганізовані і роздільні аеральні емісії	Пил з BM , As , SO_2 , Se , H_2S , NH_3 , феноли, NO_x , HF , вуглеводні, pH 2-5	Накопичення екотоксикантів органічного походження, отруєння продукції ксенобіотиками.

Через наявність в аеральних емісіях переважно кислотоутворюючих компонентів зростає кислотність опадів (табл. 2).

Таблиця 2. Кислотність опадів

Вид промисловості, місцевість	pH
Донецько-Макіївська промислова агломерація	$6,1 \pm 0,3$
Старобешівська ТЕС	$5,1 \pm 0,5$
Маріупольська промислова агломерація	$6,5 \pm 0,3$
Заповідник «Хомутовський степ»	$7,0 \pm 0,1$

Кислотність снігу під «факелом» Авдіївського коксохімічного заводу складає $pH 6,55 \pm 0,05$ на відстані ~ 2 км. Зі збільшенням відстані до ~ 5 км і ~ 8 км pH підвищується і дорівнює $6,75 \pm 0,07$ і $6,85 \pm 0,07$, відповідно.

Надлишок кислих компонентів у складі аеральних емісій призводять до підкислення ґрунтів. Так, в ґрунтах навколо териконників на відстані більше 14 км спостерігається зниження pH (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив аеральних емісій з териконників на кислотність ґрунтів

Місце відбору зразка	Валові викиди, тис. т/год			рН ґрунту	Гумус, %	Тип чорноземів
	пил	SO ₂	NO _x			
Шахтарський район	4,7	3,8	0,4	5,1-5,7	4,2 (2,9-5,6)	щебенюваті
Красноармійський район	6,4	7,7	0,9	6,2-6,7	5,4 (5,0-6,6)	звичайні середньогумусні
м. Кіровське	0,6	0,9	0,1	6,0-6,5	6,1 (5,2-6,5)	типові середньогумусні

Причому, зниження рН ґрунту залежить від вмісту в ньому гумусу. Так, в Красноармійському районі, незважаючи на великі валові викиди кислих компонентів, рН ґрунтів вище, ніж у Шахтарському районі. Це обумовлено вищим вмістом гумусу і, як наслідок, буферністю ґрунтів.

Одним з головних постачальників екотоксикантів з викидів в агроландшафти є промисловий пил, до складу якого входять сполуки важких металів (Zn, Pb, Cd, Hg, Cu, Mn), селену, арсену, фтору та ін. [7]. Кислототвірні компоненти аеральних емісій збільшують рухомість і реакційну здатність сполук важких металів. Встановлено, що розсіювання важких металів у складі викидів диференційоване залежно від фізико-хімічних властивостей компонентів (здатність до адсорбції, утворення агрегатів та ін.). Сполуки кадмію та міді розсіюються на відстані 10 км від джерела викидів на 60 – 80 %, в ґрунті відмічено найбільші концентрації цих елементів. Сполуки свинцю і цинку розсіюються в зоні 10 км на 25 – 30 %. Поведінка свинцю і цинку відповідає розсіюванню аерозолів, а кадмію і міді – седиментації завислих часток. Експериментальними дослідженнями і розрахунком показано, що найбільше надходження цих екотоксикантів та їх акумулювання в агроландшафтах спостерігається від металургійних підприємств і ТЕС, менше – від коксохімічного виробництва (табл. 4).

Таблиця 4. Розсіювання важких металів під «факелом» в зоні 10 км

Тип виробництва (місцезнаходження)	Маса ВМ, мг/м ²			
	Cu	Zn	Cd	Pb
Енергетика (Старобешівська ТЕС)	22	105	2,4	86
Металургія (Маріуполь)	76	119	3,2	188
Коксохімія (Авдіївський КХЗ)	1,2	7	0,3	5,9
Сумісні викиди (Донецьк– Макіївка)	43,8	75	0,5	12

Також залежно від типу виробництва в зоні до 10 км від джерела викидів спостерігається диференціація вмісту валових і рухомих форм ВМ в ґрунті (табл. 5).

На більших відстанях концентрація екотоксикантів практично не залежить від складу викидів. При цьому вміст рухомих форм важких металів суттєво не змінюється, але концентрація валових форм в ґрунтах при наближенні до промислових агломерацій збільшується.

Це дає підставу для визначення валового вмісту важких металів в ґрунтах як характеристики інтенсивності антропогенного навантаження і дозволяє запропонувати механізм взаємодії компонентів в ґрунтових розчинах і ґрунтово-поглинаючому комплексі (ГПК). В загальному вигляді ГПК можна вважати специфічним іонним насосом, який в сукупності з корневими мембранами рослин обумовлює дифузійні, адсорбційні явища концентраційної поляризації в системі «валові форми важких металів» – «рухомі форми важких металів» – ГПК – рослина.

Таблиця 5. Вміст важких металів в ґрунті за «розою вітрів»

Відстань від джерел викидів, км	Вміст важких металів у ґрунтах, мг/кг*			
	Cu	Pb	Zn	Cd
Металургійне виробництво (ВАТ «ММК ім. Ілліча»)				
до 10	20/2,0	21/1,1	70/6,0	0,90/0,15
~ 20	18/1,5	15/0,8	61/5,8	0,55/0,09
~ 30	18/1,5	8/0,8	55/5,2	0,50/0,07
Енергетика (Старобешівська ТЕС)				
до 10	16/1,9	18/0,9	64/6,1	0,90/0,12
~ 20	12/1,8	16/0,8	58/5,6	0,70/0,09
~ 30	17/1,9	14/0,7	55/5,6	0,80/0,09

Примітка. * чисельник – вміст валових форм, знаменник – вміст рухомих форм.

Хіміко-аналітичні дослідження вказують, що вміст важких металів у рослинах також залежить від відстані до промвузлів (табл. 6).

Таблиця 6. Вміст важких металів в сільгосппродукції під впливом Маріупольської промислової агломерації (МПА)

Культури	Азимут від МПА	Відстань від МПА, км	Вміст ВМ, мг/кг на суху масу			
			Cd	Pb	Zn	Cu
Озима пшениця, – зерно	північний захід	10-20	0,10	1,5	46	6,5
	північний захід	30	0,04	1,1	35	4,0
	північний захід	40	0,02	0,6	21	3,0
	південний схід	10-20	0,03	0,7	32	3,0
Кукурудза, – зерно – листя	північний захід	10-20	0,14	1,3	37	5,9
			0,29	1,8	53	10,7
Ячмінь ярий, – зерно – солома	південний схід	5	0,05	0,7	32	4,0
			0,08	0,8	40	6,5

Найбільший вміст важких металів в сільгоспкультурах відмічено в 20-ти кілометровій зоні від металургійного комбінату. В зерні пшениці в цій зоні вміст важких металів перевищував ГДК. У віддалених зонах перевищення ГДК за Cd, Cu, Zn не встановлено, концентрація кадмію в рослинах на відстані 40 км зменшилась у 5 разів, свинцю, цинку, міді майже вдвічі. Дані вказують на підвищений вміст важких металів у листках кукурудзи і менший у зерні, що можливо пов'язано з блокуванням рослиною надходження токсикантів у репродуктивні органи (табл. 6).

Експериментальні дані свідчать, що транслокація важких металів у сільгосппродукцію в техногенно навантажених регіонах відбувається не тільки в системі «ґрунт – рослина», але й в системі «рослина – приземний прошарок атмосфери». Так, вміст свинцю в зерні ячменю в зоні з ГДК ~ 1 за пилом становив 0,95 мг/кг. При практично однаковому вмісті рухомих форм свинцю в ґрунті в вегетативних дослідках вміст свинцю в зерні був в 2,5 – 3 рази нижчим. Аналогічні залежності спостерігаються при транслокації кадмію в рослини.

Рухомість екотоксикантів в агроландшафтах перебуває у тісній залежності від їхніх хімічних особливостей. Чорноземи мають значний буферний потенціал і характеризуються толерантністю у відношенні до досліджених важких металів, що пов'язано з комплексоутворенням з органічною складовою (вміст гумусу > 3 %) і реакцією ґрунтового середовища, близькою до нейтральної (рН > 6,8). Коефіцієнт транслокації важких металів з ґрунту в рослини, за винятком кадмію,

як правило, не перевищує 0,50 – 0,67. В той же час по відношенню до рухомих аніоногенних форм екотоксикантів, таких як фтор, що належать до 1 класу небезпеки, чорноземи з нейтральною і лужною реакцією мають низьку толерантність.

Підприємства чорної металургії (доменне, чавуноплавильне, мартенівське, конвертерне, коксохімія та ін.) і енергетики щорічно постачають в навколишнє середовище фтору (в розрахунку на фторид-іон) близько 200 т [4].

Аеральне розповсюдження фторидів приводить до підвищеного вмісту водорозчинних сполук фтору в ґрунтах у безпосередній близькості до джерел промислових викидів в атмосферу (табл. 7).

Таблиця 7. Вміст фторидів в ґрунтах сільгоспугідь за «розою вітрів» від Старобешівської ТЕС

Реґіон, об'єкт	Відстань від ТЕС, км	Масова концентрація фторидів, мг/кг			Гумус, %
		екстрагент			
		H ₂ O	0,1M HCl	0,1M NaOH	
Промплоща	0,5	8,4	1,6	3,4	1,9
Переліг	1,0	7,9	0,9	3,4	4,0
Сільгоспугіддя	3,0	5,8	0,9	2,5	4,4
Сільгоспугіддя	10,0	6,3	0,6	2,5	4,1
Сільгоспугіддя	15,0	6,0	0,5	2,0	4,3
Сільгоспугіддя	25,0	5,5	0,7	2,0	5,5
Переліг	29,0	2,7	0,5	0,8	4,2

Дані табл. 7 вказують на те, що вплив розсіювання пило-газових аерозолів простежується на відстані більше ніж 25 км.

Біодоступність рухомих форм фторидів приводить до накопичення його в рослинах (табл. 8).

Таблиця 8. Вміст фторидів у рослинах в зоні дії аеральних емісій відвалу, що горить

Об'єкт	Відстань від джерела, км	Масова концентрація F, мг/кг (сух. реч.)
За «розою вітрів»		
Озима пшениця, – зерно	0,8 – 1,5	3,3 – 4,6
	~ 5	0,9 – 1,6
– солома	0,8 – 1,5	1,8 – 2,7
	~ 5	0,9 – 1,4
Суміш трав, надземна частина	на відвалі безпосередньо	7,9 – 14,5

За даними агроєкологічного моніторингу, а також розрахунком ізоліній ГДК визначено допустимі відстані сільгоспугідь, перспективних для вирощування екологічно безпечної продукції, від виробництв різних галузей промисловості. Ця відстань від підприємств за напрямом переважаючих вітрів складає для металургії та енергетики (ТЕС) ≥ 30 км, коксохімії ≥ 20 км, вугледобувних ≥ 15 км.

Розрахунки показали, що за рівнем антропогенного навантаження найбільші площі сільгоспугідь, придатних для вирощування екологічно безпечної продукції, знаходяться в Олександрівському, Великоновоселківському, Краснолиманському, Тельманівському районах. Загальна територія, де доцільно планувати створення сировинних зон для виробництва екологічно безпечної продукції, складає ~ 29 %. Площа території обмежено придатної становить ~ 53 %. За умови використання науково-обґрунтованих агротехнологій, які містять засоби детоксикації, на цих сільгоспугіддях можливе зниження впливу техногенного навантаження.

Проте, територіальне розташування сільгоспугідь є тільки «зовнішнім» фактором. Не менш важливе значення має також екологічність агротехнологій, що застосовуються в господарстві. Все це слід враховувати при прийнятті адміністративних і управлінських рішень про вирощування екологічно безпечної продукції.

Висновки

Валовий вміст важких металів в ґрунтах характеризує інтенсивність антропогенного навантаження на біогеоценози. В техногенно-напружених регіонах надходження важких металів у рослини обумовлено їх транспортом у системах «приземний прошарок атмосфери – ґрунт – рослина» і «приземний прошарок атмосфери – рослина». Чорнозем має високу ступінь толерантності до катіоногенних екотоксикантів, в той же час його буферність до аніоногенних ксенобіотиків низька.

Аеральні емісії підприємств різних галузей характеризуються різною величиною агротоксичності, що визначається мінімально допустимою відстанню до зон, перспективних для виробництва екологічно безпечної продукції. Площа сільгоспугідь Донецької області, де доцільно проєктувати сировинні зони виробництва екологічно безпечної продукції, не перевищує 29 %.

1. ГОСТ 17.4.4.02. – 84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 11 с.
2. ГОСТ 17.1.5.05. – 85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – С. 5.
3. ГОСТ 26929-86. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов. – Изд-во стандартов. 1986. – 11 с.
4. Довкілля Донеччини. Донецьке обласне управління статистики. Статистичний збірник. №41/154. Донецьк (2001-2006) – 104 с.
5. Земля тривоги нашої / [За ред. С.В. Третьякова]. – Донецьк: «ЦЕПИ ЕПІЦентр ЛТД», 2007. – 152 с.
6. Макаренко Н.А. Толерантність ґрунтів відносно біохімічно активних речовин, джерелом яких можуть виступати мінеральні добрива. / Н.А. Макаренко // Агроекологічний журнал. –2002. – №3. – С. 35-40.
7. Мартынюк А.А. Экологические и технические аспекты обращения с отходами в теплоэнергетике. / А.А. Мартынюк, Э.В. Янковская, В.А. Шулюк и др. // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов: сб. науч. статей. – Одесса, ОЦНТЭИ, 2001. – С. 225 – 232.
8. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1989. – 62 с.
9. Методические указания по определению химического состава осадков / ГГО им. А.И. Воейкова. – Л., 1980. – 52 с.
10. Хаваш Е. Ионно- и молекулярно-селективные электроды в биологических системах / Е. Хаваш – М.: Мир, 1988. – С. 142-143.

Донецький інститут агропромислового виробництва НААН України

Надійшла 14.07.2010

УДК 631.95: 632.12: 632.15

ВПЛИВ РОЗСІЮВАННЯ АЕРАЛЬНИХ ЕМІСІЙ НА АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН СІЛЬГОСПУГІДЬ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ю. К. Бородай, О. Б. Бондарева, Л. І. Коноваленко, Н.Ю. Прокопенко

Донецький інститут агропромислового виробництва НААН України

Проведена якісна і кількісна оцінка агроекотоксичності компонентів аеральних емісій підприємств металургії, енергетики, вугільної промисловості та ін. Чорноземи виявляють толерантність до катіоногенних ксенобіотиків завдяки здатності органічної речовини ґрунту (гумус > 3%) до комплексоутворення, а також реакції ґрунтового розчину, близької до нейтральної. Визначено допустиму відстань від підприємств сільгоспугідь, придатних для вирощування екологічно безпечної продукції.

UDC 631.95: 632.12: 632.15

INFLUENCE AERAL EMISSION DISPERSION ON THE AGROECOLOGICAL STATE OF FARM LANDS OF DONETSK REGION

Yu. K. Boroday, O. B. Bondareva, L. I. Konovalenko, N. Yu. Prokopenko

Donetsk Institute of Agroindustrial Production of NAASU

The high-quality and quantitative estimation of agroecotoxic components of metallurgy, energy, coal and other industries' aeral emissions have been carried out. Black earths appear to be tolerant to cationogenic xenobiotics due to its of organic matter ability (humus > 3%) to create complex connections, as well as to the reaction of the ground solution, which is close to neutral. The acceptable distance of farm lands, suitable for growing of environmentally friendly products, from the enterprises of different industries has been stated.