

УДК 631.8:631.559:631.416

АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Є.Ю. Гладкіх

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»
(ye.hladkikh@ukr.net)

У польових дослідах на чорноземах із застосуванням різних форм, доз добрив з різною періодичністю їх внесення досліджено особливості накопичення рухомих форм важких металів та фтору. Встановлено, що на максимально удобрених варіантах концентрації досліджуваних елементів у ґрунті знаходяться в межах допустимих рівнів забруднення. Виявлено, що за застосування рідкого безводного аміаку у землеробстві інтенсивність міграції нітратного азоту на глибину до 100-120 см є майже удвічі вищою порівняно з внесенням традиційної аміачної селітри.

Ключові слова: мінеральні добрива; важкі метали; фтор; рідкий безводний аміак; екологічні проблеми.

Вступ. Не можна обійти увагою той факт, що нині антропогенний тиск на навколишнє природне середовище є досить істотним. Зокрема, застосування агрохімікатів, як складової інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, породжує чимало нових проблем, основною з яких є екологічна. Численні дослідження вчених-агрохіміків показали, що різні види та форми добрив неоднаково впливають на властивості ґрунту. Внесені у ґрунт добрива вступають у складні взаємодії з ним – відбуваються різноманітні перетворення добрив, які залежать від низки чинників: властивостей добрив та ґрунту, погодних умов, агротехніки, вирощуваних культур тощо.

Негативний вплив добрив на навколишнє природне середовище пов'язаний, насамперед, з хімічним складом добрив та наявністю баластних речовин в них. Добре відомо, що, наприклад, вміст важких металів у добривах як кінцевому продукті визначається їхньою початковою концентрацією у сировині та технологією виробництва і може коливатись у значних межах. Практично всі фосфорні руди містять велику кількість стронцію, кадмію, рідкоземельні та радіоактивні елементи, а розширення виробництва та застосування фосфорних та комплексних добрив призводить також до забруднення довкілля сполуками фтору та миш'яку [1, 2].

Істотними недоліками багатьох мінеральних добрив можна назвати такі: наявність залишкової кислоти (вільна кислотність) внаслідок технології їх виробництва; фізіологічна кислотність або лужність, що утворюються внаслідок переважного використання рослинами з добрив катіонів або аніонів; надмірно висока розчинність. Тривале застосування фізіологічно кислих або лужних добрив змінює реакцію ґрунтового розчину, призводить до втрат гумусу, підвищує рухомість та міграцію багатьох елементів. Крім цього, внесення мінеральних добрив створює осередки високої концентрації катіонів, що негативно впливає на фізико-хімічні, фізичні та біологічні властивості ґрунту в зонах локалізації.

Однак, виявлена дослідниками негативна дія добрив часто перебільшена. В екологічному розумінні їх не можна ставити в один ряд з пестицидами або техногенними забрудниками.

З урахуванням вищенаведеного слід зазначити, що розроблення раціональних систем удобрення має включати обов'язкове оцінювання можливого негативного впливу на агроценози та розробку шляхів його мінімізації. Знання особливостей процесів сорбції, міграції та транслокації токсикантів у ґрунті допомагає уникнути небажаних явищ і забезпечити високу ефективність удобрення.

Метою роботи є виявлення впливу тривалого застосування високих доз мінеральних добрив, що забезпечують високу продуктивність сільськогосподарських культур сівозміни, на екологічний стан ґрунту (накопичення рухомих форм важких металів та водорозчинного фтору), а також дослідження закономірностей міграції нітратних форм азоту за застосування різних форм азотних добрив.

Об'єкти і методи досліджень. Дослідження проводили на двох об'єктах: в тривалому (з 1969 р.) стаціонарному досліді на чорноземі типовому на території ДП «Граківське» (ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського») і у тимчасовому досліді (з 2012 р.) на чорноземі опідзоленому у Лохвицькому районі Полтавської області на території ПрАТ компанії «Райз-Максимко».

Об'єкт 1. Вихідні параметри чорнозему типового важкосуглинкового такі: ємність поглинання 380 ммоль/кг, загальний вміст гумусу 5,2 %, загальний вміст азоту 0,22 %, вміст рухомого фосфору 40 мг/кг, калію – 94 мг/кг, рН сол. 5,4.

Протягом 1969-83 рр. триразовим внесенням високих доз мінеральних добрив (200, 400 і 600 кг/га) було створено чотири рівні (природний, середній, підвищений і високий) азотних, фосфорних, калійних та азотно-фосфорно-калійних агрохімічних фонів. Таким чином, на дослідному полі було закладено 360 варіантів з різним рівнем інтенсифікації використання ріллі (різні дози, види добрив, періодичність їх застосування).

Проби ґрунту відбирали після закінчення шостої ротації шестипільної сівозміни на варіантах досліді з високим фосфатним і азотно-фосфорно-калійним агрохімічним фоном: 1. Переліг; 2. Абсолютний контроль (без добрив); 3. Гній, 140 т/га + N₁₈₀₀P₁₈₀₀K₁₈₀₀ (запасне внесення, післядія з 1983 р.) + 1N1P1K (одинарна доза систематично під культури сівозміни – внесено всього з моменту закладки досліді N₃₅₉₀P₃₂₈₀K₃₄₉₀); 4. Гній, 140 т/га + P₁₈₀₀ (запасне внесення, післядія з 1983 р.) + 2N2P2K (подвійна доза систематично під культури сівозміни – внесено всього з моменту закладки досліді N₂₉₉₀P₄₄₈₀K₂₈₆₀).

Об'єкт 2. Тимчасовий польовий дослід на чорноземі опідзоленому слабогумусованому середньосуглинковому проведено з метою дослідження закономірності міграції нітратних форм азоту за застосування різних форм азотних добрив. Вихідні параметри ґрунту у верхнього генетичному горизонті такі: ємність поглинання 210 ммоль/кг, загальний вміст гумусу 2,3 %, вміст лужногідролізованого азоту 114 мг/кг, рухомого фосфору – 115 мг/кг, калію – 65 мг/кг, рН сол. 5,3. Схемою досліді передбачено порівняння впливу двох видів азотних добрив – традиційного гранульованого (аміачна селітра) та рідкого (безводний аміак) у дозах по 100 кг/га азоту за різного способу обробітку ґрунту – оранка та дискування у 2 сліди. Дослідження проводили протягом трьох років (2012-2014 рр.), добрива вносили щорічно восени. Безводний аміак вносили локально на глибину 18 см, з шириною між лапами аплікатора (інжектора) 56 см, а аміачну селітру – врозкид.

Вміст у ґрунті рухомих форм важких металів і мікроелементів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії (у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8), фтору – у водній витяжці [3], нітратного азоту – за модифікованою методикою ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» [4].

Результати досліджень та їх обговорення. Негативну дію фосфорних та калійних добрив на довкілля переважно пов'язують із привнесенням до агроєкосистем важких металів, яких там міститься значно більше, ніж, наприклад, в азотних добривах. Важкі метали, потрапляючи в ґрунт, пригнічують процеси, що пов'язані з трансформацією азоту, гальмують мінералізацію органічних речовин, інгібують активність ґрунтових ферментів, можуть пригнічувати процеси мінералізації та синтезу різних речовин у ґрунті, тобто, біологічну активність, що може проявлятися у зниженні ферментної активності, зменшенні інтенсивності розкладання клітковини тощо [5, 6].

У регулюванні надходження важких металів до продукції важливим є вплив на фізіологічні бар'єри рослин на межі ґрунт-коріння та коріння-надземна маса, який можна здійснювати шляхом поліпшення живлення рослин фосфором. З іншого боку, антагонізм фосфору та катіоногенних важких металів і мікроелементів може обумовлюватися як хімічними, так і біохімічними процесами. На думку Б.С. Носко [7], антагонізм іонів цинку та фосфору у ґрунті обумовлює послаблення не тільки рухомості ґрунтових фосфатів, але й надходження Zn як мікроелемента, необхідного рослинам.

Вплив добрив не зводиться лише до збільшення вмісту важких металів у ґрунті. Тривале застосування агрохімічних засобів призводить до помітних змін фізико-хімічних, агрофізичних і біологічних властивостей ґрунту, що впливає на стан та рухомість важких металів.

Результатами багаторічних досліджень із застосуванням високих доз мінеральних добрив (сумарно за шість ротацій шестипільної сівозміни за фосфором становлять 3280-4480 кг/га) у стаціонарному польовому досліді на чорноземі типовому не виявлено перевищень гранично допустимих концентрацій (ГДК) важких металів у ґрунті за жодним із елементів (табл. 1). Але перевищення фонових значень у 1,1-2,3 раза майже за всіма елементами (як фон використовували ділянку перелогу) все ж помітили.

Деяке перевищення концентрацій рухомих форм важких металів над фоновими значеннями на удобрених варіантах пояснюється, перш за все, зниженням величини pH_{KCl} ґрунту від 5,2 (на перелозі) до 4,8 (на удобрених варіантах) за тривалого застосування фізіологічно кислих добрив. Відомо, що підкислення ґрунтового розчину призводить до підвищення рухомості катіонів важких металів.

1. Вплив добрив на зміну вмісту рухомих форм мікроелементів і важких металів у чорноземі типовому (ДП «Граківське»)

Варіанти багаторічного стаціонарного польового досліді	Вміст мікроелементів і важких металів, мг/кг ґрунту						
	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Переліг	0,16	0,12	6,7	37,0	0,7	1,13	0,61
Контроль (без добрив)	0,11	0,09	7,9	34,2	1,3	1,67	0,57
Гній (140 т/га) + N3590P3280K3490	0,32	0,21	9,1	42,9	1,4	2,67	0,48
Гній (140 т/га) + N2990P4480K2860	0,31	0,26	9,1	43,1	1,4	1,97	0,46
НІР 05	0,10	0,11	1,9	5,6	0,3	0,57	0,10
ГДК	-	3,0	-	100	4,0	6,0	23

Попри те, що фосфорно-калійні добрива привносять до ґрунту певну кількість мікроелементів, за відсутності у системі удобрення органічних добрив це не створює позитивного балансу через значний господарський винос із продукцією [1, 8].

Концентрації Zn, на відміну від інших металів, найвищими були у ґрунті на варіантах, де добрив не вносили. Вміст Zn в орному шарі на перелозі та абсолютному контролі суттєво відрізнявся (майже у 1,3 раза був вищим) порівняно з варіантами, де застосовували високі дози добрив, що підтверджує висновки Носко Б.С. щодо антагонізму іонів цинку та фосфору у чорноземах типових.

Окрім важких металів з добривами, перш за все фосфорними, до ґрунту надходить фтор, що створює небезпеку забруднення цим елементом сільськогосподарської продукції. Доведено, що саме рухомі форми фтору, особливо, водорозчинні, найбільшою мірою беруть участь у процесах, що відбуваються в системі ґрунт-добриво-рослина. Крім того, водорозчинний фтор може легко вилугуватись із ґрунту, створюючи загрозу забруднення цим елементом геохімічно підлеглих ґрунтів і місцевих джерел водопостачання.

Вміст фтору у фосфорних добривах такий: у простому і гранульованому

суперфосфаті – 1,4-1,7 %, в амофосі – 3,5 %, нітроамофосі – 2,0 % [9]. Згідно з висновками Ю.К. Кудзіна [10], систематичне багаторічне застосування суперфосфату спричинює збільшення вмісту фтору у ґрунті на 20 %, а застосування його на азотно-калійному фоні – на 28 %, порівняно з контролем, що негативно впливає на врожайність сільськогосподарських культур, зокрема, кукурудзи.

Нашими дослідженнями в умовах довгострокового стаціонарного досліді (об'єкт 1) встановлено, що на високо удобрених ділянках чорнозему типового з низьким природним вмістом рухомих форм фтору відбувається підвищення його концентрації у водній витяжці у 3-9 разів, порівняно з контрольним варіантом. Але навіть такі високі дози фосфорних добрив не призводять до наближення вмісту водорозчинних форм фтору до гранично-допустимої концентрації - 10,0 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Накопичення фтору, головним чином, відбувається в орному шарі ґрунту, а вже на глибині 20-40 см його вміст значно знижується (у 3 рази), що пов'язано з наявністю у цих горизонтах карбонатів кальцію, які міцно зв'язують фториди з утворенням важкорозчинного CaF_2 .

2. Вміст фтору у чорноземі типовому з різним рівнем удобрення фосфором (ДП «Граківське»)

Варіант досліді	Загальна кількість фосфору внесеного з добривами, кг/га	Шар ґрунту, см	Вміст водорозчинного фтору, мг/кг ґрунту
Контроль (без добрив)	0	0-20	0,1
		20-40	0,1
Гній (140 т/га) + N ₃₅₉₀ P ₃₂₈₀ K ₃₄₉₀	3280	0-20	0,5
		20-40	0,4
Гній (140 т/га) + N ₂₉₉₀ P ₄₄₈₀ K ₂₈₆₀	4480	0-20	0,9
		20-40	0,3
ГДК			10,0

Вагомим чинником родючості ґрунтів є стале забезпечення їх мінеральними формами азоту, вміст яких залежить як від складу гумусу ґрунту та схильності його до мікробної трансформації, так і від кількості внесених мінеральних добрив. Азот мінеральних добрив легко втрачається з ґрунту в результаті денітрифікації та міграції в глибші шари, що залежить від типу водного режиму та глибини промивання профілю ґрунту. Від інтенсивності вимивання залежить використання азоту добрив сільськогосподарськими культурами та можлива міграція його у ґрунтові води, що призводить до їх забруднення.

З двох форм мінерального азоту (нітратний та амонійний) більш рухомою є нітратна форма. На міграцію нітратів по профілю ґрунту та забруднення ґрунтових вод впливає цілий ряд чинників, найважливішими з яких вважаються: гранулометричний склад ґрунту, потужність низхідного току води, наявність рослинного покриву, а також дози та форми азотних добрив тощо [11, 12].

В умовах Степу України І.Д. Філіп'євим [13] було встановлено, що за зрошення систематичне (впродовж 16 років) внесення азотних добрив сприяє міграції нітратів до глибини 5 м. Г.С. Піроженко [14] встановлено, що у ґрунтах, важких за гранулометричним складом, зменшується кількість азоту, що вимивається. Такі закономірності міграції нітратного азоту по профілю ґрунту виявили Б.С. Носко [15], С. Campbell [16], Р. Ghosh [17], S. Simpson [18], J. Takenchi [19] та інші.

Окрім доз азотних добрив, їх форма має важливу екологічну значущість у процесах міграції нітратного азоту. В сучасних умовах стрімкого підвищення цін на туку означилася тенденція вибору агровиборниками більш дешевих форм азотних добрив, зокрема, таких, як безводний аміак, замість традиційних – гранульованих. Загалом, завдяки взаємодії з ґрунтово-поглинальним комплексом, аміак добрив у ґрунті знаходиться в обмінній формі, що скорочує небезпеку міграції мінеральних

форм азоту за межі профілю. З іншого боку, разове внесення високих доз азоту стрічковим способом за сприятливих для нітрифікації гідротермічних умов може призвести до формування осередків накопичення нітратів і посилення їхньої міграції до ґрунтових вод.

Дослідженнями у тимчасовому польовому досліді на чорноземі опідзоленому максимальне накопичення нітратів за внесення безводного аміаку встановлено в 2013 р. на глибині 60-80 см, а у 2014 р. – на глибині 100-120 см, де їх концентрація була вдвічі вищою, ніж за внесення аміачної селітри (рис. 1).

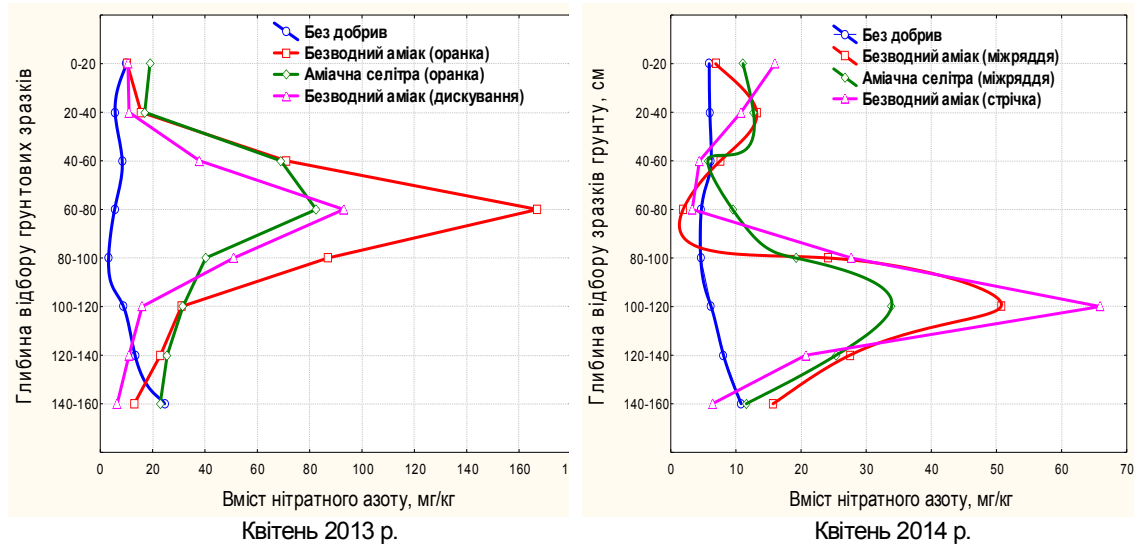


Рис. 1. Міграція нітратних форм азоту по профілю ґрунту під впливом застосування різних форм азотних добрив

Така різниця в інтенсивності міграції нітратного азоту по роках обумовлена збільшенням середньорічної кількості опадів в 2014 р на 76 мм. Концентрація нітратного азоту безпосередньо в стрічці внесення рідкого безводного аміаку на глибині 80-120 см була в 1,7 раза вищою, ніж у ґрунтових зразках, відібраних у міжрядді.

Істотну роль у процесі міграції азоту відіграє спосіб основного обробітку ґрунту, заміна глибокої оранки дискуванням у 2 сліди скорочує зону міграції азоту майже вдвічі.

Висновки. Внесок добрив у забруднення чорнозему типового важкими металами та фтором не можна порівнювати з більш вагомими техногенними джерелами забруднення, але слід враховувати у розробці обґрунтованих доз різних форм добрив за комплексного застосування засобів хімізації.

Застосування рідкого безводного аміаку, як альтернативи гранульованим азотним добривам, обумовлює ряд екологічних ризиків, одним з яких є вилугування нітратного азоту вглиб по профілю, що безумовно вимагає систематичного контролю.

Однак, несприятливі агроекологічні чинники можуть бути майже повністю усунуті завдяки збалансованій науково обґрунтованій системі удобрення сільськогосподарських культур, у якій враховано економічну та екологічну доцільність підтримання параметрів агроекологічних показників ґрунту на безпечному рівні.

Список використаної літератури

1. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков: Изд. КП «Типография № 13», 2005. – 134 с.
2. Фатеев А.И. Забруднення ґрунтів важкими металами як фактор їх деградації / А.И. Фатеев, М.М. Мірошніченко // Вісник ХДАУ. - 1999. - № 1. – С. 206 - 209.
3. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов: ГОСТ 4386-89. – [Дата введения 01.01.91]. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 11 с. – (Межгосударственный стандарт)

4. *Якість ґрунту*. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГ^А ім. О.Н. Соколовського: ДСТУ 4729:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національний стандарт України)
5. *Овчаренко М.М.* Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрения / М.М. Овчаренко // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 8 – 9.995
6. *Wilke В.М.* Langzeitwirkungen von Kupfer und Zink auf die Mikrobielle Aktivität eines humosen, lehmigen Sandes / В. М. Wilke // Landwirtschaftliches Forschung. – 1987. – Bd. 40, № 4. – S. 336-343.
7. *Носко Б.С.* Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С. Носко. – К.: Урожай, 1990. – 220 с.
8. *Носовская И.И.* Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс кадмия, свинца, никеля и хрома / И.И. Носовская, Г.А. Соловьев, В.С. Егоров // Агрохимия. – 2001. – № 1. – С. 82-91.
9. *Балюк С.А.* Особливості міграції та акумуляції фтору в зрошуваних ґрунтах / С.А. Балюк, Л.А. Чаусова, Н.Ю. Гаврилович // Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. – К.: Аграрна наука. – 2009. – 624 с.
10. *Кудзин Ю.К.* Накопление в черноземной почве и растениях фтора при многолетнем применении суперфосфата: тезисы докл. V делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов / Ю.К. Кудзин, В.М. Палова. – Минск, 1977. – Вып. III. – С. 212.
11. *Духанин Ю.А.* Миграция нитратного азота по профилю почвы при разных системах удобрения / Ю.А. Духанин // Экологическая агрохимия: материалы результатов исследований кафедры агрохимии МГУ им. М.В. Ломоносова. – М., 2008. – С. 213-235
12. *Уваров Г.И.* Азотный режим чернозема типичного при возделывании культур в севообороте / Г.И. Уваров, В.Д. Соловйченко // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 5-10.
13. *Филиппев И.Д.* Миграция нитратов в орошаемой темно-каштановой среднесуглинистой почве / И.Д. Филиппев, В.И. Криштопа, П.А. Криштопа // Плодородие мелиорационных земель УССР и пути его повышения. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1988. – С. 90-93.
14. *Пироженко Г.С.* Вымывание питательных веществ из лесных дерново-подзолистых почв / Г.С. Пироженко, Л.А. Шевченко, В.В. Лахмытко // Химия в сельском хозяйстве. – 1979. – № 12. – С. 50-54.
15. *Носко Б.С.* Экологические последствия применения высоких доз минеральных удобрений на черноземе типичном / Б.С. Носко, Е.Ю. Гладких // Проблемы агрохимии и экологии. – 2013. – № 2. – С. 32-37.
16. *Campbell C.* Nitrate leaching in the semiarid prairie: effect of cropping frequency, crop type and fertilizer after 37 years / C. Campbell, F. Selles, R.P. Zentner // Soil Sci. – 2006. – №4. – P. 701-710.
17. *Ghosh P.* Nitrogen mineralization, nitrification and nitrifier population in a protected grassland and rainfed agricultural soil / P. Ghosh, P.P. Phyani // Trop. Ecol. – 2005. – №2. – P. 173-181.
18. *Simpson S.* Nitrogen fertilizer: agricultural breakthrough and environmental bane / Sarah Simpson // Scientific American. – 2009. – P. 65-67.
19. *Takenchi Junichiro.* Optimum fertilizer application for controlling rainfall irrigation – induced nitrate leaching to ground water / Takenchi Junichiro, Kawachi Toshihiko // Nogyo dobokyo gakkai. – 2007. – №1. – P. 1-9.

Стаття надійшла до редколегії 18.05.2015

AGROECOLOGICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Ye. Hladkikh

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",
(ye.hladkikh@ukr.net)

The research was carry out in the long stationary and temporary field experiment on chernozem in order to determine regularities change of the basic indicators of the environmental condition of the soil (accumulation of mobile forms of heavy metals and soluble fluorine migration nitrate forms of nitrogen in the soil profile) under the influence of the application of different forms and doses of fertilizers with different duration. Investigations were conducted using comparative statistical research methods, short- and long-term observations of soil and environmental processes in field experiments; analytical research was performed using standardized methods. It was established that in the maximum fertilized variants of concentration of the elements in soil are within acceptable levels of pollution. The contribution of fertilizer pollution in chernozem typical with heavy metals and fluoride is not comparable with a significant anthropogenic of pollution. It was found that by application of liquid anhydrous ammonia in agriculture the intensity migration of nitrate nitrogen to a depth of 100-120 cm is almost twice higher compared to application of traditional ammonium nitrate.

Key words: *fertilizers; heavy metals; fluoride; liquid anhydrous ammonia; environmental problems.*