

Є.О. Михайлова¹, О.Ф. Протасенко¹, М.О. Мороз², Г.М. Резніченко³

¹Харківській національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

³Національний університет цивільного захисту України, Україна

АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ЛЮДИНИ, ДОВКІЛЛЯ ТА УМОВ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПОВОДЖЕННЯ З ДОБРИВАМИ

Розглянуто проблему ефективності та безпеки використання добрив у сільському господарстві. Проаналізовано переваги та недоліки кожного виду добрив. Визначено шкідливі та небезпечні чинники усього життєвого циклу добрив для ґрунту, поверхневих та підземних вод, повітря, здоров'я людини та умов праці з ними. Запропоновано способи безпечного поводження з добривами.

Ключові слова: добрива, продовольча безпека, забруднення, довкілля, здоров'я людини, безпека праці.

Постановка проблеми

Добрива виступають одним із головних чинників підвищення кількості та якості аграрної продукції. Через вирощування різних культур відбувається закономірне виснаження ґрунту. Під час свого розвитку рослини витягають з родючого шару поживні речовини. Відновлення властивостей ґрунту відбувається природним шляхом, але його темпи досить низькі. Отже, раціональне використання добрив сприяє підтриманню балансу біогенних елементів та гумусу у ґрунті, тим самим покращуючи його родючість.

Будучи важливим чинником підвищення врожаю, добрива є складовим елементом системи аграрного комплексу, що формує продовольчий фонд будь-якої країни. Забезпеченість населення якісним продовольством у необхідній кількості визначає продовольчу безпеку, яка, в свою чергу, впливає на вирішення проблеми голоду у світі. Актуальність цього питання підтверджується проголошенням Організацією об'єднаних націй (ООН) 2016–2025 років – «Десятиліттям дій із проблем харчування».

Застосування добрив, окрім поліпшення поживного режиму ґрунту, може мати деякі негативні наслідки. Речовини, що входять до складу добрив, можуть бути потенційно небезпечними для довкілля, здоров'я людини або умов праці. Дослідження стану безпеки поводження з різними видами добрив є актуальним практичним завданням в умовах сучасних викликів людству.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На теперішній час до пріоритетних напрямів діяльності світового співтовариства відносять досягнення цілей, позначених у резолюції Генеральної Асамблеї ООН «Перетворення нашого світу:

Порядок денний в області сталого розвитку на період до 2030 року», розробленої у 2015 році. Мета цього документу полягає у спрямуванні країн світу на шлях сталого та життєстійкого розвитку за рахунок досягнення балансу між соціальними потребами та економічним розвитком сучасного суспільства при зменшенні негативного впливу на довкілля та здоров'я людини, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

Резолюція визначає 17 Глобальних цілей сталого розвитку, однією з яких є Ціль 2 – Нульовий голод [1]. Значущість цієї проблеми пояснюється тим, що надзвичайний голод і недоїдання мають місце в багатьох країнах світу. Згідно з доповіддю Всесвітньої продовольчої програми ООН станом на середину 2021 року 41 млн осіб у 43 країнах «балансиують на межі голоду», порівняно з 27 млн два роки тому. Недоїдання та серйозна продовольча незабезпеченість зростають в деяких регіонах Африки та Південної Америки [2]. Причиною такого становища є низький рівень продовольчої безпеки окремих країн та конфліктні стани на їх територіях.

Продовольча безпека належить до головних складових національної та економічної безпеки будь-якої країни. Згідно Римської декларації із всесвітньої продовольчої безпеки, прийнятої у 1996 році на Продовольчому саміті ООН, продовольча безпека визначається як «стан економіки, при якому всім і кожному гарантується забезпечення доступу до продуктів харчування, питної води та інших продуктів у якості, асортименті і обсягах, достатніх для фізичного і соціального розвитку особистості, забезпечення здоров'я і відтворення населення країни» [3].

Одним із міжнародних показників, які характеризують рівень забезпеченості країни продоволь-

ством, є Глобальний індекс продовольчої безпеки (Global Food Security Index – GFSI), введений в дію з 2012 року. Цей показник оцінює аспекти доступності, наявності, якості та безпеки продуктів харчування, а також ризик змінності природних ресурсів та їх стійкість у 113 розвинутих країнах світу та тих, що розвиваються. За даними 2020 року Україна займає 54 місце у рейтингу, маючи Глобальний індекс продовольчої безпеки, який дорівнює 63. Рівень продовольчої безпеки деяких країн світу наведено у табл. 1 [4]:

Таблиця 1
Рейтинг країн згідно Глобального індексу продовольчої безпеки за 2020 рік

Місце у рейтингу	Країна	Глобальний індекс продовольчої безпеки
1	Фінляндія	85,3
3	Нідерланди	79,9
4	Австрія	79,4
6	Великобританія	78,5
11	США	77,5
12	Канада	77,2
13	Німеччина	77,0
17	Франція	76,5
23	Білорусь	73,8
25	Польща	73,5
54	Україна	63,0
113	Ємен	35,7

Аналіз даних табл. 1 свідчить про порівняно низький рівень продовольчої безпеки України. Згідно [4] близько 3–5 % громадян нашої країни мають певну ступінь недоїдання. Певною мірою підвищити рівень продовольчої безпеки можливо за рахунок ефективного державного регулювання розвитку агропромислового комплексу та його основи – сільського господарства за умови високого рівня платоспроможності населення.

Головним базисом продовольчого фонду будь-якої країни є земельні ресурси. В Україні сільськогосподарські угіддя займають 42 млн га, що відповідає 70 % загального земельного фонду. За площею чорноземів (28 млн га) наша країна займає четверте місце у світі після Росії, США і Китаю. Згідно розрахунків Україна має потенційну можливість прогодувати понад 600 млн осіб. При цьому частка сільгосппродукції за останні роки складала близько 13 % ВВП країни [5].

Таке становище з земельними ресурсами свідчить про унікальні можливості України з точки зору формування високого рівня продовольчої безпеки як на національному, так і на глобальному рівнях. Але ситуація погіршується через поширення

процесу деградації земель, який розвивається за умов перевищення ступеня техногенного впливу на ґрунти їх здатності до саморегуляції, тобто здатності відновлювати свої властивості, зокрема родючість, без додаткових заходів.

За даними [6] площі деградованих земель в Україні становлять від 6–8 до 10–15 млн га. Щорічно від ерозії втрачається до 500 млн т ґрунту. З продуктами ерозії виноситься близько 11 млн т гумусу та поживних елементів: 0,5 млн т нітрогену, 0,4 млн т фосфору, 0,7 млн т калію [7]. Залежно від ступеня деградаційних процесів врожаї аграрних культур можуть знижуватися до 50 %. Одночасно погіршується якість сільськогосподарської продукції, а отже, з'являється явище прихованого голоду.

Одна з причин розвитку деградації земель полягає у низьких ресурсних вкладеннях, а саме застосуванні низьких доз органічних і мінеральних добрив та хімічних меліорантів, і, як наслідок, утворенні дефіциту біогенних елементів, що знижує родючість ґрунту.

Формулювання мети статті

Мета статті – загальний аналіз ефективності використання добрив у сільському господарстві; визначення рівня безпеки добрив для довкілля, здоров'я людини та умов праці.

Виклад основного матеріалу

Добрива – це сполуки різного походження, які містять у своєму складі певні елементи живлення, необхідні для нормального розвитку рослин. Застосування добрив у сільському господарстві має наступні переваги:

- підсилення мобілізації поживних речовин у ґрунті;
- активізація біохімічних процесів у рослинах протягом всього вегетативного періоду;
- підвищення родючості ґрунтів, завдяки чому врожай сільськогосподарських культур може бути збільшеним в середньому на 40–50 %;
- покращення якості продукції.

Елементи живлення рослин (біогенні елементи) поділяються на:

- макроелементи – нітроген, фосфор, калій;
- мезоелементи – кальцій, магній, сульфур;
- мікроелементи – залізо, манган, бор, цинк, купрум, молібден, хлор.

Макро- і мезоелементи необхідні рослинам в найбільшій кількості, оскільки вони входять до складу білків, нуклеїнових кислот та хлорофілу, а також важливі для фізіологічних процесів дихання та підтримки осмотичного тиску. Мікроелементи є складовими частинами ферментів, які активізують біохімічні процеси, і необхідні рослинам у меншій кількості.

У сучасному агропромисловому комплексі представлена велика різноманітність добрив, які поділяються на такі види: органічні (біодобрива), мінеральні (туки), органо-мінеральні, бактеріальні та мікродобрива. Найбільше розповсюдження мали органічні та мінеральні добрива.

До органічних добрив відносять органічні сполуки тваринного, рослинного, промислового та побутового походження, що володіють різним ступенем розкладання. Серед них виділяють:

- відходи тваринництва (гній великої рогатої худоби, свиней та коней, пташиний послід, сеча тварин);
- відходи переробки рослинної продукції (солома, тирса, кора дерев, сидерати);
- органічні відходи промисловості (дефекат, післяспиртова барда, дегістат біогазових станцій, залишки харчової галузі);
- органічні побутові відходи (залишки продуктів харчування);
- природні утворення (торф, мул тощо).

За даними Державної служби статистики України станом на 2020 рік внесення органічних добрив скоротилося майже в 23 рази порівняно з 1990 роком, про що свідчать показники, наведені у табл. 2.

Таблиця 2
Динаміка внесення органічних добрив в Україні за період 1990–2020 рр.

Роки	Загальний обсяг внесених органічних добрив, млн т	Частка площ, оброблених органічними добривами, до загальної площі сільськогосподарських угідь, %
1990	260,7	13,1
1996	81,3	4,5
2000	28,9	1,7
2005	13,4	1,2
2010	9,9	1,0
2015	9,7	1,0
2020	11,4	2,4

Сучасний стан застосування органічних добрив пов'язаний із зменшенням поголів'я у тваринництві та нераціональним поводженням із залишками рослинництва за рахунок їх спалювання [7].

Під час внесення у ґрунт органічні добрива розкладаються з утворенням комплексу мінеральних поживних речовин, які добре засвоюються рослинами. Перевага використання органічних добрив, полягає в тому, що вони порівняно дешеві, покращують структуру і аерацію ґрунту, збільшують його здатність утримувати воду та стимулюють

здоровий розвиток коренів за рахунок діяльності бактерій та мікроорганізмів у ґрунті [8].

Зазначимо, що цей вид добрив також має певні недоліки, які повинні бути враховані під час їх застосування у землеробстві. По-перше, органічні добрива містять меншу кількість поживних елементів на одиницю маси продукту порівняно з мінеральними. По-друге, сільськогосподарські відходи у своєму складі можуть містити різну кількість інфекційних і токсичних хімічних агентів, які негативно впливатимуть на довкілля та здоров'я людини [9]. До таких небезпечних агентів відносять:

- збудників хвороб тварин бактеріального, вірусного та паразитарного походження;
- антибіотики та стероїдні гормони, які застосовуються для лікування, профілактики та збільшення маси худоби та птиці;
- пестициди, якими було оброблено культурні рослини.

Негативні наслідки застосування органічних добрив для довкілля, пов'язані з тим, що антибіотики та інші хімічні речовини, які потрапляють до ґрунту, підвищують ймовірність появи стійких та мультирезистентних штамів мікроорганізмів, що, в свою чергу, порушує екологічний баланс ґрунту та погіршує його якість. Крім того, небезпечні речовини можуть вимиватися атмосферними опадами із ґрунту і потрапляти до водойм, негативно впливаючи на живі організми та природні процеси, які в ньому протікають.

Для людини небезпека застосування органічних добрив потенційно полягає у потрапленні небезпечних біологічних і хімічних агентів до організму через харчові ланцюги. Так, збудники хвороб тварин можуть призводити до виникнення харчових епідемій. Антибіотики мають токсичну дію на клітини і тканини людини, можуть викликати алергічні реакції, зміну нормальної мікрофлори кишківника, а також сприяти виробленню резистентності організму людини до їх дії, що буде ускладнювати процес лікування у майбутньому у разі виникнення хвороби. Гормональні препарати впливають на ліпідний обмін, статеві гормони та функцію щитовидної залози, що може порушувати роботу різних органів і систем людини. Пестициди, які є високотоксичними речовинами, можуть накопичуватися в організмі (переважно в печінці та нирках), призводити до розвитку багатьох хронічних захворювань і гострих отруєнь, а також до збільшення кількості вроджених аномалій розвитку і дитячої смертності. У зв'язку з усім вище сказаним, ВООЗ застерігає про небезпеку використання сільськогосподарських відходів як органічних добрив [9].

До другого виду найбільш розповсюджених добрив відносять мінеральні – штучно синтезовані хімічні сполуки, які потрібні для збереження

балансу неорганічних сполук у ґрунті. За основними поживними елементами у своєму складі розрізняють наступні мінеральні добрива:

- нітрогенні (амоній нітрат, натрій нітрат, кальцій нітрат, амоній сульфат, карбамід, амоніак безводний (рідинний), амоніак водний технічний, карбамідно-аміачна суміш (КАС));
- фосфорні (фосфоритне борошно, простий і подвійний суперфосфат, преципітат);
- калійні (калій хлорид, калій сульфат);
- комплексні добрива, які містять відразу кілька основних і другорядних необхідних для росли елементів (нітроаміофоска, калімагnezія, калію нітрат тощо).

Мінеральні добрива виробляють у промислових умовах, де відбувається перетворення природної сировини на необхідні рослинам поживні речовини у більш доступній для них формі [10].

Джерелом нітрогену (N) є атмосферне повітря, з якого шляхом синтезу отримують нітратну (NO_3^-), амонійну (NH_4^+) та амідну (NH_2^{2+}) форми нітрогену. Цей елемент є невід'ємною складовою протеїнів, хлорофілу, ферментів та інших компонентів, необхідних для росту і розвитку пагонів та листя рослин.

Фосфор (P) у засвоюваній для рослин формі ортофосфатів (H_2PO_4^- або HPO_4^{2-}) виробляють з фосфоровмісних руд (апатитів і фосфоритів). Він входить до складу нуклеїнових кислот і ліпідів, бере участь в енергетичному обміні, процесах обміну речовин, ділення і розмноження. Особливо велика роль цього елемента в вуглеводному обміні, в процесах фотосинтезу, дихання і бродіння. Саме фосфор сприяє цвітінню, формуванню насіння та міцних коренів.

Калій (K) виступає «елементом якості», оскільки забезпечує гарний вигляд плодів ягід, овочів і фруктів, покращує їх текстуру, збільшує вміст вітамінів, крохмалю, цукрів та інших цінних компонентів. Цей елемент також регулює водний режим, формує імунітет рослин, підвищуючи їх стійкість до морозів, посух, шкідників і хвороб. Рослини поглинають калій із ґрунту у вигляді іону K^+ , який у такій формі отримують шляхом перероблення калійних руд (сильвіну і карналіту).

Досвід розвитку аграрного виробництва у світі свідчить про те, що 30–40 % приросту сільськогосподарської продукції одержують за рахунок використання саме мінеральних добрив. Згідно даних Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (англ. Food and Agriculture Organization, FAO), фактичний рівень внесення мінеральних добрив в Україні значно нижчий (49 кг д. р./га) порівняно з розвиненими країнами світу, та не відповідає науково обґрунтованому співвідношенню поживних елементів N : P : K (1,0:0,8:0,7). А це, в

свою чергу, призводить до поступового виснаження ґрунтів [11].

Данні Державної служби статистики України щодо використання мінеральних добрив в Україні протягом останніх десятиліть наведені у табл. 3:

Таблиця 3
Динаміка внесення мінеральних добрив в Україні за період 1990–2020 рр.

Роки	Загальний обсяг внесених мінеральних добрив, млн т	Частка площ, оброблених мінеральними добривами, до загальної площі сільськогосподарських угідь, %
1990	4 414,2	62,9
1996	529,9	19,6
2000	281,9	11,2
2005	560,5	18,7
2010	1 064,2	30,5
2015	1 415,0	34,9
2020	2 779,7	39,5

Зменшення обсягів внесення мінеральних добрив майже у 1,5 рази протягом досліджуваного періоду пояснюється припиненням дії програм підвищення родючості ґрунтів, диспаритетом цін на сільськогосподарську продукцію та високими темпами зростання вартості туків [11].

Головною перевагою мінеральних добрив порівняно з органічними є більш високий вміст поживних елементів в одиниці маси продукту і можливість цільового їх використання на ґрунтах певної якості. Таким чином, екологічна роль цього виду добрив полягає у підтриманні колообігу біогенних елементів в біосфері, оскільки саме завдяки мінеральним добривам у ґрунт надходять необхідні елементи живлення рослин в достатній кількості, а також в процес формування врожаю залучаються запаси атмосферного азоту, поклади апатиту і фосфориту, відклади калійних солей. Причому елементи живлення мінеральних добрив, які введено у колообіг речовин у землеробстві, потім використовуються багаторазово.

Під час використання органічних добрив у ґрунт повторно повертаються лише ті поживні елементи, які вже були використані рослинами для формування врожаю. Таке відшкодування неповне через те, що з органічними відходами до ґрунту не повертаються речовини, які увійшли до складу товарної продукції і вивезені за межі господарства. Але це не зменшує значення органічних добрив для аграрного сектору. Згідно сталого землеробства у разі нестачі мінеральних добрив обов'язкове

використання органічних залишків, які сприятимуть підвищенню вмісту поживних елементів і, особливо, гумусу у ґрунті. Цього принципу необхідно дотримуватися незалежно від ґрунтово-кліматичних умов і спеціалізації сільського господарства [12].

Окрім позитивного впливу на аграрне виробництво мінеральні добрива можуть мати і певні небезпечні наслідки свого застосування для довкілля та людини. Розглядаючи питання безпеки, необхідно враховувати увесь життєвий цикл туків з урахуванням стадій їх виробництва, зберігання, транспортування і безпосереднього внесення в ґрунт.

Технологія виробництва практично будь-якого різновиду мінеральних добрив має суттєве техногенне навантаження на довкілля і тісно пов'язана з виникненням і розвитком екологічних проблем, що мають глобальний характер. До найбільш значних проблем виробництва туків можна віднести [13]:

1. Високі ресурсні витрати:

- для виготовлення 1 т нітрогенних добрив (у перерахунку на N) використовують до 750 м³ природного газу;

- для 1 т фосфорних добрив (у перерахунку на P₂O₅) потрібно 2,6–3,5 т фосфорної сировини;

- для одержання 1 т калійних добрив (у перерахунку на K₂O) необхідно до 10,5 т калійних солей;

- високі витрати вугілля, нафти і природного газу для задоволення енергетичних і транспортних потреб виробництва.

2. Забруднення атмосферного повітря метаном CH₄ під час видобутку і транспортування природного газу.

3. Руйнування літосфери, перетворення ландшафтів, забруднення ґрунтових вод у результаті видобутку сировини шахтним методом.

4. Утворення великої кількості твердих промислових відходів через низький ступінь переробки хімічної сировини, які є потенційним джерелом забруднення довкілля:

- сполуками фтору, важкими металами і радіоактивними елементами у виробництві фосфорних добрив;

- важкими металами у виробництві калійних добрив.

5. Утворення небезпечних газоподібних сполук, які забруднюють атмосферне повітря:

- NH₃, NO, NO₂, N₂O у виробництві нітрогенних добрив;

- CO, CO₂, NO_x, SO₂ у виробництві туків при спалювання різних типів палива для задоволення енергетичних потреб, а також під час використання дизельного палива для транспортних цілей.

Газові викиди виробництва різних видів мінеральних добрив сприяють формуванню

глобальних екологічних проблем: зміні клімату (CO₂, CH₄, N₂O), руйнуванню озонового шару (NO), кислотним дощам (NH₃, NO_x, SO₂) [14, 15].

До головних причин небезпеки для довкілля і людини безпосереднього застосування мінеральних добрив, можна віднести:

- низький рівень засвоюваності поживних елементів рослинами, який для нітрогенних і калійних добрив становить 50–60 %, а для фосфорних – 10–25 %;

- недосконалі фізико-хімічні, механічні та товарні властивості туків;

- систематичне внесення високих норм мінеральних добрив у ґрунт;

- порушення режиму зберігання і транспортування продукту;

- низький рівень агротехніки мінеральних добрив, що пов'язано зі строками, способами, глибиною внесення у ґрунт тощо.

Усе вище перелічене сприяє формуванню негативного впливу різних видів мінеральних добрив на довкілля, який полягають у наступному:

- 1) зміні складу та властивостей ґрунту;

- 2) порушенні природних циклів колообігу біогенних елементів у біосфері;

- 3) забрудненні ґрунту токсикантами (нітратами, важкими металами, галогенами та радіонуклідами);

- 4) забрудненні підземних і поверхневих вод, а також атмосферного повітря хімічними елементами та сполуками;

- 5) зниженні якості сільськогосподарської продукції (складу органічних речовин, зольних елементів, накопиченні токсичних речовин, погіршенні смакових якостей).

Значним агроекологічним наслідком тривалого застосування мінеральних добрив є зміна агрохімічних, а саме кислотно-основних властивостей удобрюваних ґрунтів. Деякі мінеральні добрива є фізіологічно кислими, що сприяє підкисленню ґрунтів та зниженню величини показника рН ґрунтового розчину. Підвищення кислотності ґрунту активізує рухомість біогенів і токсикантів, сприяє їх переходу у рослини та міграції за профілем ґрунту, істотно змінюючи біогеохімічний колообіг речовин [16].

Через зниження рН ґрунту збільшується рухливість деяких мікроелементів, які активно залучаються до геохімічної міграції. Це веде до виникнення в орному шарі дефіциту бору, цинку, купруму, мангану. Обмежене надходження мікроелементів у рослини знижує активність їх ферментних систем, а отже, негативно впливає на процеси фотосинтезу рослин, знижує їх стійкість до захворювань і несприятливих природних умов (недостатнього і надмірного зволоження, високих і

низьких температур). В цьому випадку погіршується якість і обсяги сільськогосподарської продукції.

Змінюючи кислотність ґрунтового розчину, мінеральні добрива призводять до підвищення рухомості також токсичних елементів (свинцю, кадмію, ртуті), сприяючи їх переходу і накопиченню у рослинах. Наприклад, зниження рН ґрунтового розчину з 6,5 до 4,0 підвищує забруднення рослин небезпечними речовинами з 4 до 20 разів, що робить аграрну продукцію шкідливою для здоров'я людини.

Крім того, підкислення ґрунту негативно впливає на функціонування ґрунтових екосистем. Через зміну реакції ґрунтового середовища погіршується ферментативна та мікробіологічна активність, ефективність процесу утворення гумусних сполук, інтенсивність процесів ґрунтоутворення тощо [17]. Все це поступово призводить до зниження родючості ґрунтів.

Інтенсивне і нераціональне використання мінеральних добрив може сприяти забрудненню ґрунту, води та атмосферного повітря. Кожен вид туків характеризується відповідною небезпекою впливу на довкілля. Це обумовлено складом і фізико-хімічними властивостями, конкретного мінерального добрива. Серед технічних причин забруднення треба зазначити недосконалість технології транспортування, зберігання, змішування та внесення добрив. Причому, масштабність забруднення буде залежати від типу ґрунту, місцевого клімату та способів ведення сільського господарства.

Головна проблема застосування нітрогенних добрив полягає у накопиченні у ґрунті значної кількості нітратів. Це може відбуватися двома шляхами: по-перше, за рахунок внесення безпосередньо нітратних форм добрив, по-друге, завдяки діяльності нітрофікуючих мікроорганізмів ґрунту, які здатні за 2–3 дні перетворити амонійну і амідну форму добрива у нітратну. Через низьку засвоюваність добрив під дією поливу та атмосферних опадів відбувається легке вимивання нітратів з ґрунту. Висока рухомість нітратів сприяє їх потраплянню через кореневу систему до культурних рослин. Таким чином, з'являється небезпека вторинного забруднення нітратами продуктів рослинництва (продовольства та кормів для тварин), підземних водоносних горизонтів (питної води) та відкритих водойм [18].

Безпосереднє підвищення концентрації нітратів у глибинних шарах ґрунту негативно впливає на діяльність ґрунтової мікробіоти, що, в свою чергу, гальмує процеси ґрунтоутворення. З цієї причини ґрунти виснажуються, втрачаючи свої цінні властивості.

За харчовими ланцюгами значна кількість нітратів може потрапляти до продуктів харчування і

питної води, а отже, негативно впливати на людину. Шкідливими для здоров'я є не самі нітрати, а нітрити, вторинні аміни і нітрозаміни, які утворюються в органах травлення людини і тварин, а також при тривалому зберіганні рослинницької продукції. Основна небезпека надходження нітратів в організм людини пов'язана з виникненням метаболізму (порушення процесу перенесення кисню), канцерогенних новоутворень, імунодепресивної дії, а також зниженням резистентності організму до впливу канцерогенних і мутагенних агентів [19].

Через неправильне внесення нітрогенних добрив або накопичення великої кількості нітратів у ґрунті можуть протікати процеси денітрифікації. Це зворотній процес нітрифікації, при якому анаеробні мікроорганізми в умовах недостатньої аерації ґрунту відновлюють нітрати до оксидів нітрогену та молекулярного азоту. Особлива небезпека денітрифікації полягає не тільки у втраті поживного елементу – нітрогену, але й у забрудненні атмосфери її продуктами – NO_2 , NO , N_2O .

Також необхідно відмітити, що під час процесу гідролізу у ґрунті молекули нітрогенвмісного добрива – карбаміду $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ утворюється CO_2 , який потрапляє до атмосферного повітря.

Особливість фосфорних добрив полягає в тому, що ортофосфати є малорухоми у ґрунті та майже не вимиваються (близько 2 % від загальної маси). Внаслідок низької рухомості вони слабо мігрують профілем ґрунту і не потрапляють до підґрунтових вод. Однак, при інтенсивних ерозійних процесах сполуки фосфору втрачаються із ґрунту з твердим стоком, через що виникає небезпека забруднення водойм. Треба відмітити, що забруднення рослинницької продукції безпосередньо фосфатами не відбувається, оскільки рослини засвоюють цей поживний елемент лише у той кількості, яка необхідна для їх розвитку. Але при надмірному і тривалому використанні фосфорних добрив відбувається їх накопичення у ґрунті. Високий вміст фосфору може спричинити дефіцит у ґрунті мікроелементів – цинку та заліза, які, в цьому випадку, стають недоступними для рослин, що пригнічує їх загальний стан. Крім того, надлишок фосфорних сполук негативно впливає на функціонування ґрунтової мікробіоти, тим самим уповільнюючи процеси самоочищення ґрунту.

Головна небезпека використання фосфорних добрив пов'язана з наявністю в їх складі низки токсикантів: фторвмісних сполук, стронцію, селену, миш'яку, свинцю, кадмію, природних радіонуклідів (урану, торію). Тому, у разі перевищення обґрунтованих норм витрат цього виду туків, зазначені речовини можуть забруднювати ґрунт. Звідки завдяки процесам міграції та транслокації токсиканти можуть надходити до поверхневих та

підземних (в першу чергу, ґрунтових) вод та рослинницької продукції [20].

Накопичення великої кількості фтору у ґрунті негативно впливає на активність ґрунтової мікробіоти, що, в свою чергу, погіршує якість самого ґрунту. Поглинання фтору рослинами пригнічує дію ферментів в останніх, гальмує процес фотосинтезу та порушує білковий обмін. Забруднення фтором кормових рослин може негативно впливати на продуктивність сільськогосподарських тварин. Токсичність дії фтору на організм людини обумовлена порушенням обміну речовин, впливом на синтез гормонів щитовидної залози, виникненням флюорозу, порушенням мінералізації кісткової тканини та органів кровотворення [21].

Потрапляння сполук нітрогену та фосфору до поверхневих вод призводить до протікання в них антропогенної евтрофікація – збільшення біопродуктивності водойми через присутність біогенних елементів. Процес характеризується посиленням розвитком фітопланктону, водоростей, прибережних заростей тощо. У глибинній зоні накопичуються гідроген сульфід, амоніак, порушуються окислювально-відновні процеси, через що виникає дефіцит кисню. Це викликає загибель цінних сортів риби і рослинних організмів. Після відмирання водорості поповнюють водоймище значною кількістю нітрогенвмісних речовин, у тому числі й біологічно активними амінами. Ці речовини при взаємодії з нітратами утворюють висококанцерогенні нітрозаміни. Вода стає непридатною для пиття і купання. Водойма у такому стані втрачає своє біогеоценологічне і господарське значення [22].

Калій, який входить до складу калійних добрив, характеризується дуже повільною міграцією за профілем ґрунту, не чинить шкідливого впливу на ґрунтовий біоценоз та не знижує здатність ґрунтів до самоочищення. Але негативний вплив на довкілля чинять баластні речовини і токсичні домішки, що містяться у цьому виді туків. При систематичному застосуванні підвищених доз хлоридних калійних добрив у ґрунті накопичується значна кількість іонів хлору, які призводять до штучного засолення ґрунтів сільськогосподарських угідь. Підвищення концентрації Cl^- порушує баланс мезоелементів Ca^{2+} та Mg^{2+} , витісняючи їх з ґрунтового комплексу та посилюючи міграцію за профілем ґрунту. Накопичення значної кількості іонів хлору у ґрунті пригнічує процес нітрифікації. Крім того, хлор діє як конкурентний іон по відношенню до нітрат-іону, що знижує засвоюваність останнього рослинами [23].

Метали, що містяться у калійних добривах (кадмій, ртуть, свинець), через нераціональне використання останніх можуть накопичуватися у ґрунті, а потім шляхом міграції потрапляти до живих

організмів, проникати у ґрунті та поверхневі води тощо [14].

Потрібно сказати, що фосфорні та калійні добрива не є істотним джерелом важких металів, і під час їхнього застосування не відбувається істотного підвищення вмісту цих речовин у ґрунті. Проте, на відміну від інших хімічних сполук важкі метали не підлягають процесам деструкції, отже, кількість їх з часом у довкіллі збільшується. Висока біокумуляція цих речовин у ланцюгах екосистем пояснюється тим, що частина металів, які за хімічними властивостями належать до важких, є біогенними мікроелементами. Встановлено, що залежно від ґрунтових умов, сільськогосподарські культури відчувають потребу в певних мікроелементах, серед яких купрум, цинк, манган. Іноді, внаслідок низки чинників, у ґрунті виникає дефіцит того чи іншого мікроелемента, і тоді до рослинних організмів можуть надходити важкі метали, які, включаючись до біологічних циклів, порушують життєдіяльність агроценозу. Важкі метали гальмують поглинання інших необхідних поживних елементів, що змінює майже всі фізіологічні процеси рослин, включаючи функції мембран і обмінні процеси, фотосинтез, ферментну систему, водний режим тощо. Постійне пригнічення росту та розвитку рослин в кінцевому підсумку призводить до втрат врожаю та зниженню його якості [16].

Забруднення ґрунту важкими металами веде до накопичення їх в рослинах, через які токсиканти можуть потрапити до продуктів харчування людини або кормів сільськогосподарських тварин. Деякі з цих важких металів, такі як мідь, кобальт, залізо, нікель, магній, молібден, хром, селен, марганець і цинк, є основними поживними речовинами, які необхідні для різних фізіологічних та біохімічних функцій організму і можуть призвести до дефіцитних захворювань або синдромів, якщо людина буде отримувати їх в недостатній кількості, але у великих дозах вони можуть викликати гостру або хронічну токсичність. Однак, такі важкі метали, як кадмій, ртуть, свинець, хром, срібло та миш'як, навіть у невеликих кількостях проявляють токсичну дію на організм людини. Вони викликають нейротоксичність, генерують вільні радикали, сприяють окислювальному стресу ліпідів, білків і молекул ДНК, поширюють канцерогенез [24].

Локальний негативний вплив мінеральних добрив може також проявлятися під час їх транспортування, зберігання та підготовки до внесення в ґрунт. Туки виробляють і використовують у вигляді порошків, гранул, дрібнокристалічних речовин та рідин. Під час роботи з ними агрегатний стан добрив не змінюється, однак частина поживних речовин і окремі баластні домішки можуть потрапляти у повітря робочої зони у вигляді пилу, парів та

газоподібних речовин. Концентрація забруднювачів у повітрі робочої зони залежить від виду робіт, рівня механізації виробничого процесу, агрегатного стану добрив та повноти дотримання санітарних норм.

Одним з найбільш небезпечних явищ під час робочих операцій у сільському господарстві є утворення пилу. Так, концентрація пилу за різних умов може становити [25]:

- під час роботи у складських приміщеннях з гранульованими формами добрив – від 23,0 до 58,0 мг / м³, порошкоподібними формами – від 85,0 до 370,0 мг / м³;

- під час розвантаження / завантаження вагонів гранульованих добрив – від 280 до 390 мг / м³, порошкоподібних – від 2500 до 4600 мг / м³;

- під час підготовки тукосумішей в польових умовах (на площадці причепа) – від 4,0 до 12 мг / м³.

Ґрунтовий пил площ, на яких вносились мінеральні добрива, містить в 1,8–2,5 рази більше елементів нітрогену, фосфору та калію, а також більш високий вміст ртуті, свинцю, кадмію, марганцю, ніж нативний. Вміст у пилу шкідливих домішок мінеральних добрив (важких металів, фтору тощо) та продуктів їх трансформації залежить, в першу чергу, від типу ґрунту та асортименту і обсягів внесення мінеральних добрив. Так, пил чорноземного ґрунту на відміну від інших акумулює більшу кількість елементів, які входять до складу туків.

Пил і газоподібні речовини мінеральних добрив при надходженні в організм людини можуть бути шкідливими для здоров'я: впливати на роботу серцево-судинної та травної систем, викликати захворювання верхніх дихальних шляхів у вигляді катаральних запалень слизової носа, гортані та легень, подразнювати слизові оболонки очей та шкіру тощо.

Треба звернути увагу на те, що за певних умов мінеральні добрива можуть бути вибухо- та пожежонебезпечними. За ступенем пожежної небезпеки хімічні сполуки, які застосовуються у сільському господарстві, розділяються на наступні групи [26]:

1) вибухонебезпечні – речовини, які здатні вибухати або детонувати без участі кисню повітря. Вони можуть вибухати під час різкого нагрівання в умовах пожежі та під дією детонації – вибуху іншої вибухової речовини. До цієї ж групи можна віднести і сильні окиснювачі, які у чистому вигляді не вибухають, але при наявності в них диспергованих горючих домішок стають вибухонебезпечними при нагріванні та ударі. Також окиснювачі можуть викликати самозаймання інших горючих речовин при спільному їх зберіганні та транспортуванні. До вибухонебезпечних речовин, насамперед, відносять

нітратні форми туків – селітри: амоній нітрат, натрій нітрат, калій нітрат;

2) легкозаймісті – речовини або їх суміші, які здатні займатися від короткочасної дії джерела запалювання з низькою енергією (іскри, розжарених тіл тощо). Представниками цієї групи є леткі газоподібні або рідинні сполуки з низькою температурою спалаху (зазвичай нижче 20–25 °С). Вони здатні самозайматися при змішуванні з окиснювачами. До таких речовин належить амоніак безводний (рідинний);

3) горючі – речовини, які здатні до самостійного горіння після видалення джерела запалювання. Серед мінеральних добрив таких речовин немає.

4) важкогорючі – речовини, які здатні горіти тільки під дією джерела запалювання (наприклад, в умовах пожежі), але не здатні до самостійного горіння після його видалення. Під час їх змішування з речовинами 1-ї групи ці сполуки здатні інтенсивно горіти і при певних умовах вибухати. До таких сполук відносять амоніак водний технічний;

5) негорючі – речовини, які не здатні до горіння. Під час їх змішування з речовинами-окиснювачами 1-ї групи утворюються суміші, схильні при певних умовах до розігріву і саморозкладання, які чутливі до удару, тертя і нагрівання. Така суміш при контактуванні з речовинами 2-ї, 3-ї і 4-ї груп може привести до їх самозаймання. До негорючих сполук належать калій хлорид, калій сульфат, амоній сульфат, суперфосфат тощо.

Найбільш розповсюдженим мінеральним добривом, поводження з яким потребує дотримання певних правил безпеки, є амоній нітрат або амонійна селітра, у загальному обсязі застосування нітрогенних добрив частка якої становить близько 50 % [27]. Чистий амоній нітрат при звичайних температурі і тиску навколишнього середовища не чутливий до ударів або тертя, але за певних умов проявляє вибухові властивості. Це відбувається під дією детонатора або термічного розкладання солі у замкнутому просторі. Аміачна селітра при підвищених температурах (170–300 °С) схильна до термічного розкладання, яке за відсутності умов для відводу тепла і розсіювання продуктів, що утворилися (оксидів нітрогену і кисню), може привести до вибуху.

Особливо небезпечним є транспортування і зберігання амоній нітрату, оскільки органічні речовини при контакті з ним змінюють свої пожежонебезпечні властивості: температура займання горючих матеріалів істотно знижується. Такі горючі речовини, як тирса, вугілля, солома, папір, торф, мішкотара, джут тощо, просочені аміачною

селітрою, загоряються навіть при незначному тепловому імпульсі. Зазвичай пожежі на складах мінеральних добрив виникають в результаті самозаймання органічних домішок у добриві і дерев'яних конструкціях будівель, через необережне поводження з вогнем, паління, від іскор автомобілів, тракторів, автонавантажувачів, іскор механічного походження, несправність електрообладнання тощо.

Вибухонебезпечність NH_4NO_3 зростає у присутності мінеральних кислот і матеріалів, які легко окиснюються, та домішок металів (алюмінію, хрому, міді, кобальту, хрому), що виступають каталізаторами процесу розкладання. Небезпека вибуху амоній нітрату зменшується при підвищенні вологості солі. При вмісті води більше 3 мас. % аміачна селітра не вибухає навіть при вибуху детонатора. Ця речовина стає термічно більш стійкою при додаванні до неї до 0,3 мас. % карбаміду, який виступає інгібітором її розкладання.

Слід зазначити, що багаторічна практика поводження з мінеральними добривами показала, що суворе дотримання певних умов зберігання, перевезення та обігу виключає можливість їх займання та вибуху.

Висновки

Проведений всебічний аналіз свідчить, що на всіх етапах поводження з різними видами добрив під час їх виробництва, транспортування, зберігання та застосування виникає ризик впливу шкідливих і небезпечних факторів на здоров'я людини та середовище її життєдіяльності. Інтенсивне, тривале та науково необгрунтоване застосування добрив може призвести не тільки до їх накопичення у ґрунті, але і до формування джерела надходження в рослини, ґрунтові та поверхневі води, повітря токсичних домішок та продуктів їх трансформації в кількостях, значно вищих гігієнічних нормативів. Існуючі фактори ризику необхідно враховувати під час розроблення системи мінерального та органічного удобрення, обрання тієї чи іншої форми добрив, нормативів і способів їх внесення на певному типі ґрунту задля створення передумов для максимально безпечного регулювання поживного режиму ґрунту без погіршення екологічного стану довкілля.

Одним з найбільш діючих способів оптимізації удобрення ґрунту і підвищення врожайності сільськогосподарських культур є впровадження стратегія 4-R, яка полягає в наступному:

- Right amount (внесення оптимальних норм добрив) – обрання оптимальної норми мінеральних добрив та збалансованість елементів живлення відповідно до потреб кожної окремої рослини;
- Right time (внесення добрив у оптимальні строки) – обрання оптимального періоду засто-

сування різних видів добрив з метою попередження їх вимивання;

- Right nutrients (оптимальна форма та вид добрив) – обрання оптимальної форми добрив у відповідності з властивостями ґрунту і погоднокліматичними умовами;

- Right place (оптимальний спосіб внесення добрив) – локальне розміщення добрив у ґрунті, що підвищує їх доступність для рослин та мінімізує втрату у довкіллі.

Задля зменшення забруднення довкілля і продуктів харчування токсичними речовинами, небезпечними для здоров'я тварин і людини, потрібно впроваджувати виробництво безбаластних високоєфективних концентрованих простих і складних добрив із вмістом поживних елементів 70–98 мас. %. Крім того, знизити ризик пожежонебезпеки і негативного впливу мінеральних добрив на працюючих і населення взагалі дозволять наступні профілактичні заходи:

- дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці під час роботи з добривами;
- застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих;
- суворе дотримання кратності удобрення посівів;
- внесення добрив на достатній відстані від населених пунктів, скотарень, водойм при дозволених швидкостях вітру;
- витримування термінів останнього удобрення рослин до збору врожаю;
- застосування лише вивчених, дозволених препаратів.

Література

1. *The SDGS in action*. UNDP. Retrieved from <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
2. *Famine knocking at the door of 41 million worldwide*. UN News. Retrieved from <https://news.un.org/en/story/2021/06/1094472> 22.06.2021.
3. *Rome Declaration on World Food Security*. World Food Summit, 13–17 November, 1996, Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>
4. *The Global Food Security Index*. Retrieved from <https://foodsecurityindex.eiu.com>
5. Данкевич, В. Українські чорноземи, продовольча безпека і неефективність [Електронний ресурс] / Економічна правда. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/08/10/663845/> 10.08.2020 р.
6. Балюк, С.А. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня / С.А. Балюк, Л.І. Воротинцева, В.В. Шимель // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 8(95). – С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>
7. Ходаковская, О.В. Еколого-економічні аспекти відтворення родючості ґрунтів / О.В. Ходаковская, С.Г. Корчинская, А.П. Матвиенко // Землеробство. – 2017. – Вип. 1. – С. 16–21.

8. Assefa, S. (2019). *The Principal Role of Organic Fertilizer on Soil Properties and Agricultural Productivity – A Review*. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 22(2): 556192. DOI: <http://dx.doi.org/10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192>
9. Adegoke, A. A., Awolusi, O., & Stenström, T. A. (2016). *Organic Fertilizers: Public Health Intricacies*. *Organic Fertilizers – From Basic Concepts to Applied Outcomes*, 342–374. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/64195>
10. *Forecast of food, farming and fertilizer use in the European Union 2019-2029*. (2019). *Fertilizers Europe*. Retrieved from <https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2019/12/Forecast-of-food-farming-and-fertilizer-use-in-the-European-Union.pdf>
11. Березюк, С.В. Сучасні економіко-екологічні аспекти застосування добрив у рослинництві / С.В. Березюк, І.В. Зубар // *Економіка АПК*. – 2019. – № 10. – С. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201910034>
12. Kurzemann, F., Plieger, U., Probst, M., Spiegel, H., Sandén, T., Ros, M., & Insam, H. *Long-term effect of organic amendments, mineral fertilizers and combinations thereof, on plant yield, soil physic-chemical and microbiological properties*. *EGU General Assembly 2021*, 19–30 April, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8182>
13. Hasler, K. (2017). *Environmental impact of mineral fertilizers: possible improvements through the adoption of eco-innovations*. Wageningen: Wageningen University. DOI: <https://doi.org/10.18174/422865>
14. Savci, S. (2012). *An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer*. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3, 73–80. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.191>
15. Михайлова, Є.О. Викиди парникових газів в Україні та світі : збірник наукових статей та матеріалів VIII-ї міжнародної науково-методичної конференції та 115-ї міжнародної конференції EAS, 8–9 грудня, 2016 р., Харків – Харків, ГО«СФБЖДЛ», 2016. – 645 с.
16. Корсун, С.Г. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни : монографія / С.Г. Корсун, І.І. Клименко. – Вінниця: ТОВ «ТВОРН», 2018. – 212 с.
17. Доценко, О.В. Гумусний стан чорнозему типового під впливом тривалого внесення добрив / О.В. Доценко // *Вісник аграрної науки*. – 2012. – № 12. – С. 75–76.
18. *Забруднення ґрунтового середовища мінеральними добривами та шляхи вирішення : матеріали міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2018, 28 лютого–3 березня 2018 р., Львів-Славське*. – Львів : Панорама, 2018. – 343 с.
19. Bryan, N. S., & Grinsven, H. (2013). *The Role of Nitrate in Human Health*. *Advances in Agronomy*, 119, 153–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407247-3.00003-2>
20. Tirado, R. & Allsopp, M. (2012). *Phosphorus in agriculture Problems and solutions*. *Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review)*. Retrieved from <https://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2012/06/tirado-and-allsopp-2012-phosphorus-in-agriculture-technical-report-02-2012.pdf>
21. Назаренко, Е.А. Оцінка екологічної безпеки сільськогосподарських культур при підвищеному вмісті фторидів у ґрунтах Полтавської області / Е.А. Назаренко, Ю.Б. Нікозять, О.Д. Іващенко // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2015. – Bun. 2(91). – С. 159–164.
22. Ngatia, L., Grace III, J. M., Moriasi, D. & Taylor, R. (2019). *Nitrogen and phosphorus eutrophication in marine ecosystems. Monitoring of marine pollution*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81869>
23. Khan, S.A., Mulvaney, R.L. & Ellsworth, T.R. (2014). *The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health*. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29, 3–27. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170513000318>
24. Engwa, G.A., Ferdinand, P.U., Nwalo, F.N., & Unachukwu, M.N. (2019). *Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. Poisoning in the Modern World – New Tricks for an Old Dog?* DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>
25. Проданчук, М.Г. Гігієнічні аспекти та нормативно-правове забезпечення державного санітарно-епідеміологічного нагляду при транспортуванні, зберіганні та застосуванні мінеральних добрив / М.Г. Проданчук, В.І. Великий, І.В. Мудрий, І.В. Лепьошкін // *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. – 2007. – № 1. – С. 4–8.
26. Демидов, П.Г. *Горение и свойства горючих веществ / П.Г. Демидов, В.А. Шандыба, П.П. Щеглов*. – Москва : Химия, 1981. – 272 с.
27. *Chemical Advisory: Safe Storage, Handling, and Management of Ammonium Nitrate*. (2013). Retrieved from <https://rib.msb.se/Files/pdf/27206.pdf>

References

1. The SDGS in action. UNDP. Retrieved from <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
2. Famine knocking at the door of 41 million worldwide. *UN News*. Retrieved from <https://news.un.org/en/story/2021/06/1094472> 22.06.2021
3. Rome Declaration on World Food Security. *World Food Summit, 13–17 November, 1996, Rome*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>
4. The Global Food Security Index. Retrieved from <https://foodsecurityindex.eiu.com>
5. Dankevych, V. (2020). *Ukrainian chernozems, food safety and inefficiency*. *Economic Truth*. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/08/10/663845/>
6. Balyuk, S.A., Vorotintseva, L.I. & Shimel, V.V. (2017). *Modern problems of soil degradation and measures to achieve its neutral level*. *Bulletin of Agricultural Science*, 8(95), 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk201708-01>
7. Khodakovskaya, O.V., Korchinskaya, S.G. & Matvienko, A.P. (2017). *Ecological and economic aspects of soil fertility reproduction*. *Agriculture*, 1, 16–21.
8. Assefa, S. (2019). *The Principal Role of Organic Fertilizer on Soil Properties and Agricultural Productivity – A Review*. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 22(2): 556192. DOI: <http://dx.doi.org/10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192>
9. Adegoke, A. A., Awolusi, O., & Stenström, T. A. (2016). *Organic Fertilizers: Public Health Intricacies*. *Organic Fertilizers – From Basic Concepts to Applied Outcomes*, 342–374. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/64195>
10. *Forecast of food, farming and fertilizer use in the European Union 2019-2029*. (2019). *Fertilizers Europe*.

Retrieved from <https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2019/12/Forecast-of-food-farming-and-fertilizer-use-in-the-European-Union.pdf>

11. Bereznyuk, S. V., & Zubar, I. V. (2019). Modern economic and ecological aspects of fertilizer using in crop production. *Economy AIC*, 10, 34–43. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201910034>

12. Kurzemann, F., Plieger, U., Probst, M., Spiegel, H., Sandén, T., Ros, M., & Insam, H. Long-term effect of organic amendments, mineral fertilizers and combinations thereof, on plant yield, soil physic-chemical and microbiological properties. *EGU General Assembly 2021, 19–30 April, 2021*. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8182>

13. Hasler, K. (2017). *Environmental impact of mineral fertilizers: possible improvements through the adoption of eco-innovations*. Wageningen: Wageningen University. DOI: <https://doi.org/10.18174/422865>

14. Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3, 73–80. DOI: <https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.191>

15. Mykhailova, E.O. Greenhouse gas emissions in Ukraine and the world. *The Collection of scientific articles and materials of VIII International scientific-practical conference and 115-International conference of EAS, 8–9 December, Kharkiv*. Kharkiv : NGO "UHLSS". 645 p.

16. Korsun, C.G., & Klimenko, I.I. (2018). *Ecotoxicological status of fertilizer systems for grain-row crop rotation* : monograph. Vinnytsia : LLC "WORKS". 212 p.

17. Dotsenko, O.V. (2012). Humus state of typical chernozem under the influence of long-term fertilization. *Bulletin of Agricultural Science*, 12, 75–76.

18. Contamination of the soil environment with mineral fertilizers and solutions. *Proceedings of the International Scientific Symposium SDEV'2018, 28 February – 3 March, 2018, Lviv-Slavske*. Lviv: Panorama. 343 p.

19. Bryan, N. S., & Grinsven, H. (2013). The Role of Nitrate in Human Health. *Advances in Agronomy*, 119, 153–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407247-3.00003-2>

20. Tirado, R. & Allsopp, M. (2012). Phosphorus in agriculture Problems and solutions. *Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review)*. Retrieved from <https://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2012/06/tirado-and-allsopp-2012-phosphorus-in-agriculture-technical-report-02-2012.pdf>

21. Nazarenko, E. A., Nikozyat, Yu. B., & Ivashchenko, O. D. (2015). Estimation of ecological safety of agricultural crops at the increased content of fluorides in soils of Poltava region. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 2 (91), 159–164.

22. Ngatia, L., Grace III, J. M., Moriasi, D. & Taylor, R. (2019). Nitrogen and phosphorus eutrophication in marine ecosystems. *Monitoring of marine pollution*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81869>

23. Khan, S.A., Mulvaney, R.L. & Ellsworth, T.R. (2014). The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop

production and human health. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29, 3–27. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170513000318>

24. Engwa, G.A., Ferdinand, P.U., Nwalo, F.N., & Unachukwu, M.N. (2019). Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. *Poisoning in the Modern World – New Tricks for an Old Dog?* DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>

25. Prodanchuk, M.G., Velyky, V.I., Mudry, I.V., & Lepyoshkin, I.V. (2007). Hygienic aspects and normative-legal provision of state sanitary-epidemiological supervision during mineral fertilizers transportation, storage and use. *Modern problems of toxicology, food and chemical safety*, 1, 4–8.

26. Demidov, P.G., Shandyba, V.A., & Shcheglov, P.P. (1981). Combustion and properties of combustible substances. Moscow : Chemistry. 272 p.

27. Chemical Advisory: Safe Storage, Handling, and Management of Ammonium Nitrate. (2013). Retrieved from <https://rib.msb.se/Filer/pdf/27206.pdf>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.М. Логвінков, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна.

Автор: МИХАЙЛОВА Євгенія Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

E-mail – mykhailova.e@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0182-0823>

Автор: ПРОТАСЕНКО Ольга Федорівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

E-mail – olha.protasenko@hneu.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8203-5703>

Автор: МОРОЗ Микола Олександрович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – ssekret@ua.fm

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0852-2677>

Автор: РЕЗНІЧЕНКО Ганна Михайлівна
кандидат технічних наук, викладач
Національний університет цивільного захисту
України

E-mail – annet_s@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1682-9721>

ANALYSIS OF THE SAFETY CONDITION OF HUMANS, THE ENVIRONMENT AND WORKING CONDITIONS DURING THE FERTILIZERS HANDLING

E. Mykhailova¹, O. Protasenko¹, M. Moroz², A. Reznichenko³

¹Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine

²O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

³National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine

The article considers the problem of efficiency and safety of fertilizers using in agriculture. Fertilizers are an integral part of the food fund formation system, which determines food safety at the national and world levels. Thus, the research of the safety state of fertilizers handling is an actual practical task in the context of sustainable development of society.

The aim is an analysis of the efficiency of fertilizer using in agriculture, determining the level of fertilizer safety for the environment, human health and working conditions.

Organic and mineral fertilizers are the most widespread in agriculture. Fertilizers are one of the main factors in improving the quantity and quality of agricultural products. The rational usage of fertilizers helps to maintain the nutrients and humus balance in the soil, to improve its fertility.

The organic fertilizers include organic compounds of animal, vegetable, industrial and household origin. They have different decomposition degrees and create different nutrients complexes (nitrogen, phosphorus, potassium and others), which are well absorbed by plants. The danger of organic fertilizer usage is associated with the possible presence of bacteria, viruses, parasites, antibiotics, steroid hormones, pesticides in their composition. The release of these agents into the environment disturbs the ecological balance of the soil and degrades its quality, pollutes water, contributes to food epidemics, causes chronic diseases and acute poisoning in humans.

Mineral fertilizers are artificially synthesized chemical compounds that are needed to maintain the inorganic compounds balance in the soil. Irrational usage of mineral fertilizers leads to changes in soil composition and properties, disruption of nutrients natural cycles, pollution of the environment and agricultural products by nitrates, heavy metals, halogens and radionuclides. All this negatively affects the quality of human life and health. In addition, improper fertilizer handling during production, storage, transportation and usage worsens the working conditions, leads to occupational diseases, increases explosion and fire levels.

It is necessary to optimize forms, rates, timing and methods of fertilizers application, adhere to treatments frequency and distance from settlements, adhere to labour protection norms, rules and instructions and apply collective and individual protection means during fertilizers working.

Keywords: *fertilizers, food safety, pollution, environment, human health, labour safety.*