

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАЗУР ВІКТОР АНАТОЛІЙОВИЧ
ТКАЧУК ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ
ЯКОВЕЦЬ ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА

**НІТРАТИ: ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕРНОВОЇ І
ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Монографія

видана в межах виконання прикладного дослідження на тему: «Розробка методів удосконалення технології вирощування зернобобових культур з використанням біодобрив, бактеріальних препаратів, позакорневих підживлень та фізіологічно-активних речовин» (0120U102034)



Вінниця 2022

УДК: 631.95/633

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Вінницького національного аграрного університету
(Протокол № 10 від 29 квітня 2022 р.).*

Рецензенти:

Ушкаренко Віктор Олександрович, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства Херсонського державного аграрно-економічного університету, академік НААН України;

Федорчук Михайло Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри рослинництва та садово-паркового господарства Миколаївського національного аграрного університету;

Заболотний Григорій Михайлович, кандидат сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету.

Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А.

Нітрати: зниження забруднення зернової і зернобобової продукції: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 168 с.

ISBN 975-620-7473-26-9

У монографії представлені результати власних досліджень авторського колективу щодо небезпеки нітратів, як забруднювачів довкілля, досліджено джерела надходження нітратів у рослинницьку та тваринницьку продукції, нормування нітратів у сільськогосподарській продукції та продуктах харчування в Україні та за кордоном, оцінку зернової і зернобобової продукції на вміст нітратів в умовах інтенсивного землеробства, встановлено способи зниження вмісту нітратів у сільськогосподарській продукції та системи моніторингу вмісту нітратів у ґрунті, рослинах і продукції.

Призначено для науковців, викладачів, аспірантів, студентів, керівників і спеціалістів аграрних формувань, працівників органів державного управління АПК різних рівнів і всіх, хто цікавиться екологічною безпечністю зернової та зернобобової продукції, яку ми споживаємо.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ПЕРЕДМОВА.....	5
РОЗДІЛ 1. НІТРАТИ – ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ДОВКІЛЛЯ.....	7
1.1. Хімічна характеристика нітратів.....	7
1.2. Токсична дія нітратів на організм.....	17
1.3. Кругообіг нітратів у біосфері.....	35
РОЗДІЛ 2. ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ НІТРАТІВ.....	64
2.1. Особливості накопичення нітратів у рослинницькій і тваринницькій продукції.....	64
2.2. Ґрунтово-кліматичні умови та їх вплив на поглинання нітратів продукцією.....	93
РОЗДІЛ 3. НОРМУВАННЯ НІТРАТІВ У ПРОДУКЦІЇ.....	95
3.1. Нормативи нітратів у сільськогосподарській продукції та продуктах харчування в Україні.....	95
3.2. Нормативи вмісту нітратів у продукції за кордоном.....	99
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЗЕРНОВОЇ І ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ВМІСТ НІТРАТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА...	103
4.1. Екологічна оцінка зернової і зернобобової продукції агроценозів за вмістом нітратів.....	103
4.2. Агроекологічне і математично-статистичне обґрунтування вмісту нітратів у зерні і насінні польових культур залежно від тривалості зберігання.....	111
РОЗДІЛ 5. СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ НІТРАТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ.....	123
5.1. Методи обмеження накопичення нітратів у рослинницькій продукції.....	123
5.2. Методи обмеження накопичення нітратів у тваринницькій продукції.....	126
5.3. Методи обмеження накопичення нітратів у продуктах харчування.....	132
РОЗДІЛ 6. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВМІСТУ НІТРАТІВ У ҐРУНТІ, РОСЛИНАХ, ПРОДУКЦІЇ.....	137
ВИСНОВКИ.....	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	150

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

МДК – межа допустимої концентрації

МДР – максимально допустимий рівень

ГДК – гранично допустима концентрація

EFSA – Європейський орган з питань безпеки харчової продукції

FVO – бюро з питань ветеринарії та харчової продукції

НДМА – нітрозодиметиламін

НДЕА – нітрозодіетиламін

ТЕС – теплова електростанція

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ЄС – Європейський Союз

IARC – Міжнародне агентство з досліджень раку

ПЕРЕДМОВА

Усі види господарської діяльності так чи інакше впливають на стан навколишнього природного середовища і на жаль, все частіше це проявляється в забрудненні довкілля в цілому.

Сьогодні гостро постає проблема безпечності продуктів харчування для організму людини, адже відомо, що майже 60 % населення нашої планети не забезпечене їжею в належній кількості, що спричиняє необхідність застосовувати різноманітні нітратні добрива, пестициди для підвищення врожайності сільськогосподарських продуктів, та стимулятори для пришвидшеного росту тварин. Тому це викликає потребу в підвищенні якості контролю та сертифікації для продукції.

Забезпечення безпеки продуктів харчування – один з основних напрямів, що зумовлюють здоров'я населення, збереження генофонду нації. Здоров'я і безпека населення значною мірою залежать від харчування, яке забезпечує ріст і розвиток організму людини, створює умови для адекватної його адаптації до навколишнього середовища. Водночас із продуктами харчування до організму людини можуть потрапляти речовини, небезпечні для її здоров'я [1].

З кожним роком усе гостріше постає проблема забруднення природного ґрунтового середовища шкідливими речовинами, які мають здатність накопичуватися у ґрунті і згодом переноситися у зернову та насінневу продукцію. Одними із таких шкідливих речовин є нітрати, які потраплять у ґрунт під час внесення мінеральних добрив для поповнення поживних речовин ґрунту. А це негативно впливає на стан навколишнього природного середовища та агроценозів у тому числі [1].

Надмірний вміст нітратів в урожаї сільськогосподарських культур, сировині і продукції, є дефіцит розуміння сьогоденної ситуації, який вже привів до порогу злочинної безпечності і застосуванню необґрунтовано високих доз азотних добрив, незадовільна якість азотних добрив;

нерівномірний розподіл азотних добрив по поверхні поля при їх внесенні; надмірне захоплення пізнім підживленням сільськогосподарських культур азотом; порушення збалансованості співвідношення між азотом та іншими елементами живлення (насамперед фосфором і калієм); низький рівень культури землеробства і технологічної дисципліни при виконанні робіт; неприпустима зневага до введення науково обґрунтованих сівозмін на величезних посівних площах, переважання монокультури; низький рівень знань провідних фахівців у господарствах; відсутність сортової політики при виведенні і вирощуванні сортів з низьким рівнем вмісту нітратів в урожаї; відсутність належного ефективного контролю як за ходом виконуваних робіт, так і за якістю кінцевого продукту – за вмістом нітратів та інших речовин; слабка ефективність впровадження наукових розробок у практику отримання високоякісного урожаю [2].

Природні мінеральні сполуки, які необхідні для забезпечення нормальної життєдіяльності рослин, а також для їх росту і розвитку становлять суть нітратів.

Нітрати – це солі азотної кислоти, які є нормальним продуктом обміну азотистих речовин будь-якої живої істоти. Нітрати є життєво необхідними, тому що без них неможливий нормальний ріст і розвиток організму. Проте, у разі перевищення ступеня навантаження цих речовин на організм людини, вони можуть негативно впливати на стан здоров'я [3].

Сільське господарство на сучасному етапі не може гарантувати екологічно чисту продукцію, оскільки найпоширеніші мінеральні добрива на основі нітратів, які забезпечують не тільки швидкий ріст і розвиток сільськогосподарських культур, але й істотно підвищують їх урожайність. Тому пошук і розробка заходів, що дозволяють відчутно знизити надходження нітратів у рослини з мінеральними добривами, а потім і в організм людини, є однією з актуальних проблем сьогодення [3].

РОЗДІЛ 1.

НІТРАТИ – ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ДОВКІЛЛЯ

1.1. Хімічна характеристика нітратів

Близько 90 елементів існують у біосфері. Лише 8 елементів – оксиген, силіцій, алюміній, ферум, кальцій, натрій, калій та магній становлять за масою 99 % земної кори, причому половина припадає на оксиген, а чверть – на силіцій [4]. Живі компоненти складаються з тих самих елементів, що й не живі (табл. 1.1, 1.2.).

Таблиця 1.1

Вміст деяких хімічних елементів у біосфері та живих організмах, %

Елемент	Вміст у літосфері, гідросфері, атмосфері	Вміст в земній корі	Вміст в рослинах	Вміст в організмі тварин	Вміст в організмі людини
Гідроген (H)	0,95	1,0	-	9,7	9,31
Карбон (C)	0,18	0,15	-	-	19,37
Нітроген (N)	0,03	0,02	0,3	3,1	5,14
Оксиген (O)	50,02	47,4	70,0	62,4	62,81
Натрій (Na)	2,36	2,6	0,02	0,1	0,26
Магній (Mg)	2,08	2,0	0,07	0,03	0,04
Алюміній (Al)	2,08	8,0	0,02	10^{-5}	0,001
Силіцій (Si)	25,80	29,5	0,15	10^{-5}	сліди
Фосфор (P)	0,09	0,08	0,07	0,95	0,64
Сульфур (S)	0,11	0,05	0,05	0,16	0,63
Калій (K)	2,28	2,5	0,3	0,27	0,22
Кальцій (Ca)	3,22	3,5	0,3	1,9	1,38
Манган (Mn)	0,08	0,1	10^{-3}	10^{-5}	0,0001
Ферум (Fe)	4,18	5,0	0,02	0,01	0,005

Частка азоту у літосфері, гідросфері та атмосфері всього 0,03%. Вже у організмі рослини вона зростає у 10 раз, порівняно із вмістом у літосфері і становить 0,3%. Вміст азоту в організмі тварин, які споживають рослинну їжу, зростає ще у 10 разів, порівняно із вмістом азоту у рослині і становить 3,1%. А у організмі людини частка азоту зростає до 5,14%, що у 17 разів більше, ніж у рослині та у 1,7 рази більше, ніж в організмі тварини. Це вказує на те, що азот, при русі по трофічних ланцюгах постійно концентрується в організмах у напрямі від нижчої до вищої організації живого [4, 5].

Таблиця 1.2

Вміст деяких хімічних елементів у біосфері та організмі людини

Елемент	Атомний номер	Вміст у літосфері, гідросфері, атмосфері	Вміст в організмі людини, %
Гідроген (H)	1	0,95	9,31
Карбон (C)	6	0,18	19,37
Нітроген (N)	7	0,03	5,14
Оксиген (O)	8	50,02	62,81
Флуор (F)	9	0,10	0,009
Натрій (Na)	11	2,36	0,26
Магній (Mg)	12	2,08	0,04
Алюміній (Al)	13	2,08	0,001
Силіцій (Si)	14	25,80	сліди
Фосфор (P)	15	0,093	0,64
Сульфур(S)	16	0,11	0,63
Хлор (Cl)	17	0,20	0,18
Калій (K)	19	2,28	0,22
Кальцій (Ca)	20	3,22	1,38
Манган (Mn)	25	0,08	0,0001
Ферум (Fe)	26	4,18	0,005

За значимістю хімічні елементи поділяють на 6 груп:

- Благородні або інертні гази – гелій, неон, аргон, криптон, ксенон. Знайдені у живій речовині, але не встановлені їх кларки (рис. 1.1).
- Благородні метали – радій, рутеній, паладій, осмій, іридій, платина, аурум. Вони майже не утворюють сполук у земній корі.
- Циклічні, або органігенні елементи. Цю групу називають міграційною. Вони складають живі організми. Це карбон, гідроген, кисень, нітроген, фосфор, сульфур, кальцій, калій, магній, ферум тощо.
- Розсіяні елементи – рубідій, цезій, ніобій, тантал (утворюють сполуки на великій глибині земної кори): йод, бром (вступають у реакції лише на поверхні землі)
- Сильно радіоактивні – полоній, радон, радій, уран, нептун тощо.

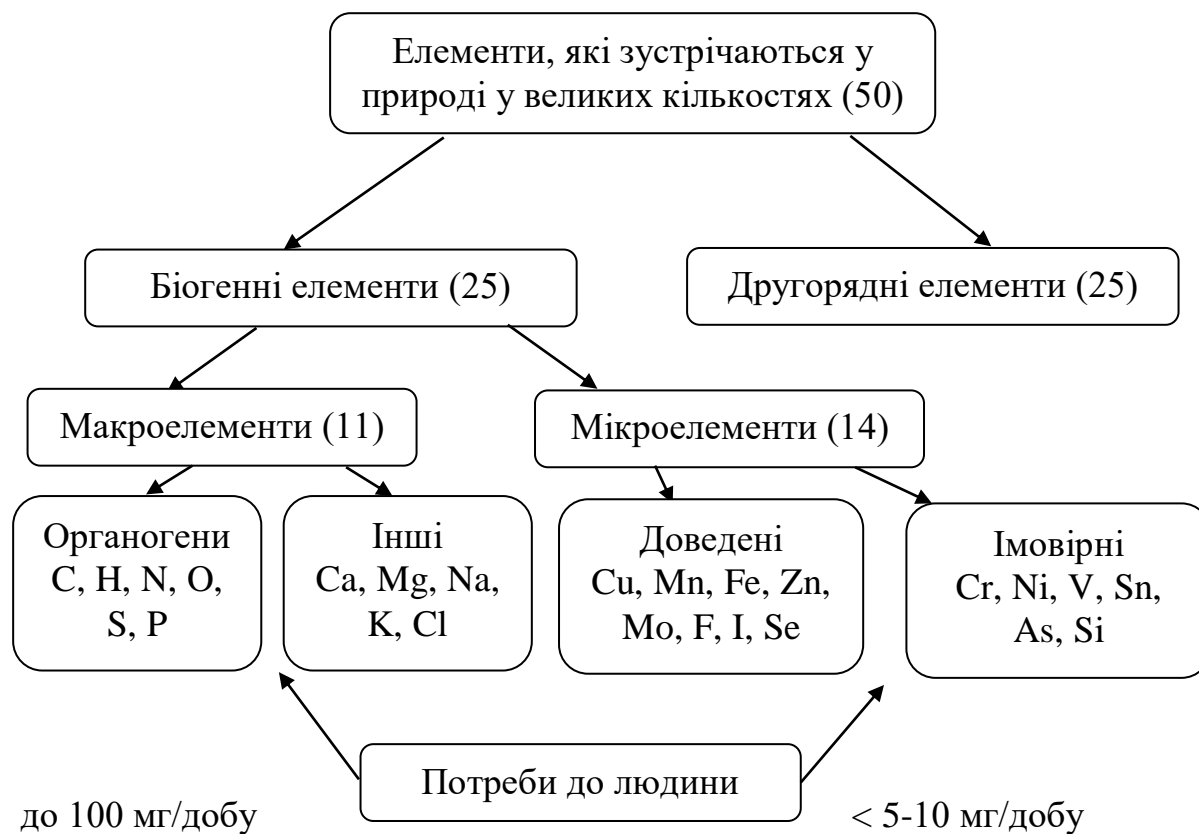


Рис. 1.1. Класифікація найрозповсюджених хімічних елементів

Нітрати належать до біогенних або органігенних речовин.

Біогенні речовини (елементи) або біогени – речовини, що найбільш активно беруть участь в життєдіяльності водних організмів.

До них відносяться мінеральні сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфору (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), кремнію (HSiO_3^- , SiO_2^{2-}), заліза (Fe^{2+} , Fe^{3+}) і сполуки деяких мікроелементів (табл. 1.3).

Біогенна речовина створюється в результаті життєдіяльності організмів (наприклад, річковий рак за 20 років життя скидає 50 панцирів). Вона поділяється на небіогенну речовину, утворену існуючою у даний момент живою речовиною, і палеобіогенну речовину, що збереглася в складі гірських порід («життя, перетворене на камінь»). Крім того, не затихає інтерес до проблеми біогенної речовини позаземного походження.

Оновлення всієї живої речовини біосфери Землі здійснюється в середньому за 8 років. При цьому речовина наземних рослин (фітомаса суші) оновлюється приблизно за 14 років.

В океані циркуляція речовини відбувається у багато разів швидше: вся маса живої речовини оновлюється за 33 дні, в той час як фітомаса океану – кожен день. Процес повної зміни вод в гідросфері здійснюється за 2800 років.

В атмосфері зміна кисню відбувається за кілька тисяч років, а вуглекислого газу – за 6,3 роки. Ці цифри показують, що геохімічний ефект діяльності живої речовини в біосфері проявляється не тільки протягом геологічного часу (мільйони і мільярди років), але ясно виражений навіть в межах часу історичного (тисячі років і менше) [6].

Таблиця 1.3

Біогенні речовини, що найбільш активно беруть участь в життєдіяльності водних організмів

Біогенні речовини	Незабруднені ріки	Забруднені ріки
Нітрати мг/л	до 0,1	більше 1,0
Нітрити	до 0,01	більше 1,0
Амоній	0,01-0 1	більше 1,0
Сполуки фосфору	0,001-0,01 до 0,1-0,05	більше 1,0
Залізо	0,1-10	–
Кремній	1-5	–

У природні води біогени потрапляють головним чином в результаті процесів життєдіяльності і посмертного розпаду водних тварин і рослинних організмів (процес регенерації біогенних елементів), з річковим стоком, атмосферними опадами, а також з різноманітними видами стічних вод. Концентрація біогенних речовин в природних водах зазвичай невелика і змінюється протягом року відповідно інтенсивності харчування ними фотосинтезуючих організмів.

Велика кількість біогенних речовин (особливо сполук N і P) вносяться з комунально-господарськими, сільськогосподарськими та промисловими стічними водами, внаслідок чого їх концентрація значно збільшується в забруднених річках і водоймах. Підвищені концентрації біогенних речовин у воді сприяє підвищенню біологічної продуктивності водних об'єктів, що є причиною евтрофування [6].

Геохімічна класифікація елементів – класифікація хімічних елементів на основі спільних закономірностей поведінки в геологічних процесах. Таких класифікацій існує декілька. Загальноприйнятими є класифікації В.І. Вернадського (1922, 1927) і В.М. Гольдшмідта (1924).

У біогеохімії прийнятий поділ елементів по їх ролі в будові живих організмів.

Макроелементи. Це елементи, (концентрація – від 10 до 0,001 % маси тіла, – 60 % у клітині) вміст яких в живих організмах складає більшість. Це кисень, водень, вуглець, азот фосфор, калій, кальцій, сірка, магній, натрій, хлор, залізо та ін. Ці елементи складають плоть живих організмів.

Мікроелементи. Елементи, (концентрація – від 0,001 до 0,000001 % маси тіла, – 30 % у клітині) вміст яких малий, але вони беруть участь у біохімічних процесах і значною мірою визначають самопочуття живих організмів. За сучасними даними більше 30 мікроелементів вважаються необхідними для життєдіяльності рослин і тварин. Серед них алюміній, цинк, кобальт, залізо, йод, селен, мідь, молібден, бром, фтор.

Ультрамікроелементи. Елементи (концентрація – 0,000001 маси тіла, – 10 % у клітині) яких найменше в організмах живих істот, до них відносять золото, срібло, які надають бактерицидну дію, ртуть, подавляючу зворотнє всмоктування води в ниркових каналцях, впливаючи на ферменти. Також до ультрамікроелементів відносять платину і цезій. Деякі науковці до цієї групи відносять і селен, при його нестачі розвиваються ракові захворювання. Функції ультрамікроелементів ще маловідомі.

В основу своєї класифікації Вернадський поклав 4 принципи, що визначають історію елементів у земній корі:

- хімічну активність,
- участь в циклічних процесах у біосфері,
- перевага розсіяного стану,
- висока радіоактивність.

Ним були виділені групи:

- благородних газів (He, Ne, Ar, Kr, Xe);
- благородних металів (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Ag);
- циклічних елементів (H, Na, K, Cu, Mg, Ca, Zn, B, Al, C, Si, Ti, Zr, Pb, N, P, V, O, S, Cr, Mo, F, Cl, Mn, Fe, Co, Ni і інш.);
- розсіяних елементів (Li, Rb, Cs, Sc, Y, Ga, In, Tl, Br, J);
- сильнорадіоактивних елементів (Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U);
- рідкісноземельних елементів (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

Азот, згідно цієї класифікації належить до циклічних елементів, що надходять до живих організмів та виводяться з них.

Гольдшмідт поділив всі елементи на групи відповідно до стійкості різних типів їхніх сполук у природі. В основу були покладені закони розподілу елементів за трьома принциповими фазами метеоритів: силікатною (кисневою), сульфідною і металевою. «Еталоном», відносно якого

класифікують всі елементи, є Fe – елемент з високою поширеністю, що входить до складу всіх принципівих фаз метеоритів.

Відповідно виділені:

- літофільні елементи, які збагачують силікати (O, Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Y, TR, Si, Ti, Zr, Hf, Th, U, Nb, Ta, W і інш.);
- халькофільні елементи, що збагачують сульфіди (S, Se, Te, As, Sb, Bi, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, In, Tl та інші),
- сидерофільні елементи, що збагачують металічну фазу (Ni, Co, P, C, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Mo).

Ряд елементів з проміжними властивостями потрапили в декілька груп: Ga, Ge, Sn, Nb, Ta, W. Крім того, Гольдшмідт виділив додаткові групи елементів:

- атмофільні елементи, для яких в умовах земної поверхні характерний газоподібний стан і накопичення в атмосфері (H, N, C, O, Cl, Br, J та інертні гази),
- біофільні елементи, що є головними компонентами організмів (C, H, O, N, P, S, Cl, J, B, Ca, Mg, K, Na, V, Mn, Fe, Cu).

Тут азот належить до ліофільних елементів, який потрібний організмам для росту і розвитку.

Повторення елементів у різних групах природне, оскільки при виділенні додаткових груп використані різні принципи. Ця класифікація дозволяє передбачити головний тип хімічних сполук елементів у природі і тим самим чинники, що призводять до їхньої концентрації.

Так, халькофільні елементи концентруються у вигляді компонентів сульфідних руд, більшість сидерофільних елементів (Au, група Pt) концентруються в самородному стані; літофільні елементи нагромаджуються в складі головних або другорядних мінералів магматичних і осадових порід.

Нітрати являють собою солі азотної кислоти (HNO_3 , нітрити ж є солями азотистої кислоти (HNO_2). Нітрити легко окислюються до відповідних нітратів. Концентрація перших у середовищі зазвичай дуже

низька (у воді, наприклад 1-10 мг/л), в той час як концентрація нітратів висока (50-100 мг/л). Серед нітратів найбільш відомі нітрати амонію, натрію, калію, кальцію, зазвичай звані селітрами. Всі селітри широко і давно використовуються як добрива.

Токсичні впливи нітратів/нітритів досить повно вивчені на різних видах тварин, включаючи гідробіонтів, і на людину. Смертельна доза нітратів для людей становить 8-15 г/кг, а нітритів істотно нижче – 0,18 г/кг для дітей і старих, і 2,5 г/кг для дорослих [7].

Особливо слід сказати про нітрозаміни – речовини вельми простої хімічної структури, знайомі кожному хіміку. Нижчі нітрозаміни – діетил- і диметилнітрозамін (НДЕА і НДМА) вперше були синтезовані в другій половині ХІХ ст. Нітрозосполуки широко застосовуються в промисловості як компонент ракетного палива, антиоксидантів, є проміжними продуктами синтезу барвників, лікарських препаратів і т.д. Нітрозосполуки входять також до складу протикорозійним препаратів, застосовуються як пестициди і протипухлинні агенти [7].

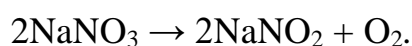
Винятково важливою особливістю нітрозамінів є можливість їх утворення з хімічних попередників в об'єктах навколишнього середовища, в продуктах харчування і навіть в організмі. Ці агенти мають широкий спектр біологічних ефектів, однак головним і, очевидно, найбільш небезпечною їх властивістю, є здатність викликати пухлини. Встановлено, що із 332 різних нітрозосполук, вивчених до кінця ХХ ст., 290 (87 %) виявилися здатними викликати пухлини в експерименті на тваринах. В цілому, навіть відносячи нітрозосполуки до групи 2А, експерти неодноразово підкреслювали, що найбільш поширені НДМА і НДЕА доцільно розглядати як практично канцерогенні для людини, тобто як фактори групи 1.

Нітрозосполуки мають також і трансплацентарну дію і при попаданні в організм вагітних самок викликають токсичний ефект на ембріони, що призводить до розвитку каліцтв або пухлин у потомства. Встановлено, що ембріон найбільш чутливий до летального впливу нітрозосполук в перші дні

вагітності, канцерогенний – на стадії гістогенезу, і тератогенний – на стадії органогенезу. При екстраполяції цих спостережень на людину, дослідники прийшли до висновку, що найбільший ризик ембріотоксичної дії припадає на 1-й та 3-6-й тижні вагітності, тератогенної – на 2-8-му, а канцерогенної – на період пізніше 6 тижнів вагітності [7].

Нітрати – це тверді кристалічні речовини, іонної будови, добре розчинні у воді, малостійкі при високій температурі. На відміну від хлоридів, які плавляться, не розкладаючись, нітрати розкладаються при температурі близькій до температури їх плавлення. Продукти розкладання бувають різні, залежно від хімічної активності металу, що входить до складу солі.

Солі металічних елементів до Mg при розкладанні утворюють нітрити і кисень:



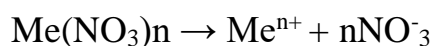
Солі металічних елементів від Mg до Cu при розкладанні утворюють основний оксид, нітроген (IV) оксид і кисень:



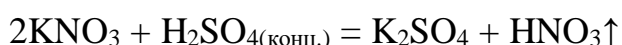
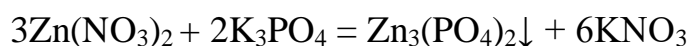
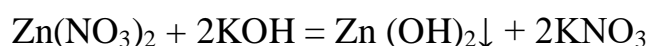
Солі металічних елементів розташованих в ряду активності металів після Cu утворюють метал, нітроген оксид і кисень:



Усі нітрати токсичні. Як сильні електроліти вони дисоціюють з утворенням позитивно зарядженого йона металічного елемента й аніона кислотного залишку:



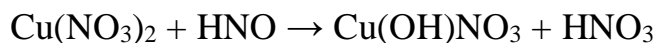
Нітрати виявляють усі характерні властивості солей. Вступають у реакції обміну з лугами, іншими солями, деякими кислотами:



Нітрати розкладаються при нагріванні. Продукти реакцій залежать від активності металу, тобто його розміщення у витискувальному ряду металів.

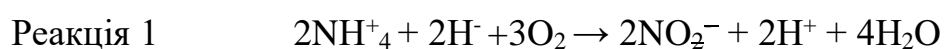
Нітрати – сильні окисники. У розплавленій селітрі вугільні жаринки спалахують, а сірка згоряє.

Якщо нітрат утворений катіоном слабкої основи й аніоном сильної кислоти, то у розчині він поступово піддається гідролізу:



Нітрат-іон (NO_3^-) пов'язаний з кислотною основою азотної кислоти (HNO_3). Ця кислота ($\text{pK}_a = -1,37$) дисоціює у воді з утворенням нітрат-іонів та іона-гідроксонію (H_3O^+). Солі азотної кислоти (нітрати) за винятком основних нітратів ртуті та вісмуту добре розчиняються у воді.

Нітрит-іон пов'язаний з кислотною основою азотистої кислоти (HNO_2). Ця кислота ($\text{pK}_a = 3,37$) існує лише у вигляді розбавленого водного розчину на холоді, оскільки легко розкладається з утворенням або води і триокису азоту (N_2O_3), або азотної кислоти, окису азоту (NO) і води. Солі азотної кислоти значно стабільніші, ніж сама кислота, і за винятком нітриту срібла легко розчиняються у воді [8]. У навколишньому середовищі (наприклад, поверхневих водах, ґрунті) нітрати і нітрит-іони можуть утворюватися з іону амонію (NH_4^+) в процесі біологічного окислення (нітрифікації), що протікає в дві стадії:



Ці дві реакції здійснюються різними мікроорганізмами: реакція (1) – аеробним хемолітотрофом *Nitrosomonas*, реакція (2) – бактеріями роду *Nitrobacter*, які отримують майже всю необхідну енергію за рахунок окислення нітритів.

Вищі рослини асимілюють нітрити з ґрунту шляхом відновлення нітрату в нітрит, що каталізується нітратредуктазою НАДФ; відновлення нітриту в аміак, що каталізується нітритредуктазою.

Бактерії багатьох видів також здатні відновлювати нітрати на нітрити. Однак, оскільки нітрити легко окислюються в нітрати, концентрація нітритів

у природних середовищах, таких як поверхневі води, зазвичай дуже низька навіть при високому вмісті нітратів (50-100 мг/л).

1.2. Токсична дія нітратів на організм

Віддалені ефекти дії хімічних речовин. Під терміном «віддалений ефект» слід розуміти розвиток патологічних процесів і станів у індивідуумів, що мали контакт з шкідливими речовинами в окремі терміни їхнього життя, а також протягом життя декількох їх поколінь [8].

До нього відносяться такі дії на організм:

- гонадотропну,
- ембріотоксичну,
- канцерогенну,
- мутагенну дію.

В даний час описано більше 1500 нозологічних форм спадкових хвороб, що розвиваються у багатьох мільйонів людей на земній кулі. Відомо, що на 1000 новонароджених 7 мають цитогенетичний дефект, 15 % всіх вагітностей закінчуються абортами, 30 % всіх спонтанних абортів обумовлені хромосомними відхиленнями. Загальна частота спадкових захворювань становить 2-4 % загальної патології, але деякі з цих хвороб зустрічаються значно частіше [6].

Гонадотропна дія шкідливих речовин проявляється порушенням сперматогенезу, овогенезу, появою викиднів, ослабленням статевої потенції та безпліддя у чоловіків і жінок.

Доведено порушення функції при впливі бензолу і його гомологів, хлорорганічних сполук, марганцю, хлоропрену, капролактаму, борної кислоти, фенолу, свинцю. Причому вираженість гонадотоксичної дії знаходиться в прямій залежності від концентрації (дозы) хімічних речовин, що викликають прискорене сім'явиверження, зниження кількості сперматозоїдів. У жінок, що працюють на виробництві стиролу, при роботі із

з'єднаннями марганцю, свинцю, нікелю порушується менструальний цикл, збільшується кількість викиднів і мертвонароджених [6].

Вплив шкідливих речовин під час вагітності може викликати у розвитку плоду різні порушення:

1) тератогенні – гістоморфологічні, біохімічні, функціональні та інші порушення розвитку органів і систем;

2) ембріотоксичну – внутрішньоутробна загибель, зниження маси і розмірів ембріонів при нормальній диференціювання тканин.

Тератогенною дією володіють хлоропреновий латекс, фенолформальдегідні смоли, ДДТ, кремнійорганічні лаки і емалі, виробництво синтетичного каучуку. Хімічні речовини в дозах, що не викликають токсичний ефект у матерів, можуть пошкодити плоду.

Критичні періоди з дуже високою чутливістю до зовнішніх впливів – 3 тижні розвитку (попередні імплантації) і 4-7 тижні (формування плаценти).

Ембріотоксичний ефект залежить від ступеня проникності плаценти. Наприклад, нікотин робить плаценту проникною навіть для тих речовин, які в звичайних умовах через неї не проходять.

Вагітність, як навантаження може змінювати стійкість організму до впливу різних факторів, у тому числі і хімічних, у бік зниження його резистентності, що також може бути причиною порушення розвитку потомства, аж до його загибелі. Вивчення ембріотропної дії хімічних речовин проводиться в експериментах на лабораторних тваринах при декількох концентраціях і на абортівному матеріалі ранніх і пізніх термінах вагітності [6].

Ембріотропний вплив на організм можуть надавати також фармацевтичні препарати (протисудомні, антибіотики, гормони (кортизон і його похідні, стероїди, естрогени), кадмій, органічна ртуть, свинець і т.д.

Мутагенний вплив. Під мутагенною дією хімічних речовин слід розуміти зміну спадкових властивостей організму, що виявляються у його

потомства. Мутагенний процес під впливом токсинів можна розділити на дві групи:

- мутагенез в зародкових клітинах;
- утагенез в соматичних клітинах.

Наслідком мутації в зародкових клітинах є утворення генетично неповноцінних гамет, що веде до загибелі зиготи, ембріона, плоду, народженню ослаблених дітей з вадами розвитку, спадковими хворобами, тобто відтворення мутації з покоління в покоління. Мутації в соматичних клітинах призводять неминуче до порушення генетичного гомеостазу [6].

Мутації, пов'язані зі зміною числа хромосом, відносять до геномних, а зі зміною структури хромосом – до хромосомних. Мутаційну дію має хлоропренвініл хлорид, окис етилену, диметилфталат [6].

До потенційно небезпечних мутагенів у навколишньому середовищі відносять три групи речовин:

- природні неорганічні (оксиди азоту, нітрити, нітрати, свинець, радіоактивні матеріали);
- органічні сполуки (алкалоїди, гормони), перероблені природні речовини (продукти нафти, спалювання вугілля та ін.);
- хімічні речовини, що не зустрічаються в природі (пестициди, харчові добавки, лікарські засоби та ін).

Найбільш активними є карбоніл нікелю, формальдегід, метилована ртуть, алкіл свинцю. Поширеними – пестициди, харчові барвники, добавки до пластмас, паперу, каучуку, оксиди азоту, сірки та інші. Потенційними вони названі тому, що для прояву мутагенності потрібно біотрансформація їх у навколишньому середовищі або трансформація в організмі під впливом мікросомальних ферментів [6].

Забруднення навколишнього середовища мутагенними факторами при відсутності контролю і регламентації загрожує людству генетичною катастрофою.

В екологічному аспекті будь-які хімічні забруднення є чужорідним комплексом в екосистемі, і їх прийнято поділяти на чотири класи небезпеки: I – надзвичайно небезпечні (суперекотоксиканти), II – високо небезпечні (екотоксиканти), III – помірно небезпечні (екотоксиканти) і IV – малонебезпечні (ксенобіотики).

Хімічні забруднювачі поділяють на руйновані (речовини, які піддаються природній трансформації, руйнуванню та утилізації або переходять в нетоксичні сполуки) і стійкі (штучні класи синтезованих хімічних сполук, для яких відсутні природні шляхи утилізації).

Екотоксиканти – це екологічно небезпечні фактори хімічної природи, які здатні тривалий час зберігатися, мігрувати і накопичуватися в її біотичних і абіотичних компонентах. У концентраціях, що перевищують природний рівень, екотоксиканти завдають токсичну дію, як на навколишнє середовище, так і на здоров'я людини [5].

Сьогодні при вивченні екотоксикантів велика увага приділяється особливостям їх кінетики, метаболізму, біотрансформації, кумуляції і концентрації; руху по харчових ланцюжках; переносу і переходам з одного середовища до іншого; можливостям перетворень у вторинні забруднювачі; їх впливу на різні організми, що входять до екосистеми.

До екотоксикантів, що мають пріоритетне значення за ступенем небезпеки для навколишнього середовища і здоров'я людини, з неорганічних відносяться важкі метали, а з органічних – нафта і нафтопродукти, поліхлоровані і поліциклічні ароматичні вуглеводні. Особливу небезпеку для людини являють собою стійкі екотоксиканти діоксини, які призводять до розвитку діоксинової патології [5].

Найбільш значимі джерела екотоксикантів. До найбільших джерел екотоксикантів відносяться:

1. Десятки мільярдів тонн твердих відходів виробництва і споживання, серед яких певну частку становлять екологічно небезпечні токсичні промислові відходи різних класів небезпеки:

- I клас – відходи гальванічних виробництв, ртуть, хлорорганіка, хром шестивалентний та ін.;
- II клас – кубові залишки, нафтопродукти, миш'як, сірчана кислота та ін.;
- III клас – нафтошлами, мідь, свинець, цинк та ін.

2. Гірнична, вуглевидобувна та лісопереробна промисловість (тверді відходи, рудні терикони, хімічні засоби обробки деревини);

3. Нафтовидобувна промисловість (нафтошлами);

4. Вплив транспорту (забруднення токсичними речовинами відпрацьованих газів транспортних двигунів, викиди в атмосферу «нетрадиційних» речовин: канцерогенних (бензол, формальдегід, бензапірен, ацетальдегід та ін.) і викликають різні захворювання (толуол, ксилоли, 1,3-бутадиєн, важкі метали та ін.), злив стічних вод від стаціонарних джерел, утворення твердих відходів).

5. Вплив повітряних суден (негативні ефекти на рівні озонового шару, забруднення атмосфери речовинами, що утворюються в процесі згоряння палива).

6. Об'єкти сільськогосподарського виробництва (бази засобів хімізації, злітно-посадкові смуги, склади мінеральних добрив, гноєсховища, тваринницькі комплекси і т. д., де спостерігається підвищений вміст нітратів та інших екотоксикантів, в тому числі заборонені і непридатні до використання пестициди).

7. Замохлення територій в околицях міст і населених пунктів, придорожніх ділянок, стоянок автотранспорту виробничими відходами, будівельним і побутовим сміттям.

8. Теплові електростанції, що працюють на твердому паливі (токсичні золошлаки).

9. Міські звалища, полігони для твердих побутових відходів (екотоксиканти, що утворюються при гнитті і спалюванні).

10. Накопичення відходів виробництва і споживання від підприємств залізничного транспорту.

11. Оподи від водопровідних і каналізаційних станцій очистки вод.

12. Вплив ракетно-космічної техніки (в районах падіння частин ракет-носіїв, що відокремлюється, скупчується велика кількість токсичного гептилу, який забруднює ґрунт, поверхневі і ґрунтові води).

Вплив господарської діяльності на навколишнє середовище характеризується виробництвом великої кількості забруднюючих речовин, відходів та іншими факторами, які призводять до зміни природних ландшафтів, забруднення атмосфери і природних водних об'єктів. Безперервне збільшення промислового виробництва хімічних речовин та розширення їх асортименту, неминуче тягнуть за собою посилення спричиненого ними екологічного навантаження. Перевищення порогів надійності екологічних систем під дією екстремальних факторів антропогенного походження може бути причиною істотних змін умов існування і функціонування біогеоценозів [5, 62].

Сьогодні, коли швидкість збільшення шкідливого впливу середовищних факторів і інтенсивність їх впливу вже виходить за межі біологічної пристосовності екосистем до змін середовища існування і створює пряму загрозу життю і здоров'ю населення, всебічне вивчення екотоксикантів і розробка заходів боротьби з їх розповсюдженням і ушкоджуючою дією є актуальною проблемою всесвітнього значення.

Вплив нітратів на навколишнє середовище зумовлюється щоденним контактам населення з ними. Не має такого побічного чинника, який не пов'язаний так тісно з життям людини, як нітрати. Останнім часом вплив нітратів і нітритів на організм людини зростає, що спричиняє проблему нітритів, їх вплив на здоров'я людини. Ця проблема з'явилася, насамперед, внаслідок систематичного використання високих доз нітрогенних добрив при недостатніх нормах органічних дозах, що спричиняє небажані наслідки для родючості ґрунту. В таких умовах зростає активність бактерій, що

розкладають гумус, гумус мінералізується, і вміст цієї речовини поступово знижує родючість. Крім того, нітрати, що попадають з ґрунту, є попередниками N-нітросполук [5].

Нітрати є найпоширенішими токсичними забруднювачами життєдіяльності людини. Джерелом такого забруднення є в першу чергу азотні добрива, продукти гниття органічних речовин, комунально-побутові відходи, тощо. Нітрати накопичуються у воді та продуктах харчування, потім потрапляють в організм тварин та людей. Під впливом мікроорганізмів шлунково-кишкового тракту нітрати перетворюються в нітрузоаміни і нітрузоаміди [6].

За даними ВООЗ для дорослої людини добова доза нітратів – 5 мг на 1 кг маси тіла, 0,25 г на людину вагою у 60 кг [8].

Головна загроза високої концентрації нітратів в організмі – це можливість нітрит-іона брати участь у реакції нітрузування амінів і амідів, результатом якої утворюються нітросполуки, котрі і мають канцерогенну і мутагенну дію.

Токсична дія нітратів полягає у гіпоксії (кисневому голодуванні тканини), що розвивається внаслідок порушення транспорту кисню крові, а також у пригніченні активності ферментних систем, що беруть участь у процесах тканинного дихання [6].

Нітратна інтоксикація має механізм: порушення процесів окисного фосфорилування, що обумовлені дією самих нітратів та нітритів. Результатом є високий рівень метгемоглобіну в крові, розвиток ціанозу.

При збільшенні дії нітратів в організмі розвивається стан гіпоксії. Найбільше виражений гіпоксичний стан в таких тканинах організму, де відбувається інтенсивний поділ клітин, що зумовлює ембріотоксичну, тератогенну дію нітратів (нітритів). Окремо слід зупинитися на N-нітросполуках. N-нітросполуки – представники великої групи канцерогенних речовин. Вся група нітросполук поділяється на нітрузаміни і нітрузаміди [6].

Нітрат-іони відновлюються в організмі людини до нітрит-іонів, які викликають захворювання метилобеанемії. В кишковому тракті нітрити перетворюються в нітрозаміни – сильні канцерогенні агенти.

Ряд рослин здатні акумулювати нітратів більше, ніж інші. При вживанні їх у збільшеному обсязі, нітрати (в харчовому тракті) частково відновлюються до нітритів, а останні в крові можуть визвати анемію крові (метгемоглобінемію). Крім того, із нітритів при наявності амінів можуть утворюватися N-нітрозаміни, які наділені канцерогенною активністю (це може сприяти утворенню ракових пухлин).

Метагемоглобінемія – перетворення гемоглобіну на метагемоглобін, який не здатний переносити кисень, що знижує резистенцію організму до впливу канцерогенних і мутагенних агентів [8].

Тривале вживання води, овочів та фруктів, котрі забруднені нітратами, призводить до хронічної інтоксикації. Також метаболіти: нітрити і нітрозосполуки потрапляють в організм людини за постійного вживання продуктів із підвищеним вмістом нітратів [9].

На жаль наразі точного балансу приходу і витрат нітратів в організм людини скласти не вдалося. Бо вони не тільки надходять в організм, але і мають здатність утворюватися в ньому.

Для дорослої людини смертельна доза нітратів становить від 8 до 14 г. Гостре отруєння настає при потраплянні до організму від 1 до 4 г нітратів, при цьому ознаки отруєння проявляються через 1-6 годин після надходження їх в організм. Гостре отруєння розпочинається з таких симптомів, як нудота, блювота, пронос. Знижується артеріальний тиск та пульс, кінцівки стають холодними. Спостерігається синусоїдна аритмія, дихання частішає. З'являються головний біль, шум у вухах, слабкість, судоми м'язів обличчя, порушується координація рухів, втрата свідомості, кома. В легких випадках переважають сонливість та депресія [8].

За даними літератури, гострі отруєння трапляються при вживанні води і продуктів рослинного та тваринного походження з високим вмістом

нітратів. Найбільш чутливі до надлишку нітратів є діти перших місяців життя. Якщо мами вживають високо нітратні овочі, то нітрати потрапляють в грудне молоко. В організмі матері існує механізм захисту від нітратів, але можливості його обмежені. Захисний проти нітратний механізм в організмі дитини формується лише після першого року життя.

З огляду на характер токсичної дії нітратів та нітритів можна очікувати, що найбільш чутливим до неї будуть діти перших днів та місяців життя.

Причини цього явища – ембріональний гемоглобін новонароджених значно легше окиснюється нітратами, ніж гемоглобіном; недостатньо розвинена детоксикуюча метгемоглобінредуктазна система; у шлунку новонароджених дуже мало кислоти [6].

Внаслідок потрапляння до організму дитини продуктів харчування з підвищеним вмістом нітратів виникає захворювання – водно-нітратна метгемоглобінемія. Метгемоглобінемія – захворювання, яке характеризується підвищеним рівнем метгемоглобіну в крові [6].

Метгемоглобін – це одна із форм окисленого гемоглобіну, що не здатний вступати в зворотну реакцію з киснем і переносити його до всіх органів організму людини. Цей стан сприяє розвитку прогресуючої гіпоксії в тканинах організму людини, особливо дітей. У немовлят та дітей першого року життя спостерігається дефіцит ферментів, які перетворюють метгемоглобін, що призводить до його накопичення. Саме тому чим менша дитина, тим важче перебігає хвороба. Якщо кількість метгемоглобіну перевищує 50 % від загальної кількості гемоглобіну, організм може загинути від гіпоксії центральної нервової системи. Перебіг хвороби у дітей, у яких виникає це отруєння, супроводжується проносами, розладами серцево-судинної системи. Внаслідок порушення нормального формування кров'яних тілець шкіра дитини набуває синьо-сірого відтінку [6].

Не тільки діти чутливі до нітратів, але й особи похилого віку, хворі на анемію, з захворюванням дихальної системи, хворобами серцево-судинної системи. У дітей перших місяців життя отруєння нітратами можливе через

овочевий сік, молочні суміші, що готувалися на воді, що містить нітрати. Особливо небезпечна хронічна дія нітратів для дітей [6].

Нітрати та нітрити негативно впливають на організм вагітної та її плід, погіршуючи показники його біофізичного профілю. Ці сполуки проникають крізь плацентарний бар'єр. Якщо мати вживала багато насичених нітратами продуктів харчування, то у новонародженої дитини вміст у крові нітратів і метгемоглобіну збільшений (розвиток гемічної гіпоксії). У крові цих дітей підвищилась концентрація білірубину і спостерігається стійка і яскраво виражена «жовтяниця новонароджених» [6].

В період, коли дитина знаходиться на грудному годуванні, стан гемічної гіпоксії підтримується за рахунок надходження в її організм нітратів з молоком матері.

Нітрити та нітрати є кінцевими продуктами мінералізації органічних речовин. Приготування сумішей для дитячого харчування, в яких використовується колодязна вода, що містить велику кількість нітратів, становить основну загрозу отруєння немовлят. Отже, важливо пам'ятати, що кип'ятіння забрудненої нітратами води не зменшує, а збільшує її токсичність на 39–86% [6].

Підсумовуючи все вище згадане з питань отруєння нітратами і виявлених наслідків токсичної дії їх на організм, слід зауважити, що самі по собі нітрати харчових продуктів не завдають великої шкоди здоров'ю людини. Проте їх дія на організм становить вагомий додаток до токсичної дії нітратів питної води.

Зростаюча концентрація нітритів і нітратів у харчових продуктах, таких як м'ясо, сир та риба зазвичай використовується як затверджувач та консервант, представляє серйозну небезпеку для тварин та людини [9] Однак терапевтичний потенційний ефект нітриту при лікуванні ряду серцево-судинних, включаючи ішемію; індуковану гіперхолестеринемію сьогодні факт незаперечний. Попередні повідомлення вказують на те, що ці сполуки

(нітрати, нітрити) можуть пошкодити нервову систему, печінку, нирки та селезінку [5].

Крім того, деякі дослідження припускають, що дитячі суміші мають занадто багато нітритів і мають можливість виникнення метгемоглобінемії [6]. Широке використання добрив, побутових, ськогосподарських та промислових відходів збільшили шанси нітритів та нітратів у виробництво молочних продуктів [7].

На основі багатьох документів встановлено летальні пероральні дози нітритів та нітратів для людини, так в Росії 80–800 та 33–250 мг/кг маси тіла відповідно.

Доведено, що нітрит утворюється під час зменшення вмісту денітрифікуючих бактерій у слині та в просвіті шлункової кишки в результаті реакції з вторинного амінування з утворенням канцерогенного нітрозаміну [8]. Отже, багато дослідників припускає, що нітрит практично в рази токсичніший за нітрат та його потенціал, як канцероген для людини відноситься до групи 2 А.

Міжнародне агентство з досліджень раку (IARC) [9], вважає наявність нітратів та нітритів у харчових продуктах пов'язаний із підвищеним ризиком розвитку раку шлунково-кишкового тракту та метгемоглобінемії у немовлят. [6]. Дієтичні нітрати отримують з овочів, фруктів, переробленого м'яса та молочних продуктів.

Нітрити утворюються ендогенно шляхом окислення та через зменшення нітратів бактеріями в шлунково-кишковому тракті [6]. Молоко часто розглядають як найбільш повноцінна їжа, яку люди споживають у природі [6]. Хоча, в молоці виявлені різноманітні природні біоактивні пептиди, які здійснюють ряд корисних для здоров'я дій, такі як зміцнення природної імунної системи та зменшення ризику хронічних захворювань за допомогою великого впливу на основні системи організму, включаючи травну, нервову, ендокринну, серцево-судинну [9]. Але організм легко піддається впливу великої кількості фізичних забруднювачів (сторонніх тіл,

радіонукліди), хімічні речовини (пестициди, важкі метали, антибіотики, нітрати тощо) та викликані небажані наслідки для здоров'я [9].

Попередні дослідження підтверджують, що нітрати та нітрити є частими складовими багатьох продуктів харчування включаючи овочі, свіже та в'ялене м'ясо, молочні продукти, фрукти та зернові [8, 63, 64].

Існування нітритів та нітратів в їжі, такій як молоко, можуть розглядатися як небезпечні сполуки, коли стан окислення та відновлення в шлунково-кишковому тракті порушений [10]. Ці сполуки мають шкідливий вплив на здоров'я людини завдяки його реакції з природними вторинними амінами, що утворюють сильнодіючі речовини канцерогенні N-нітросоаміни. Оскільки N-нітросполуки легко утворюються при взаємодії, а вторинна аміносполука з нітритом та нітратом у молоці. Крім того, відбувається вибуховий інтерес до токсикології нітросполук при індукції раку в багатьох таких тканинах як легені, нирки, печінка, сечовий міхур, підшлункова залоза, стравохід, язик, мозок, товста кишка та кістки [6].

Молоко може розглядатися як важливий вид їжі, особливо для немовлят через їхні харчові потреби, тому рекомендується контроль якості молока та молочних продуктів, пов'язаний з визначенням мікроелементів [8].

На основі документів, контролюючих органів (FDA США та ЄС) були встановлені максимальні рівні залишків нітратів та нітритів у різних поживних речовинах такі як шпинат (2000–3500 мг/л), салат (3000–5000 мг/л) та дитяче харчування (200 мг/л) [11].

У США та Великобританії гранично допустимі значення споживання нітратів, що надходить в організм людини щотижня різними способами, становить від 400 до 450 мг, що містять 210 та 110 мг від споживання овочів та м'яса відповідно та 85 мг/ л від питної води [11].

Більш пізні методи визначення рівня нітратів та нітритів були всебічно розроблені [11]. Використання багатьох методів, таких як спектрофотометрія, флуориметрія та хемілюмінесценція вимагає тривалого кроку вилучення, втручання в матрицю і обмеження у дослідженні певної кількості проб. Це

робить їх непридатними для повсякденного аналізу великої кількості зразків [11]. Газова хроматографія, мас-спектрометрія (GC–MS) та рідинна хроматографія з флуоресценцією – методи виявлення нітратів у продукції, мають вищу чутливість, надійність і вибірковість при ізоляції цих сполук, порівняно з іншими методами, доступними для точного визначення сліду рівнів нітритів та нітратів у зразках харчових продуктів.

Але ці методи є дорогими, трудомісткими і вимагають великої кількості розчинників, які є корозійними або токсичними на етапах підготовки зразків [12]. Через ці недоліки інтерес до аналітичних прийомів, які можуть замінити класичну методологію збільшується.

Іонна хроматографія – це універсальна і потужна техніка для катіонного та аніонного аналізу сполук завдяки дуже швидкому розділенню та високій роздільній здатності, без вимагання органічного розчинника та низької кількості реагентів та зразків, що призводить до зниження неточності вимірювання [12].

Враховуючи, що молоко є одним з найважливіших джерел для немовлят та дорослих, його необхідно визначити швидко та надійно за використанням аналітичних методів визначення нітритів та нітратів.

Необхідно контролювати рівень нітритів та нітратів у молоці, оскільки їх надлишок може спричинити серйозну проблему здоров'я для споживачів. На жаль, розслідувань щодо нітритів та вміст нітратів у молоці або молочних продуктах в світі практично не проводиться.

Люди зазнають впливу нітратів протягом усього свого існування. Жоден інший з негативних чинників, що з'являються у природі, не пов'язаний так тісно з життєдіяльністю людей.

Нітрати є найпоширенішими токсичними забруднювачами середовища існування людини. Таке забруднення перш за все викликають азотні добрива продукти гниття органічних речовин, промисловості й комунально-побутові відходи, використання побутової хімії. Нітрати накопичуються у воді і продуктах харчування, потім потрапляють в організм тварин і людей. Та при

надходженні нітратів в організм з водою симптоми отруєння проявляються швидше і пробігає складніше, ніж при надходженні їх із продуктами харчування. Але при надлишковому вмісті у воді, продуктах, що споживаються кількість нітратів під дією нітрифікуючих бактерій у слинні та шлунково-кишковому такті, перетворюються у більш токсичні речовини, а саме у нітрити та солі азотної кислоти [12].

Надходячи у кров, нітрити взаємодіють з гемоглобіном еритроцитів, викликаючи зміну речовини у метгемоглобін, і як наслідок – надходження кисню у тканини та органи стає неможливим. Це призводить до кисневого голодування організму. Надзвичайно шкідлива дія нітратів на організм вагітної жінки, оскільки вони викликають вроджені вади розвитку плоду, не рідко постає питання у збереженні, або перериванні вагітності. Особливо чутливі до дії нітритів і нітратів діти грудного віку, бо у них відсутній спеціальний фермент, котрий протидіє виникненню метгемоглобіну. Утворення цього компоненту викликає дуже небезпечне захворювання у новонароджених діточок, під назвою дитяча водно-нітратна метгемоглобіноємія. А також з крові матері нітрати потрапляють через молочні залози у грудне молоко, а з ним – до організму немовлят.

Нітрати спричинюють метгемоглобінемію, нітросоаміни і нітросоаміди – рак, руйнують нервову та серцево-судинну системи, негативно діють на життєдіяльність ембріонів. Смертельна кількість токсичних нітратів для дорослої особи становить від 8 до 14 г. Отруєння в гострішій формі настає при потраплянні до організму 1-4 г нітратів, а перші ознаки отруєння вже помітні через 1-6 годин після надходження їх в організм [12].

Перші ознаки та симптоматика при отруєнні: нудота з блюванням, діарея. Знижується артеріальний тиск та пульс, кінцівки стають холодними. Спостерігається синусоїдна аритмія, дихання частішає. З'являються головний біль, шум у вухах, слабкість, судомні м'язів обличчя, порушується координація рухів, втрата свідомості, можлива кома. При легкій формі спостерігається депресивний стан та сонливість [6].

Якщо декілька десятків років тому головною небезпекою безмежного використання нітратних добрив вважалася метгемоглобінемія, то на даний час більшість дослідників стверджують, що великою проблемою є рак, на першому місці – рак травної системи (шлунку, тонкого і товстого кишківника і т.д.), який формується впродовж 20-30 років після постійного вживання нітратовмісних продуктів.

Канцерогенні нітрозаміни можуть синтезуватися із будь-яких продуктів як в шлунку, так і в кишечнику.

За даними спостереженнями, гострі отруєння трапляються при вживанні води і продуктів рослинництва та тваринництва з надмірним вмістом нітратів. Найбільш чутливі до надлишку нітратів є діти та новонароджені немовлята. При споживанні годуючими матусями високо нітратних овочів, як наслідок – нітрати потрапляють в грудне молоко. Але в організмі матері існує механізм захисту від нітратів, проте можливості його обмежені. Захисний протинітратний механізм у організмі дитини формується лише після досягнення річного віку. Отже, внаслідок потрапляння до організму дитини продуктів харчування з підвищеним вмістом нітратів виникає захворювання під назвою водно-нітратна метгемоглобінемія [12].

Метгемоглобінемія – хвороба, яка пояснюється високим рівнем метгемоглобіну у крові. Метгемоглобін – це вид окисленого гемоглобіну, що втрачає можливість роботи у зворотній реакції з киснем і подавати його до всіх органів організму людини. Такий стан викликає розвиток гіпоксії у людському організмі, особливо небезпечний для дітей. У новонароджених дітей у продовж року спостерігається дефіцит ферментів, які змінюють метгемоглобін, що призводить до його максимального накопичення. Тому дослідники вважають, що чим менший вік немовляти – тим важче буде перебігати хвороба [12].

При перевищенні кількості метгемоглобіну у 50 % від усієї кількості гемоглобіну, організм може припинити своє існування від гіпоксії центральної нервової системи. Перебіг захворювання у дітей, що отруїлися,

проявляється з наступними симптомами: діареєю, нудотою, порушенням нормальної роботи центрально-нервової системи, серцево-судинної системи. Утворення кров'яних тілець відбувається не належним чином і як наслідок – шкіра дитини набуває сірого чи синього відтінку [12].

Для виключення фактору отруєнь нітратами необхідно споживати якісну воду, перевірену у лабораторії. Якість води криниць визначається відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» затверджених наказом МОЗ України № 400 від 12.05.2010 року та залежить від місць розташування колодязів, стану прилеглої території, наявності джерел забруднення, санітарно-технічного стану колодязів та здійснення заходів щодо належного їх утримання.

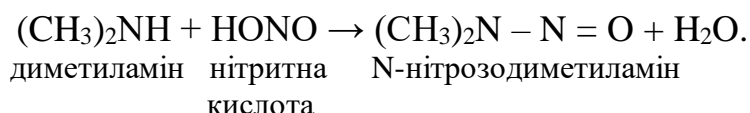
Норма вмісту нітратів у воді криничній становить до 50 мг/л. Рекомендовано вживати заходів щодо профілактики захворювання на метгемоглобінемію та запобігання отруєнь нітратами. Для цього необхідно дотримуватись наступних рекомендацій:

- не готувати дитячі суміші з використання колодязьної води, якщо не встановлена її якість;
- без наявності висновків лабораторних досліджень на вміст нітратів не можна вживати ранні овочі і фрукти;
- не можна вживати ранні парникові овочі з ознаками гнилі або цвілі;
- не можна давати дітям салати із свіжих овочів, які стояли при кімнатній температурі більше 2-х годин, оскільки у них за цих умов також збільшується вміст нітритів;
- слід негайно звертатися за медичною допомогою при отруєнні дітей на початковій стадії, коли проявляються перші ознаки (нудота, діарея, синюшність шкіри і т.д.);
- необхідно забезпечити утримання колодязя у належному стані – своєчасно ремонтувати та очищати його. У весняний і осінній періоди

необхідно проводити профілактичну дезінфекцію води у колодязі двічі на рік з насупним лабораторним контролем ефективності використання методу.

Нітрозосполуки – один з класів хімічних речовин, що належать до канцерогенних. У повітрі житлових приміщень джерелами нітрозосполук є тютюновий дим, опалювальні системи, газові плити, каміни.

В організм людини нітрозосполуки можуть утворюватися під час взаємодії вторинних амінів із нітратною кислотою або її солями:



Багато пестицидів у процесі метаболізму утворюють нітрозосполуки. Серед них: атразин, діамонізид, димефокс, ландрил, прометрин, симазин, тирам, фенурол, цирам, етіофенкарб та ін., разом близько 35 речовин.

Під час технологічної переробки харчових продуктів та кормів, у них здійснюється синтез канцерогенних нітрозосполук з їх попередників (нітратів, нітритів, амідів, амінів та ін.) (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Характеристика розповсюджених канцерогенів

Клас	Назва канцерогену (раціональна, тривіальна, скорочена)	Найбільш чутлива тканина	Неканцерогенні ізомери (аналоги)
Нітрозосполуки	Диметилнітрозамін	Нирки, легені, печінка	–
	N- нітрозодиметиламін	Печінка, легені, епітелій шлунку	–
	Диетилнітрозамін	Печінка, легені	–
	1-Метил-1-нітрузо- сечовина	Легені, молочна залоза, епітелій шлунку, печінка	–

У процесі зберігання рослинних продуктів, особливо за несприятливих умов, а також при технологічній обробці, на консервних заводах утворюються нітрозосполуки. Так, під час сушіння і концентрування трав, вміст таких сполук збільшується від 0 до 150 мкг/кг, у беконі та консервантах – до 100-200 мкг/кг, у окремих копчених ковбасах, де багато спецій – до 1600 мкг/кг, у копченій та солоній рибі – до 110 мкг/кг (табл. 1.5).

Підпорогова концентрація амоній нітрату, яка не впливає на санітарний режим водоймища, складає 10 мг/л. Максимальна його концентрація, яка при постійному впливі протягом довгого часу не викликає порушень біохімічних процесів, складає 2 мг/л. Смертельна доза нітратів для людини – 8-15 г. Допустима добова доза споживання 5 мг/кг

Таблиця 1.5

Характеристика токсичних та потенційно токсичних сполук та їх дії на організм людини

Забруднювач	Основне джерело постачання у середовище	Основний шлях постачання у середовище	Вплив на здоров'я людини
Нітрати, нітрити	Добрива, відходи тваринництва, стічні води	З водою, їжею	Метгемоглобінемія
Нітрозосполуки	Добрива, пестициди, харчові добавки	З водою, їжею	Рак, мутагенна та тератогенна дія

Людина відносно легко переносить дозу в 150-200 мг нітратів на добу; 500 мг на добу – гранично допустима доза; 600 мг на добу – токсична доза для дорослих; 10 мг на добу – токсична доза для немовлят.

Під впливом значної дози нітратів спостерігається гостре отруєння. Найбільш небезпечно, коли надлишкові нітрати не встигають виводитися з

організму або витратитися на синтез біомолекул (амінокислот, білків) і перетворюються на нітрити. Останні, потрапляючи у кров, дезактивують дихальні ферменти, що призводить до зниження у крові вмісту гемоглобіну і порушення її транспортної функції.

1.3. Кругообіг нітратів у біосфері

Поняття про міграцію елементів. Основою динамічної рівноваги і стійкості біосфери є кругообіги речовин і перетворення енергії, які складаються з багатьох процесів. Причому, окремі циклічні процеси являють собою послідовний ряд змін речовини у процесі міграції, що відповідає тимчасовому стану рівноваги. Кругова міграція може відбуватися на обмеженому просторі та протягом нетривалого часу й може охоплювати усю зовнішню частину планети та величезні періоди. При цьому малі колові рухи входять у більш великі, які у своїй сукупності складаються в колосальні геохімічні цикли. Величезне число атомів безперервно залучається у ці міграційні потоки й вільно виходить з них [12].

Кругообіг речовин на Землі складається з кругообігу окремих хімічних елементів. Кругообіг забезпечує невичерпаність необхідних елементів на Землі.

Під міграцією речовин на земній поверхні розуміють усі форми їх переміщення, розподілу і накопичення. Виділяють 4 основних типи міграції: механічна, фізико-хімічна, біогенна, техногенна.

I. Механічна міграція (механогенез) – перенесення і сортування уламків мінералів і гірських порід відповідно до їх фізичних властивостей (розмірів, міцності, формі, щільності й ін.). Вона обумовлена роботою рік, течій, вітру, льодовиків, вулканів, тектонічних сил і інших факторів.

Характерне явище механогенезу – роздріблення гірських порід і мінералів, що веде до збільшення ступеня їхньої дисперсності, розчинності, розвитку сорбції. При диспергуванні різко збільшується сумарна поверхня часток, а отже – і їхня поверхнева енергія. Збільшується й розчинність

мінералів, багато мінералів при цьому розкладаються. (Так, при диспергуванні сульфідів відбувається їхнє часткове розкладання на метал і сірку. Гідратні мінерали виділяють воду.)

При механічній міграції важливим фактором є щільність мінералів, твердість, піддатливість до вивітрювання мінералів. Тверді мінерали (наприклад, циркон, алмаз, каситерит) добре зберігаються в опадах, тому що при механічному переносі стираються на превелику силу [12].

Здатність мінералів опиратися стиранню називається абразивною міцністю. Абразивна міцність залежить не тільки від твердості мінералів, але й від їхньої хімічної стійкості.

Показником механічної міграції (P_m) є річна витрата зважених часток у створі річки в т/км² площі басейну.

Показник механічної міграції залежить від: клімату, геологічної будови місцевості, рельєфу.

Максимальна величина P_m характерна для аридних гір ($P_m = 1000$ т/кв. км), мінімальна – для гумідних лісових рівнин.

У механічній міграції більшу роль відіграють еолові процеси.

За А. П. Лисициним, перенос речовини в атмосфері може бути трьох видів:

- а) стратосферний (на висоті 15-60 км);
- б) тропосферний (на висоті 8-12 км, частки можуть мігрувати на сотні й тисячі кілометрів);
- в) локальний (міграція на десятки й сотні кілометрів).

Існує гіпотеза про еолове утворення лесів, покривних суглинків, пісків пустель. Особливо велика була роль еолових процесів у льодовикові періоди з їх сухим холодним кліматом і сильними вітрами. Наявність курних бур установлена на Марсі.

Механічна міграція на схилах зобов'язана таким процесам, як:

- а) дефлюкція (сповзання грузлого або пластичного потоку);
- б) солифлюкція (сповзання перезволоженої маси на мерзлій основі);

в) крип (переміщення при спільній дії сили ваги й інших факторів).

II. Фізико-хімічна міграція – це процес пов'язаний з переміщенням хімічних елементів у природних водах, силікатних розплавах (магмах), атмосфері, що підпорядковується закономірностям фізико-хімічних процесів (дифузії, сорбції, розчинення, осадження й ін).

Інтенсивність і напрямок міграції хімічних елементів залежать від внутрішніх і зовнішніх факторів.

До внутрішніх факторів міграції відносяться:

- особливості іонів;
- форма, у якій присутній елемент;
- хімічні властивості елемента.

До зовнішніх факторів міграції відносять фізико-хімічні й біологічні умови міграції:

- лужно-кислотні й окислювально-відновні умови;
- водний режим;
- температурний режим;
- тиск;
- життєдіяльність живих організмів.

Внутрішні фактори фізико-хімічної міграції включають:

1. Особливості іонів.

Електростатичні властивості іонів – це група факторів, що враховується тільки при міграції елементів у вигляді іонів.

Іонна міграція характерна для:

- водних розчинів,
- магматичних розплавів,
- газових сумішей,
- живої речовини.

Електростатичні властивості іонів багато в чому обумовлені розмірами іонних радіусів елементів.

Зі збільшенням радіуса іона звичайно зростає дальність міграції.

Показниками електростатичних властивостей іонів є іонний потенціал Картледжа й енергетичні коефіцієнти іонів.

Іонний потенціал Картледжа розраховують по формулі:

$$ПК = W / 10R_i,$$

де ПК – потенціал Картледжа, W – валентність іона, R_i – радіус іона, нм.

По цьому показнику хімічні елементи діляться на 3 групи:

- ПК нижче 3. Елементи з такими значеннями потенціалу звичайно легко переходять у природні води із твердої фази у вигляді іонів і не утворюють комплексних сполук: K, Na, Ca, Li, Rb, Cs, Ba.

- ПК від 3-12. Елементи з такими значеннями потенціалу Картледжа утворюють важкорозчинні гідролізовані сполуки. Fe, Al, Zr, V, Cr і ін.

- ПК вище 12. Елементи цієї групи, з'єднуючись із киснем, утворюють комплексні розчинні сполуки. Це B, C, N, P, S.

Залежно від умов Si і Mo можуть поводитися і як елементи 2-ї групи і як елементи 3-ї групи.

Енергетичні коефіцієнти відбивають послідовність кристалізації мінералів з розчинів і розплавів та обумовлені, в основному, енергією їхніх кристалічних решіток.

Енергетичні коефіцієнти іонів розраховують по наступних формулах (А. Е. Ферсман):

$$EK_{\text{катіонів}} = (W^2 \div 20R_i) \times [0,75(10R_i + 0,2)],$$

$$EK_{\text{аніонів}} = (W^2 \div 20R_i)$$

Іони з більшими значеннями ЕК випадають із розчинів раніше. У процесах міграції вони менш рухливі й тому накопичуються в елювії.

Іони з малими енергетичними коефіцієнтами (Na, K, Rb, Cs, Li) мають легку розчинність і високу міграційну здатність.

Ступінь електролітичної дисоціації характеризує кількість іонів, що утворилися при розчиненні речовини.

Показником ступеня дисоціації є коефіцієнт дисоціації, він залежить від природи як розчиненої речовини, так і розчинника, і тому цей показник

можна віднести як до внутрішніх, так і до зовнішніх факторів міграції.

Ступенем електролітичної дисоціації визначається послідовність випадання речовини в осад.

Однак неможливо пояснити всю розмаїтість міграційних процесів властивостями іонів, тому що багато елементів мігрують у вигляді недисоційованих молекул, особливо це стосується гідроксидів.

Неіонна форма переважає й в органічних сполуках (колоїдні міцели), багато з яких добре розчинні у воді (фульвокислоти, наприклад). У комплексах з органічною речовиною мігрують і багато металів.

2. Форма, у якій перебуває елемент, і відповідно його хімічні властивості.

В.І. Вернадський виділяв 4 форми перебування елемента в природі:

- гірські породи й мінерали,
- жива речовина,
- магми (силікатні розплави),
- розсіювання.

Природно, що інтенсивність міграції елементів, що знаходяться у різних формах і з'єднаннях – різна. Наприклад, Na-Альбіту ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) і Na-Галіту (NaCl): мінерали характеризуються різною розчинністю й абразивною міцністю, швидкість міграції натрію із цих двох мінералів відрізняється доволі значно.

Метали можуть накопичуватися в земній корі у вигляді карбонатів, оксидів, сульфатів, сульфідів і т.д. У цілому, існує така закономірність: кисневі сполуки металів на земній поверхні більш стійкі, чим, наприклад, сульфіди.

Зовнішні фактори міграції: температурний режим, тиск, кислотно-лужні умови середовища або окисно-відновні умови, водний режим та життєвість живих організмів.

Температурний режим. З підвищенням температури збільшується міграційна здатність елементів, що перебувають у розчинах і розплавах, підвищується швидкість хімічних реакцій (принцип Ле-Шательє).

Тиск. При вивченні гідротермальних, магматичних і метаморфічних процесів обов'язково враховують такий зовнішній фактор, як тиск.

У межах біосфери й ґрунтів тиск істотного впливу не надає, тому що значної зміни його не спостерігається.

Кислотно-лужні умови середовища. Концентрація іонів H^+ також значно впливає на водну міграцію елементів у зоні гіпергінезу (вивітрювання). Цей фактор контролює осадження з розчинів багатьох сполук, коагуляцію колоїдів, впливає на надходження елементів у рослини, на рухливість багатьох металів (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Значення рН початку осадження гідрооксидів деяких елементів з розведених розчинів (В. А. Алексєєнко)

Елемент	рН	Елемент	рН	Елемент	рН	Елемент	рН
Zr ⁴⁺	2,0	Al ³⁺	4,1	Cd ²⁺	6,7	Hg ²⁺	7,3
Sn ²⁺	3,0	U ⁶⁺	4,2	Ni ²⁺	6,7	Ce ³⁺	7,4
Ce ⁴⁺	2,7	Cr ³⁺	5,3	Co ²⁺	6,8	La ³⁺	8,4
Fe ³⁺	2,48	Cu ²⁺	5,3	Y ³⁺	6,8	Ag ⁺	9,0
Hg ⁺	3,0	Fe ²⁺	5,5	Sm ³⁺	6,8	Mn ²⁺	9,0
In ³⁺	3,4	Be ²⁺	5,7	Zn ²⁺	7,0	Mg ²⁺	10,5
Th ⁴⁺	3,5	Pb ³⁺	6,0	Nd ³⁺	7,0		

Утворення комплексних аніонів сильно ускладнює цю картину. Наприклад, рН осадження $UO_2(OH)_2$ 3,8-6,0 (залежно від концентрації урану в розчині). При значеннях рН вище 6 міграція UO_2^{2+} не повинна відбуватися. Але відомо, що уран у таких водах мігрує. Це пов'язане з утворенням розчинних карбонатних комплексів. Для більшості металів

утворення комплексних іонів підвищує рН осадження гідрооксидів і підвищує розчинність взагалі.

Na, Ca, K, Rb, Cs у земній корі не утворюють гідрооксидів і для їхнього осадження рН вод має лише непряме значення, як фактор, що впливає на сорбцію, розчинність солей і т.д.

Необхідно мати на увазі, що підвищення температури змінює іонний добуток води $[H^+] \times [OH^-]$ і при $t=100^\circ C$ у нейтральному середовищі рН 6,12, а при $t=400^\circ$ – 5,5, а отже, змінюються в термальних водах і розчинності гідроксидів металів.

Окисно-відновні умови. Ці умови дуже сильно впливають на міграцію елементів. Найважливіші окислювачі – O_2 , Fe^{3+} , Mn^{4+} , відновники – S^{2-} , Fe^{2+} , H_2 .

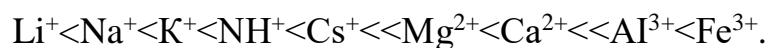
У безкисневій обстановці (для ґрунтів – глеєве середовище) збільшується міграційна здатність катіоногенних елементів і зменшується – аніоногенних, прискорюється розкладання алюмосилікатів.

У відновному сірководневому середовищі H_2S вступає в реакції з багатьма металами, викликаючи їхнє осадження з розчину.

Відновне середовище навіть періодичного характеру в теплу пору року супроводжується інтенсивною міграцією сполук Fe, Mn, Co, Ni, Cu. При посиленні анаеробних умов залізо присутнє в болотних водах у вигляді Fe^{2+} . Чим менший доступ кисню й нижче значення рН – тим вища рухливість сполук заліза. У періоди аерації починається перехід Fe^{2+} в Fe^{3+} і інтенсивне випадання в осад, нагромадження його сполук [12].

Особливу роль у водній міграції відіграють колоїди. Міграція в колоїдній формі характерна для гумусу, сполук Si, Al, Fe, Mn, Zr, Sn, V, Cr, Ni і багатьох інших елементів.

Одна з особливостей процесу сорбції на колоїдах – селективність. Склад сорбованих речовин багато в чому визначається зарядом сорбенту. Переважно сорбуються іони, що мають спільне атомне групування. Краще сорбуються полівалентні, чим моновалентні іони, а серед моновалентних – ті, чий радіус більший:



Таким чином, фізико-хімічна міграція підкоряється законам фізики й хімії й обумовлюється такими процесами, як дифузія, розчинення, осадження, сорбція, десорбція й т.д. При цьому вона може протікати в іонній або колоїдній формі.

Інтенсивність міграції виражається швидкістю переходу в рухомий стан одного грама речовини даного елемента:

$$P_x = 1/V_x \times dB/dt,$$

де p_x – інтенсивність міграції;

V_x – число атомів елемента, що перейшли в рухомий стан;

dB/dt – число атомів елемента, що перейшли в рухомий стан за час dt .

Чим більше величина V_x , тим менше інтенсивність міграції. Величина V_x залежить від кларка концентрації (K_k) елемента. При подібних хімічних властивостях елемент із меншим K_k мігрує інтенсивніше.

Міграційна здатність хімічних елементів різниться дуже значно, але все-таки вдається згрупувати елементи по їхній рухливості і такі спроби робили неодноразово.

Докладна геохімічна класифікації елементів по особливостях їхньої міграції в ландшафтах була дана А. І. Перельманом. В основі цієї класифікації лежить розподіл на повітряні й водні мігранти. Перші мігрують як у газоподібному стані, так і з водяним розчином. Другі – в газоподібному стані не мігрують або мігрують слабо.

У класифікації врахована залежність міграційної здатності хімічних елементів у різних окислювально-відновних середовищах.

III. Біогенна міграція – одна з найбільш складних форм міграції, обумовлена сукупною життєдіяльністю живих організмів.

Рослинність і тваринні організми втримують у своїх тканинах мільярди тонн мінеральних речовин.

Чим більше біогенне значення хімічних елементів – тим краще вони захищені від прямого виносу ґрунтовими й річковими водами.

Тому елементи з високим ступенем біогенності (P, Ca, K, S, C, N) мають меншу міграційну здатність, чим елементи, що не відіграють на стільки суттєвої ролі в хімічному складі живої речовини (Cl, Na, Mg).

Хімічні елементи малої біогенності легко відкидаються або мало захоплюються живими організмами, тому вони:

- характеризуються високою міграційною здатністю й виносяться далеко за межі ареалу свого утворення,
- беруть участь у процесах соленакопичення (карбонати й бікарбонати, сульфати й хлориди натрію й магнію).

Жива речовина активно впливає на геохімічне середовище, диференціацію, відтік і затримку хімічних елементів через харчові ланцюги, метаболіти, постмортальні залишки.

Кларки живої речовини вперше підрахував В. І. Вернадський, а уточнили А. П. Виноградов і В. В. Добровольський:

- Повітряні мігранти (98,8%): O – 70; C – 18; H – 10,5; N – 0,3;

- Водні мігранти (1,2%):

Макроелементи: Ca – 0,5; K – 0,3; Si – 0,2; Mg – 0,04; P – 0,07; S – 0,05; Na – 0,02; Cl – 0,02; Fe – 0,01%.

Мікроелементи: Mn – $9,6 \times 10^{-3}$, Al – 5×10^{-3} , Zn – 2×10^{-3} , Sr – $1,6 \times 10^{-3}$, Ti – $1,3 \times 10^{-3}$, B – 1×10^{-3} , Ba – 9×10^{-4} , Cu – $3,2 \times 10^{-4}$, Zr – 3×10^{-4} , Rb – 2×10^{-4} , Br – $1,6 \times 10^{-4}$, F – $1,4 \times 10^{-4}$, Pb – 1×10^{-4} , Ni – 8×10^{-5} , Cr – 7×10^{-5} , V – 6×10^{-5} , Li – 6×10^{-5} , Co – 4×10^{-5} , Y – 3×10^{-5} , La – 3×10^{-5} , Mo – 2×10^{-5} , I – $1,2 \times 10^{-5}$, Sn – 1×10^{-5} , As – 6×10^{-6} , Be – 4×10^{-6} , Ga – 2×10^{-6} , Se – 2×10^{-6} , W – 1×10^{-6} , Ag – $1,2 \times 10^{-6}$, U – 8×10^{-7} , Hg – 5×10^{-7} , Sb – 2×10^{-7} , Cd – 2×10^{-7} , Au – 1×10^{-8} , Ra – $n \times 10^{-12}$.

- Елементи, що виявлені в живій речовині, але не установлені їх кларки: He, Ne, Ar, Sc, Kг, Mb, Rh, Pd, In, Te, Xe, Ta, Tl, Bi, Th.

- Не виявлені в живій речовині (на сьогоднішній день): Ru, Hf, Re, Os, Ir, Po, Ac, Tc, At, Fr (три останні елемента не знайдені і в земній корі).

Із цих даних можна зробити висновок:

1. Кларки концентрацій живої речовини зменшуються з ростом атомної маси елементів.

2. Організми – кисневі істоти.

3. Головна особливість історії живої речовини – утворення з газів і перетворення після смерті в газ.

4. Рухливі в земній корі елементи активно захоплюються живою речовиною, мало рухливі – слабо захоплюються (яскравий приклад – алюміній, вміст якого в земній корі 8,05 – на третьому місці після O і Si, а в живих системах – це мікроелемент).

В. І. Вернадський в 1937 році ввів у науку поняття кларки концентрацій (K_k). Під K_k він розумів відношення середнього вмісту елемента в даній системі до його середнього вмісту в земній корі.

А. І. Перельман запропонував K_k у живих організмах назвати – біофільність – відношення середнього вмісту елемента в даному живому організмі до його середнього вмісту в земній корі. Біофільність хімічних елементів коливається в дуже широких межах. Так, для C біофільність становить 780, для N – 160, для H – 70, O – 1,5, Cl – 1,1. В інших елементів біофільність менше 1. Найменша біофільність в Al, Fe, Ti.

Жива речовина вибірково поглинає й накопичує деякі хімічні елементи. Тому дуже важливо в біогеохімії вивчати склад мінеральної частини живої речовини, тобто склад золи. Ця здатність живої речовини характеризується коефіцієнтом біологічного поглинання.

Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП або A_x) – це емпіричний біогеохімічний показник, що характеризує інтенсивність біологічного поглинання елементів.

Обчислюється він по формулі (запропонована А. І. Перельманом):

$$A_x = I_x / n_x,$$

де $A_x = K_{бп}$; 1_x – вміст елементів у золі рослини; n_x – вміст елемента x у породі або в ґрунті, кларк літосфери.

Таким чином, A_x показує, у скільки разів вміст елемента в золі вище, ніж у літосфері (у породі, ґрунті).

КБП – не константа. Він може мінятися залежно від пори року, фази вегетації, віку рослини, властивостей ґрунту й т.д. Залежить поглинання елементів із ґрунту й від виду рослин.

Б. Б. Полинов по величині цього коефіцієнта побудував ряди біологічного поглинання для головних хімічних елементів, А. І. Перельман уточнив цю класифікацію (табл. 1.7).

Вийшло 5 груп елементів, що характеризуються різною інтенсивністю використання живими організмами: від енергійного нагромадження до дуже слабкого захоплення.

Таблиця 1.7

Ряди біологічного поглинання (за А. І. Перельманом)

Елементи	Інтенсивність нагромадження	Коефіцієнт біологічного поглинання		
		1 n	0.1 n	0,1 n- 0,001 n
Біологічного нагромадження	Енергійного	P, S, Cl, Br, J	K, Mg, B, Se	Mn, F, Ba, Ni, Cu, Ga, Co, Pb, Sn, As, Mo, Hg, Ag, Ra
Сильного		Ca, Na, Sr, Zn		
Біологічного захвату	Слабкого нагромадження й середнього захвату			Si, Al, Fe, Ti, Zr, Rb, V, Cr, Li, Y, Nb, Th, Sc, Be, Cs, Ta, U, W, Sb, Cd
Слабкого й дуже слабкого захвата				

IV. Техногенна міграція – перенесення і перерозподіл хімічних елементів і їхніх сполук на поверхні й у верхніх горизонтах Землі під впливом техногенних факторів (факторів техногенеза). Техногенез – процес зміни природних комплексів під впливом виробничої діяльності людини.

Техногенез – сукупність геохімічних і геофізичних процесів, пов'язаних з діяльністю людства, вже значно змінив і продовжує змінювати геохімічні умови в біосфері.

У геохімічному аспекті техногенез призводить до:

- 1) вилуговування хімічних елементів із природного середовища (літосфери, атмосфери, гідросфери) і їхнього концентрування;
- 2) перегрупування хімічних елементів, зміни хімічного складу сполук, у які ці елементи входять, а також створення нових хімічних речовин;
- 3) розсіювання залучених у техногенез елементів у навколишньому середовищі.

Розсіювання залучених у техногенез елементів має часто побічний, непередбачений ефект (викиди техногенних речовин в атмосферу, забруднення ґрунтів і водойм промисловими стоками, твердими відходами промислового виробництва, викиди при аварійних ситуаціях і ін.).

Поряд зі стихійним розсіюванням існує навмисне, заздалегідь заплановане розсіювання продуктів техногенезу: внесення хімічних добрив, пестицидів, зрошення стічними водами і компостами з полів та ін.

Усі ці речовини, крім безпосереднього позитивного ефекту, передбаченого технологією сільськогосподарського виробництва, мають і побічну як позитивну, так і негативну дію.

Негативна дія техногенеза поєднується поняттям – забруднення природного середовища. Термін «забруднення природного середовища» застосовується досить широко.

Під «забрудненням» розуміють надходження в навколишнє середовище продуктів техногенезу, що спричиняють шкідливий вплив на людину, на біологічні компоненти, а також на технічні спорудження.

Звертається увага на звичайне для всіх природних і достатньо стійких геосистем періодичне коливання концентрації різних речовин – добових, сезонних, багаторічних – з визначеними верхніми і нижніми граничними значеннями.

Перехід за межі граничних концентрацій, обумовлений як природними екстремальними процесами, так і техногенними факторами, призводить до порушення нормального режиму функціонування геосистем. Термін «забруднення» пропонується зберегти лише для техногенного надходження речовин. У різних геосистемах геохімічний нормальний фон й амплітуда його тимчасових змін істотно різні, тому не існує і єдиного рівня концентрації тих чи інших техногенних речовин, що викликають ефект забруднення, так само як і дуже умовні єдині норми гранично припустимих концентрацій.

Постає питання: які повинні бути критерії для віднесення тієї чи іншої території, що знаходиться під впливом техногенних факторів, до категорії «забруднених» чи «незабруднених»?

Відповідно до положення В. І. Вернадського про провідну геохімічну роль живої речовини в біосфері і біокосних тілах, основним критерієм забруднення території повинен бути стан і функціонування властивій даній системі живих організмів.

У незабруднених біокосних системах межі коливань концентрації техногенних речовин, а також форми їхнього знаходження в даній системі повинні задовольняти наступним умовам:

- не порушуються газові, концентраційні й окислювально-відновні функції живої речовини системи, що регулюють геохімічне самоочищення системи;

- біохімічний склад первинної і вторинної продукції не змінюється настільки, щоб викликати порушення життєвих функцій у якому-небудь з ланок харчових ланцюгів не тільки даної системи, але і за її межами (при відчуженні біологічної продукції);

- не знижується біологічна продуктивність системи;
- не знижується інформативність системи: зберігається необхідний для існування системи генофонд. При порушенні перерахованих умов відбувається техногенна трансформація даної природної системи, а при критичних рівнях техногенного впливу – її руйнування.

Підрахунки мас хімічних елементів, які щорічно входять у техногенні потоки, і порівняння їх з масами елементів, що беруть участь у природних геохімічних потоках (річковий гідрохімічний стік, біологічний колообіг), свідчать, про те, що з 60-х років ХХ століття геохімічна діяльність людства не є меншою за потужність природних процесів.

Людство щорічно видобуває з надр і звільняє при спалюванні горючих копалин (особливо вугілля) багато хімічних елементів у рівній чи більшій кількості, аніж вони споживається рослинністю суші для створення річного приросту.

З надр щорічно добувається більше, ніж залучається в біологічний кругообіг: Cd – більш ніж у 160 разів, Sb – у 150, Hg – у 110, Pb – у 35, As, F – у 15, Sn – у 5, Cu – у 4, Mo – в 3 рази.

Видобуток Ag, Cr, Ni, Zn приблизно дорівнює щорічному споживанню рослинністю.

Становлення ноосфери супроводжується не тільки глобальним підвищенням концентрації в біосфері елементів з низькими природними кларками, але і зміною співвідношення окремих пар елементів (у залежності від сучасного рівня їхнього видобутку і співвідношення їх у горючих копалинах).

Ступінь використання (видобування) елемента відносно його вмісту в літосфері називають його технофільністю. Поняття «технофільність елементів» було введено О. І. Перельманом (1973).

Показник технофільності – це відношення маси щорічного видобутку елемента до його кларку в літосфері. Самим технофільним елементом є вуглець: $T_c = 1,1 \times 10^{11}$. Найменш технофільні Y, Ga, Cs, Th. Технофільність

елементів змінюється в часі і залежить від використання і видобутку визначених груп елементів.

Іншим показником техногенезу М.А. Глазовська запропонувала визначати деструкційну активність елемента – тобто ступінь небезпеки елемента для живих організмів (Д):

$$Д = Т / Б,$$

де Т – технофільність; Б – біофільність (кларк концентрації елемента у живій речовині); Д – характеризує ступінь небезпеки елемента для живих організмів: $Д_{Cd, F} = n \times 10^3$; $Д_{Sb, As, U, Pb} = n \times 10^2$; $Д_{Se, Be, B, Sn} = n \times 10$; для інших < 1 .

Техногенний геохімічний тиск – кількість елемента, що виводиться щорічно з техногенного потоку в природний (Н. Ф. Глазовский).

Відношення цього показника до одиниці площі має назву – модуль техногенного геохімічного тиску. Модуль техногенного геохімічного тиску вимірюється в т/км².

Техногенні аномалії й техногенні бар'єри. Використовуючи систему показників, що характеризує техногенні системи, можна встановити наявність у тому або іншому регіоні техногенних геохімічних аномалій (відхилень викликаних надмірним вмістом техногенного забруднювача). Розміри аномалій можуть бути різні.

Глобальні аномалії охоплюють всю земну кулю. До них відносять підвищений вміст CO₂ в атмосфері, що став результатом спалювання палива, нагромадження Sr⁹⁰ після ядерних вибухів.

Регіональні аномалії поширюються на материки, країни, зони, області, провінції. До регіональних аномалій призводять такі антропогенні явища, як застосування мінеральних добрив, отрутохімікатів.

Локальні аномалії пов'язані з конкретним заводом, рудником, містом. Це, наприклад, підвищений вміст металів у ґрунтах і водах навколо металургійних підприємств. Їхній радіус обмежується декількома десятками кілометрів.

Техногенні аномалії діляться на:

- літохімічні (у ґрунтах, породах),
- гідро геохімічні (у водах),
- атмогеохімічні (в атмосфері),
- біогеохімічні (у живих організмах).

Сукупність техногенних аномалій від локального джерела називається техногенним ореолом і потоком розсіювання. Звичайно техногенний ореол включає всі види аномалій.

Техногенна аномалія може бути результатом зменшення інтенсивності міграції. Така ділянка називається техногенним геохімічним бар'єром. Техногенні бар'єри можуть бути корисними, шкідливими й нейтральними. Наприклад, вторинне засолення – результат шкідливого техногенного бар'єра. А такі заходи щодо підвищення родючості ґрунтів, як вапнування, призводять до виникнення корисного техногенного бар'єра й нагромадженню елементів харчування.

Геохімічні бар'єри – це ті ділянки земної кори, у яких на коротких відстанях відбувається різке зменшення інтенсивності міграції хімічних елементів і, як результат – їхнє нагромадження (поняття в 1961 році ввів у науку А. І. Перельман).

Виділяють макро-, мезо- і мікробар'єри. До макробар'єрів належать, наприклад, дельти рік – зони змішання прісних річкових і солоних морських вод. Ширина таких бар'єрів може досягати сотень і тисяч метрів (але це не велика величина в порівнянні з довжиною ріки й акваторією моря).

До мезобар'єрів належать крайові зони боліт, водоносні горизонти артезіанських басейнів. У результаті тут накопичуються багато елементів, вилужених із ґрунтів вододілів і схилів. Ширина таких бар'єрів може досягати десятки й сотні метрів.

Мікробар'єри зустрічаються набагато частіше, у тому числі в ґрунтах. По суті, нагромадження в ґрунтових горизонтах таких новоутворів, як білоглазка, ортштейни, різні кори (сольова, латеритна) – результат зміни

інтенсивності міграційних потоків у ґрунтовому профілі. Причина зменшення швидкості – зміна умов.

В основу класифікації геохімічних бар'єрів покладені різниці в міграції.

Виділяють два основних типи бар'єрів – природні й техногенні.

У свою чергу, і в тих і в інші виділяють: механічні, фізико-хімічні, біогеохімічні бар'єри.

Механічні бар'єри – ділянки різкого зменшення механічної міграції. До них належать різні продукти механічної диференціації опадів.

У місцях різкого зменшення інтенсивності фізико-хімічної міграції формуються фізико-хімічні бар'єри. Це ділянки земної поверхні, де різко змінюються температура, тиск, окислювально-відновні, луго-кислотні й інші умови.

Бар'єри класифікуються на види за нагромадженням хімічних елементів:

Кисневі (окисні) бар'єри. Їх утворення пов'язане з різкою зміною окислювально-відновних умов на протилежні в ландшафті. Наприклад, ґрунтові води, збагачені залізом і марганцем, у вигляді бікарбонатів або органічних комплексів поблизу поверхні ґрунтів, на окраїнах боліт, в озерах утворюють Fe – Mn конкреції, болотні й озерні руди, поклади самородкової сірки.

Сірководневі відновні (сульфідні) – кислі або глеєві води контактують із сірководневим середовищем: $pH > 7$, $Eh < 0$. Концентруються метали, утворюючи сульфідні заліза, свинцю, міді, цинку.

Глеєві відновні бар'єри – кислі води зустрічаються з відновним середовищем ($Eh < 300-200$ мВ). Накопичуються важко розчинні сполуки ванадію, селену, міді, урану.

Лужні бар'єри – виникають у ґрунтових горизонтах, де спостерігається стрибок pH і зміна кислого або слабо кислого середовища на лужне. Наприклад, на контакті силікатних і карбонатних порід утворюються

горизонти, збагачені кальцієм, магнієм, марганцем, барієм, стронцієм, ванадієм, цинком, міддю, кобальтом, свинцем, кадмієм.

Кислі бар'єри – формуються в зонах ландшафту при різкій зміні умов рН у більш кислу сторону. На кислих бар'єрах осаджуються миш'як, молібден, селен.

Випарювальні бар'єри – проявляються в аридних умовах. Є два різновиди випарювальних бар'єрів:

- а) верхні – на поверхні ґрунту,
- б) нижні – на рівні ґрунтових вод.

Тут спостерігається утворення засолених ґрунтів і нагромадження Са, Mg, К, Na, F, S, Sr, Cl, Pb, Zn, V, Ni, Мо.

Сорбційні бар'єри – характерні для ілювіальних і гумусових горизонтів ґрунтів. В основі сорбційного поглинання лежить поглинальна здатність ґрунту.

У природі спостерігається приуроченість основних геохімічних бар'єрів до певних ґрунтів, порід. А. І. Перельман дає наступні приклади поширеності геохімічних бар'єрів:

Сірчаноокислі бар'єри – рудні тіла сульфідних родовищ.

Кислі бар'єри – дерново-підзолисті, червоноземні, сірі лісові, бурі лісові ґрунти, солоді.

Нейтрально-карбонатні бар'єри – чорноземні, каштанові, сіроземні ґрунти, рендзини.

Хлоридно-сульфатні бар'єри – верхні горизонти деяких солончаків.

Содові бар'єри – солонці.

Безкарбонатні глеєві бар'єри – лугові й болотні ґрунти північних степів, лісової й тундрової зон.

Соленосний глеєвий – солончаки зі слабо відновним середовищем.

Гіпсовий глеєвий – гіпсові горизонти лугових ґрунтів.

Содовий глеєвий – содові лугові солонці.

Соленосно-сульфідний – нижні горизонти солончаків.

Содовий сірководневий – солонцюваті солонці.

Біогеохімічні бар'єри – результат зменшення інтенсивності біогенної міграції. Вугільні поклади, торф, концентрація елементів у тілах організмів – наслідок таких процесів.

Техногенні бар'єри також розділяють на механічні, фізико-хімічні, біогеохімічні. Сутність цих бар'єрів стає зрозумілою тільки при урахуванні техногенної міграції.

Залежно від напрямку потоків міграції хімічних елементів у ландшафті, на шляху яких виникають геохімічні бар'єри, останні ділять на 2 групи: радіальні (вертикальні) і латеральні.

Радіальні бар'єри стають на шляхах міграції хімічних елементів при їхньому вертикальному русі. Багато в чому саме завдяки існуванню цих бар'єрів спостерігається диференціація хімічних елементів у ґрунтовому профілі.

Латеральні бар'єри виникають на межах геохімічних контрастних елементів ландшафту (наприклад, на межах фацій, крайових зонах боліт і т.д.).

Для характеристики геохімічних бар'єрів застосовують наступні показники.

Градiєнт бар'єра (G), що характеризує зміну геохімічних показників у напрямку міграції хімічних елементів:

$$G = m_1 - m_2 / l,$$

де m_1 – значення геохімічного показника до бар'єра; m_2 – його значення після бар'єра; l – ширина бар'єра.

Контрастність бар'єра (S) – характеризується відношенням величини геохімічних показників у напрямку міграції до та після бар'єра:

$$S = m_1 / m_2,$$

Інтенсивність нагромадження елемента, наприклад при рудоутворенні, збільшується з ростом контрастності й градієнта бар'єра.

На геохімічних бар'єрах утворюються рудні тіла більшості родовищ корисних копалин, і саме поняття геохімічних бар'єрів виявилось дуже корисним для розробки методики пошуків корисних копалин. Вивчення бар'єрів важливо й у боротьбі із забрудненням навколишнього середовища.

Біогеохімічні цикли найважливіших хімічних елементів. Кругообіги речовин визначаються як біогеохімічні кругообіги, оскільки насамперед проходять через гірську породу, ґрунт, воду, а в органічних молекулах – через живі організми. У природному циклі речовини виділяють два цикли – екзогенний і ендегенний. Залучені у біогеохімічний цикл речовини складають два великих «фонди»:

- обмінний фонд, речовина якого здійснює постійну циркуляцію між живими організмами і навколишнім середовищем;
- резервний фонд, речовина якого не бере участі у кругообігу, але яка може бути залучена. За місцем зосередження більшості речовин резервного фонду усі біогеохімічні цикли поділяють на осадові цикли (резервний фонд у земній корі) і цикли газоподібних речовин (резервний фонд у атмосфері).

Кругообіг Нітрогену. Під час розкладання органічних речовин значна частина азоту, що в них міститься, перетворюється на аміак, який під впливом нітрифікуючих (від лат. *нітрум* – селітра і *фаціо* – роблю) бактерій, котрі живуть у ґрунті, перетворюється на азотну кислоту (HNO_3). Остання, вступаючи у хімічні реакції, утворює розчинні нітрати. Деяка частина вільного азоту, що утворюється у процесі гниття організмів, потрапляє в атмосферу. Туди виділяється також азот, який утворюється у процесі спалювання дров, кам'яного вугілля, торфу. Крім того, вільний азот в атмосферу виділяється завдяки діяльності денітрифікуючих бактерій, здатних руйнувати нітрати [5].

Отже, очевидно, що не весь азот, який входив до складу загиблих рослин і тварин, повертається у ґрунт. Безперервна втрата ним азотних сполук могла б призвести до припинення життя, якби не існували процеси, що відновлюють втрати азоту ґрунтом. До них, зокрема, належать

атмосферні електричні розряди, при яких завжди утворюється певна кількість оксидів азоту. Взаємодіючи з парами води, вони утворюють азотну кислоту, що у ґрунті перетворюється у нітрати.

Важливим джерелом поповнення азотних сполук ґрунту є азотобактерії, що мають унікальну здатність – засвоювати атмосферний азот. Найвідоміші з них – так звані бульбочкові бактерії, що поселяються на коренях рослин родини бобових, викликаючи утворення «бульбочок». Засвоюючи атмосферний азот, вони переробляють його в азотні сполуки, котрі рослини, у свою чергу, перетворюють у білки, нуклеїнові кислоти та інші органічні речовини. Таким чином, у природі відбувається безперервний кругообіг азоту. Щороку з урожаєм з полів вивозять рослини. Через це повернення у ґрунт сполук азоту в агроценозах дуже обмежене. Тому під час вирощування наступних культур, у ґрунт обов'язково вносять органічні або мінеральні добрива, що містять азот, відшкодовуючи таким чином втрати ґрунтом хімічних елементів, насамперед азоту, котрий є важливою складовою мінерального живлення рослин.

Незважаючи на найбільшу складність, кругообіг азоту здійснюється швидко і безперешкодно. Повітря, що містить 78 % азоту, одночасно слугує і величезним вмістилищем і запобіжним клапаном системи. Він безперервно і в різних формах живить кругообіг азоту.

Цикл азоту полягає у наступному. Його головна роль полягає в тому, що він входить до складу життєво важливих структур організму – амінокислот білка, а також нуклеїнових кислот. У живих організмах міститься приблизно 3 % всього активного фонду азоту. Рослини споживають приблизно 1 % азоту; час його кругообігу складає 100 років.

Від рослин-продуцентів азотовмісні сполуки переходять до консументів, від яких після відщеплення амінів від органічних сполук азот виділяється у вигляді аміаку або сечовини, а сечовина потім також перетворюється в аміак (внаслідок гідролізу).

Надалі, в процесах окислення азоту аміаком (нітрифікації) утворюються нітрати, здатні асимілюватися корінням рослин. Частина нітритів і нітратів у процесі денітрифікації відновлюється до молекулярного азоту, що надходить в атмосферу. Всі ці хімічні перетворення можливі в результаті життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів. Ці бактерії – фіксатори азоту – здатні використовувати енергію свого дихання для прямого засвоєння атмосферного азоту і синтезування протеїдів. Таким шляхом у ґрунт щорічно вноситься близько 25 кг азоту на 1 га.

Але найефективніші бактерії живуть в симбіозі з бобовими рослинами, що розвиваються на коренях рослин. У присутності молібдену, який слугує каталізатором і особливої форми гемоглобіну (унікальний випадок у рослин) ці бактерії (*Rhizobium*) асимілюють величезні кількості азоту. Утворений азот постійно дифундує в ризосфері (частина ґрунту), коли бульбочки розпадаються. Але ще азот надходить у наземну частину рослин. Завдяки цьому бобові виключно багаті протеїнами і дуже поживні для травоядних. Річний запас азоту, що таким чином накопичується в культурах конюшини та люцерни, складає 150 – 140 кг/га.

Крім бобових такі бактерії живуть на листі рослин (у тропіках), а також актиноміцети – на коренях вільхи, що фіксують азот. У водному середовищі – це сині водорості.

Отже, азот з різноманітних джерел надходить до коренів у вигляді нітратів, абсорбується корінням і трансформується в листя для синтезу протеїнів. Протеїни слугують основою азотного харчування тварин, а також їжею деяких бактерій. Організми, що розкладають органічну речовину після смерті, переводять азот з органічних сполук у мінеральні. Кожна група біоредукторів спеціалізується на якійсь одній ланці цього процесу. Ланцюг закінчується діяльністю аміноутворюючих організмів, що утворюють аміак (NH_3), який далі входить у цикл нітрифікації: *Nitrosomonas* окисляє його до нітритів, а *Nitrobarter* окисляє нітрити в нітрати [5].

З іншого боку, бактерії-денітрифікатори розкладають нітрати, звільняють N_2 , який випаровується в атмосферу. Але цей процес не дуже небезпечний, оскільки розкладає приблизно 20 % загального азоту, і то лише на ґрунтах, дуже удобрених гноєм (приблизно 50 – 60 кг азоту 1 га).

Кругообіг азоту в даний час піддається сильному впливу людини. З одного боку, масове виробництво азотних добрив та їх використання призводить до надмірного накопичення нітратів. Азот, що надходить на поля у вигляді добрив, втрачається через відчуження врожаю, вилуговування і денітрифікацію [5].

З іншого боку, при зниженні швидкості перетворення аміаку в нітрати, амонійні добрива накопичуються в ґрунті. Можливе придушення діяльності мікроорганізмів у результаті забруднення ґрунту відходами промисловості. Однак ці процеси носять локальний характер. Набагато більше значення має надходження оксидів азоту в атмосферу при спалюванні палива на ТЕЦ, транспорті, заводах. У промислових районах їх концентрація в повітрі стає дуже небезпечною. Під впливом випромінювання відбуваються реакції органіки (вуглеводів) з оксидами азоту з утворенням високотоксичних і канцерогенних сполук.

Біосфера – це оболонка Землі, яка заселена живими організмами. Біосфера нашої планети є складною системою, в якій постійно здійснюються кругообіги різних речовин, тісно взаємопов'язаних між собою. Азот – один з обов'язкових елементів найважливіших органічних сполук, із яких складаються тканини всіх живих організмів (білків, АТФ, нуклеїнових кислот, тощо) [5].

Біосфера є найбільшим резервуаром газоподібного азоту. Для більшості організмів він є нейтральним газом. Лише для великої групи мікроорганізмів азот є фактором життєдіяльності. Засвоюючи молекулярний азот, такі мікроорганізми після відмирання забезпечують корені вищих рослин доступними формами цього елемента, який включається в склад амінокислот, білків та пігментів. Кругообіг азоту здійснюється за допомогою

двох взаємно збалансованих процесів – нітрифікації (послідовне окислення вільного азоту до нітратів, що поглинаються коренями рослин) і денітрифікації (відновлення азотовмісних сполук до вільної форми). Обидва процеси здійснюються бактеріями. Біологічна фіксація азоту становить приблизно 126 млн. т в рік. За рахунок абіогенної фіксації у біосферу додатково поступає 26 млн. т азоту в нітратній формі [5].

Основні запаси даного хімічного елемента знаходяться в атмосфері у вигляді молекулярного азоту, який не доступний для засвоєння рослинами в такій формі. Процес кругообігу азоту починається з надходження в екосистему сполук азоту при випаданні опадів. Азотисті сполуки утворюються в атмосфері при розрядах блискавок під час гроз. Із дощем вони потрапляють у ґрунт і воду. Мала частка азотистих сполук викидається у навколишнє середовище при виверженнях вулканів. Вчені вважають, що джерелом усього азоту при формуванні нашої планети був вулканогенний NH_3 , який потім піддався окисленню атмосферним киснем.

Таким чином, є два шляхи залучення молекулярного азоту в біогенний кругообіг. Перший спосіб полягає в електричному та фотохімічному окисленні азоту атмосферного повітря. Другий шлях – біологічна фіксація даного елемента мікроорганізмами-азотфіксаторами, у тому числі бульбочковими бактеріями. Лише деякі прокаріоти здатні здійснювати зв'язування атмосферного азоту. В результаті їх життєдіяльності утворюється в кілька разів більше оксиду азоту на кв. м. площі поверхні Землі в рік, ніж при окисненні атмосферного азоту киснем.

Бульбочкові бактерії та інші азотфіксатори переводять азот із молекулярного стану в сполуки, які легко засвоюються рослинами. Потім азот просувається по харчових ланцюжках екосистем в біосфері до редуцентів, частіше в ґрунтового покриві. Після загибелі рослин і тварин їх організми розкладаються за участю численних мікробів. При цьому органічний азот бере участь в різних хімічних реакціях. Так, в процесі денітрифікації органічних речовин утворюється елементарний азот, який

потім повертається в атмосферу, де починається новий виток його циркуляції по зовнішньому колу [5].

Але основні запаси азоту екосистем розміщені в ґрунті. При розкладанні білків за участю гнильних бактерій утворюється аміак та його похідні, які окислюються нітрифікуючими бактеріями до нітритів і нітратів. Ці сполуки надходять у води Світового океану й атмосферне повітря. Саме звідси цей елемент потрапляє знову в організми рослин і далі «рухається» по внутрішнім каналам кругообігу. Таким чином, живі організми виконують ключову роль в кругообігу азоту (рис. 1.2.).

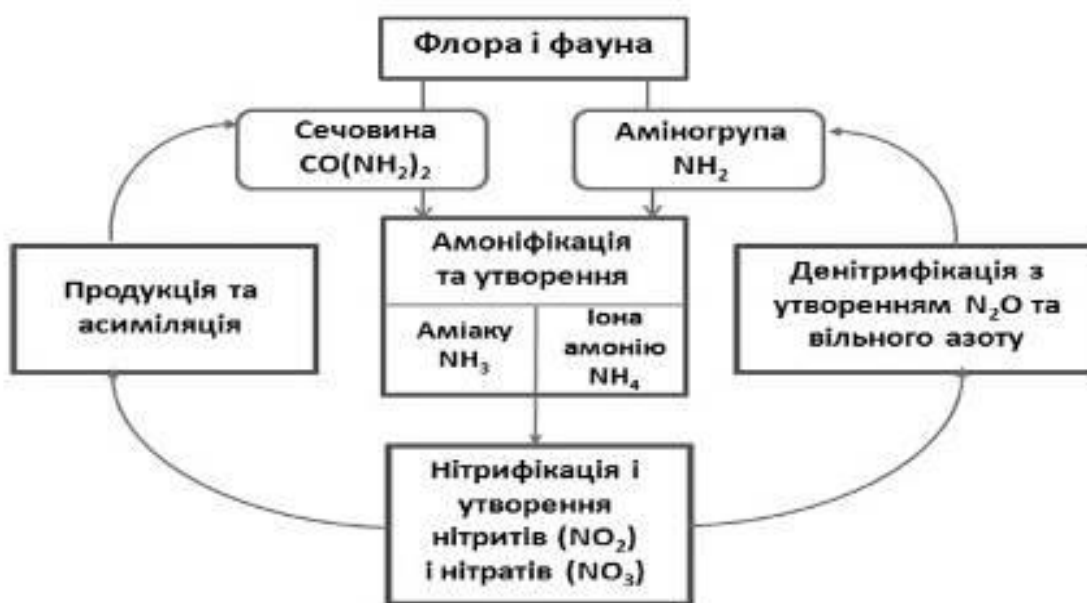


Рис. 1.2. Кругообіг азоту

Господарська діяльність людини вкрай негативно позначається на балансі азоту в природі. До того, як людина стала інтенсивно використовувати азотні мінеральні добрива для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, процеси нітрифікації і денітрифікації в природі були повністю збалансовані.

Отже, джерело азоту – це, з одного боку, атмосферне повітря, а з іншого – азот, який міститься у відмерлих рослинах і тваринах. Вільний азот атмосфери можуть використовувати лише окремі організми – фіксатори

азоту – бактерії, які живуть у бульбочках на корінні бобових, і деякі синьо-зелені водорості.

У природі більшість нітрогену трапляється у вільному стані, у вигляді простої речовини азоту. Об'ємна частка азоту в повітрі становить 78,03 %. Неорганічні сполуки нітрогену трапляються у природі у незначних кількостях. Масова частка нітрогену у земній корі (включаючи гідросферу, атмосферу) складає 0,04 % [5].

Нітроген весь час вилучається з ґрунту рослинами. Внаслідок цього знижується родючість ґрунту. У зв'язку з необхідністю внесення у ґрунт азотних добрив були прийняті зусилля з використанням атмосферного азоту для одержання азотистих сполук, так звана азотфіксація.

Нині синтез амоніаку з водню і азоту – основний спосіб зв'язування атмосферного азоту. Однак, такий спосіб азотофіксації енергоємний та дороговартісний. Тому останнім часом вчені здійснюють дослідження по зв'язуванню атмосферного азоту за допомогою різних комплексних сполук.

Нітроген – необхідний елемент для життєдіяльності тваринного і рослинного світу. Помітна кількість Нітрогену входить до складу органічних речовин – білків, нулеїнових кислот, вітамінів, алкалоїдів тощо [5].

Найпоширенішим мінералом, що містить у своєму складі Нітроген, є чилійська селітра NaNO_3 , багаті поклади якої виявлено у Чилі. Рідше трапляється калійна селітра KNO_3 .

Молекулярний азот – інертний газ. Енергія дисоціації N_2 – 940 кДж/моль. Це обумовлено потрійним зв'язком між атомами Нітрогену. Навіть за температури 3000 °С ступінь дисоціації молекулярного азоту становить 0,1 %. Тому за звичайної температури азот реагує тільки з літієм, при підвищеній температурі – з деякими металами: магнієм, кальцієм, утворюючи нітриди, при високих температурах безпосередньо сполучається з воднем і киснем [5].

Незважаючи на значну концентрацію азоту в атмосфері, 70 % його використання можливе у вигляді певних хімічних сполук. Фіксація Нітрогену

відбувається в процесі вулканічної діяльності, при грозових розрядах у атмосфері, при згоранні метеоритів. Однак, значно вагоміше значення в процесі фіксації Нітрогену належить мікроорганізмам, які існують на коріннях, листі, у певних бульбових.

Амоніак NH_3 в організмі людини є одним з продуктів дезамінування амінокислот, білків, біогенних амінів, пуринових і піримідинових основ, що потрапляють з їжею. Це найпростіший нітрогеновмісний метаболіт, хімічні властивості якого обумовлені специфічними властивостями Нітрогену в сполуках.

Сполуки амонію, нітрати та нітрیتی поступають до організмів рослин, де за їх участю будуються органічні речовини (амінокислоти, білки). У разі поїдання рослин ці сполуки потрапляють до організмів консументів, де вони знов перетворюються (рис. 1.3.).

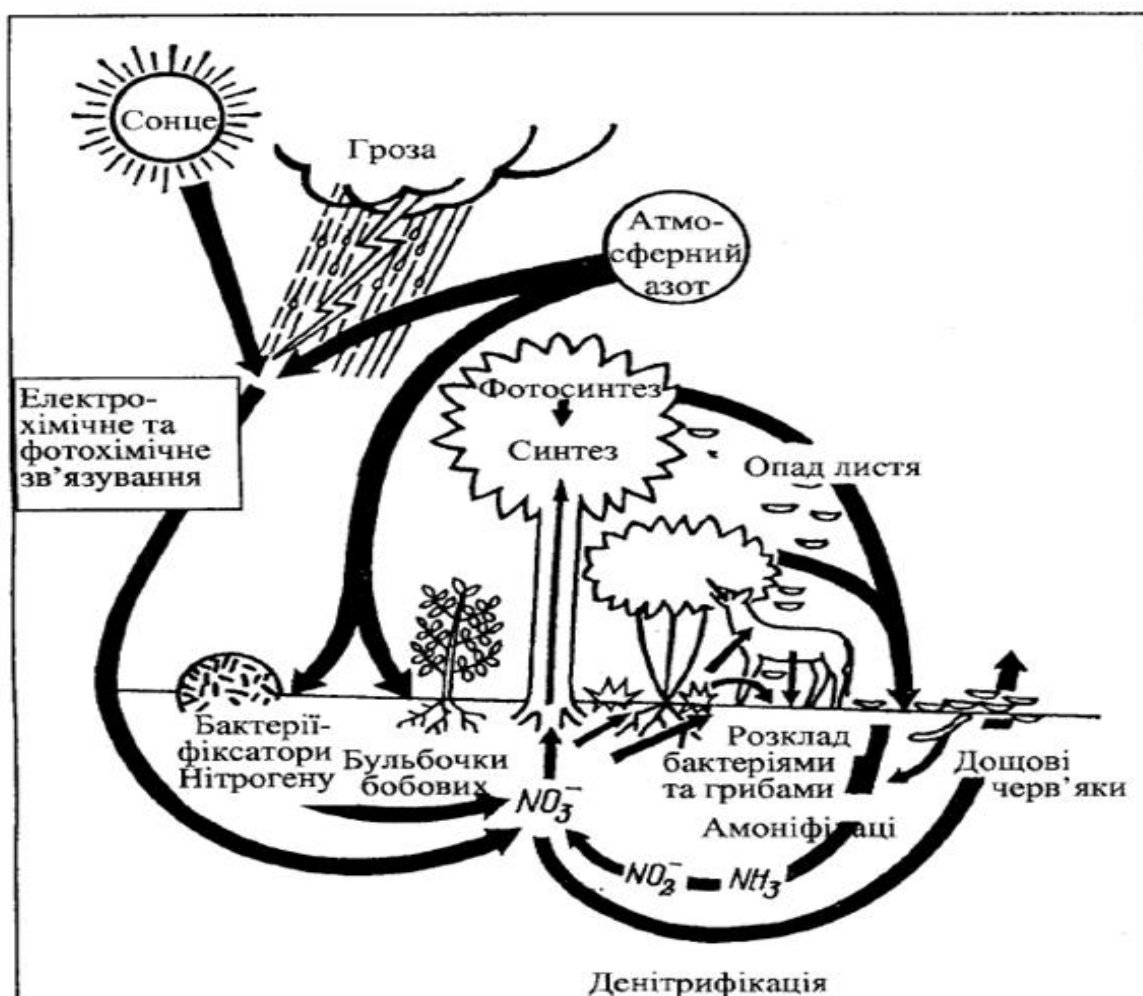
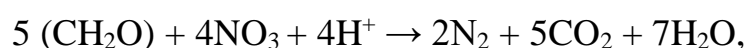


Рис. 1.3. Візуальна схема кругообігу азоту в природі

Потрапляючи до ґрунту з продуктами обміну речовин та залишками рослин і тварин, органічні речовини розкладаються до мінеральних; при цьому бактерії переводять Нітроген органічних речовин у солі амонію. Частина нітрогеновмісних сполук виноситься річками, а з них – у моря. У морській воді Нітроген міститься у формі солей амонію, нітритів, нітратів. Окрім того, до морської води Нітроген надходить за рахунок випадіння амоніаку з атмосфери [5].

Для колообігу Нітрогену необхідний мікроелемент Молібден, який входить до складу системи нітрогенофіксуючих ферментів. За певних умов Молібден є лімітуючим фактором. Фіксувати Нітроген здатні лише деякі види мікроорганізмів: вільноживучі аеробні бактерії роду *Azotobacter* та анаеробні види роду клострідіум *Clostridium*; бульбочкові бактерії бобових рослин *Rhizobium*; синьо-зелені водорості. Нітроген фіксують також пурпурні та зелені фотосинтезуючі бактерії, різні ґрунтові бактерії. Щороку цим шляхом на Землю переноситься близько $17,5 \cdot 10^{10}$ кг Нітрогену. Один квадратний метр поля, яке засіяне бобовими (наприклад, соєю), забезпечує фіксацію 10-30 г Нітрогену на рік [5].

Урівноваженість процесу Нітрогену порушується втручанням у нього людини. Промисловість щорічно споживає таку кількість Нітрогену, яку фіксували живі організми до введення сучасної агротехніки. Сьогодні світова промисловість дає до 2000 млн т фіксованого Нітрогену. До цього додамо розширені посіви бобових. Тому процеси потрапляння Нітрогену до ґрунту не врівноважуються процесами денітрифікації (надходження вільного азоту до атмосфери), які здійснюються ґрунтовими анаеробними бактеріями – денітрифікаторами (наприклад, представниками роду *Pseudomonas*):



де (CH_2O) умовно означає органічну речовину. Ця схема реакції денітрифікації показує, як молекулярний азот повертається до атмосфери.

Результатом неуврівноваженості процесів нітрифікації та денітрифікації є зростання концентрації нітрогеновмісних сполук в ґрунтах, що є однією з

причин «цвітіння» води річок, водосховищ, ставків, озер. Для підтримання рівноваги в колообігу Нітрогену необхідний штучний розвиток процесів повернення вільного азоту до атмосфери.

РОЗДІЛ 2.

ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ НІТРАТІВ

2.1. Особливості накопичення нітратів у рослинницькій і тваринницькій продукції

На сьогодні екологи та медики приділяють значну увагу проблемам, які пов'язані із вмістом у продуктах харчування рослинного та тваринного походження надмірної кількості нітратів та нітритів, що негативно впливають на здоров'я людини. Останнім часом визначилася чітка тенденція до збільшення виробництва рослинницької продукції за вмістом нітратів, що перевищують гранично допустиму концентрацію (понад 30 % сільськогосподарської продукції) [13].

Усі види господарської діяльності так чи інакше впливають на стан навколишнього природного середовища і на жаль, все частіше це проявляється в забрудненні довкілля в цілому.

Сьогодні гостро постає проблема безпечності продуктів харчування для організму людини, адже відомо, що майже 60 % населення нашої планети не забезпечене їжею в належній кількості, що спричиняє необхідність застосовувати різноманітні нітратні добрива, пестициди для підвищення врожайності сільськогосподарських продуктів та стимулятори для пришвидшеного росту тварин. Тому це викликає потребу в підвищенні якості контролю та сертифікації для продукції.

Загальновідомо, що одним з проявів несприятливого впливу діяльності людини на навколишнє середовище є його забруднення нітратами. Це є наслідком інтенсифікації сучасного сільського господарства, недосконалості очисних споруд великих населених пунктів, порушенням технології зберігання та використання азотовмісних мінеральних добрив, забруднення атмосферного повітря тощо.

Аналіз вітчизняної та закордонної літератури показує, що на теперішній час рівень забруднення рослинної сировини нітратами достатньо

високий. Переважним чином нітрати до організму людини надходять з овочами, фруктами та ягодами. У разі збалансованого харчового раціону на їх частку припадає близько 70 % добової дози, решта потрапляє з водою, м'ясними та іншими продуктами [12]. В Україні встановлена допустима добова доза нітратів для дорослої людини яка складає 325 мг [12].

Інтенсивність накопичення нітратів у рослинах залежить від багатьох факторів. Зокрема, від виду та сорту рослин, умов їх мінерального живлення та стану ґрунту [13].

Розподіл нітратів у рослинах пов'язаний з фізіологічною спеціалізацією і морфологічними особливостями окремих органів рослин, типом і розташуванням листя, розміром листового стебла і жилок, діаметром центрального циліндра в коренеплодах [14].

Недостатнє живлення рослин основними елементами є однією з причин високого накопичення нітратів. Недостача фосфору побічно сприяє нагромадженню нітратів, оскільки він стимулює активність нітратредуктази. Однак, єдиної думки про вплив фосфору на накопичення нітратів в продукції рослин немає. У одних випадках внесення фосфорних добрив знижує рівень нітратів, за іншими – підвищує. Калій, беручи участь у процесах вуглеводного обміну, побічно впливає на синтез білків. При спільному внесенні азоту та калію в рослини збільшується вміст органічного азоту, а мінерального (нітратів) – знижується [15].

Серед основних факторів довкілля на накопичення нітратів в рослині найбільше впливає вологість, світло, температура повітря та ґрунтів.

Зміна вологості неоднозначно впливає на накопичення нітратів у рослинній продукції. Інтенсивне зволоження ґрунту посилює поглинання нітратів корінням, що, у поєднанні із зниженими температурами, веде до надлишкового нагромадження їх рослинами [16].

Ґрунти потребують постійного тривалого екологічного моніторингу. Моніторинг показників родючості ґрунтів сьогодні є найбільш досконалим та відпрацьованим напрямом якісного і кількісного оцінювання ґрунтового

покриву, який використовується в сільськогосподарській діяльності та слугує важливим інструментом для розроблення стратегії управління його продуктивністю й запобігання деградації [16].

Відомо, що залежно від рівня хімізації, специфіки господарства і мети досліджень, агрохімічне дослідження ґрунтів проводять в Україні один раз на 5 років за угодою з господарством державні обласні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції. Вибір пріоритетних речовин, вміст яких слід контролювати, ґрунтується на таких факторах: рівень токсичності, яка характеризується величиною ГДК, фізико-хімічні властивості речовини, які визначають її поведінку в ґрунтах, міграцію у природні води та рослини, співвідношення між регіональними фоновим вмістом речовин в ґрунті й надходженням її в ґрунт внаслідок антропогенної діяльності [17].

Забруднення ґрунтів нітратами викликає глобальний інтерес з боку сучасної науки в зв'язку з підвищенням техногенного впливу на навколишнє природне середовище [18].

Відомо, що ризик забруднення рослинницької продукції істотно зростає в умовах ведення рослинництва за принципами інтенсивного землеробства.

Відомо що для інтенсивного землеробства характерне істотне зростання норм внесення мінеральних добрив та багаторазове застосування пестицидів при вирощуванні обмеженого набору культур у сівозміні з частим їх поверненням на те саме місце.

За внесення високих норм мінеральних добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур у ґрунт надходять нітрати. За фактичного щорічного внесення 130 млн. тон мінеральних добрив на сільськогосподарські угіддя, серед них понад 70 млн. тон, або майже 54% від їх загального обсягу, складають азотні мінеральні добрива, 39 млн. тон – фосфорні мінеральні добрива, що становить 30% у структурі внесених мінеральних добрив та 26 млн. тон – калійні добрива (16% у структурі).

Надлишок азотних добрив та їх не збалансування за фосфором і калієм підвищує небезпеку нітратного забруднення [19].

За даними Державної служби статистики, в Україні у 2017 році на 1 га було внесено 123 кг діючої речовини мінеральних добрив, найбільше – під цукрові буряки, овочеві, ріпак та кукурудзу (табл. 2.1).

У структурі внесених мінеральних добрив переважають азотні, на які припадає за даними Державної служби статистики України, 67,3%, на фосфорні – 17,9%, калійні – 14,8%.

Проте в умовах інтенсивного землеробства, що характеризується внесенням значно вищих норм мінеральних добрив та частим застосуванням пестицидів, норми мінеральних добрив значно вищі [20].

Таблиця 2.1

Внесення мінеральних добрив у ґрунти під основні культури у 2017 році (за даними Державної служби статистики України)

Культура	Посівна площа, млн. га	Внесено мінеральних добрив, кг/га д.р.
Зернові разом	14,8	123
В т.ч.:		
- пшениця озима	6,4	124
- кукурудза	4,6	143
Цукрові буряки	0,3	295
Соняшник	6,0	80
Ріпак озимий	0,7	165
Овочеві	0,4	233

У даному контексті важливо встановити частку площ ґрунтів України, на яких застосовують заходи інтенсивного землеробства, оскільки саме на цих площах ризик забруднення вирощуваної продукції нітратами суттєво вищий. Заходи інтенсифікації потребують значних фінансових вливань, тому їх можуть собі дозволити фінансово потужні аграрні формування, переважно

ті, що працюють на орендованій землі, а не землевласники. Із загальної площі ріллі в Україні – 32,5 млн. га, 19,9 млн. га, або 61,2% припадає на велико-товарне виробництво, з нього 13,8 млн. га, або 39,7% – це землі, що перебувають в оренді, тобто саме ці ґрунти зазнають інтенсивної хімізації (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Структура землекористувачів у 2017 р. (за даними Державної служби статистики України)

Вид землекористування	Площа ріллі, млн. га	Частка у структурі, %
Загальна площа ріллі	34,5	100
У т.ч.:		
- орендні підприємства з інтенсивним землеробством	13,7	39,7
- землевласники товарного виробництва	6,2	18,0
- фермерське і присадибне господарство	14,6	42,3

Сучасним сівозмінам в умовах інтенсивного землеробства характерна обмежена кількість культур, основними з яких є пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, ріпак озимий та соняшник. При їх вирощуванні застосовують значно вищі норми мінеральних добрив, ніж у середньому по Україні. Спостереження за використанням мінеральних добрив у досліджуваних господарствах Центрального Лісостепу, що застосовують заходи інтенсивного землеробства показали, що під пшеницю озиму вносять 175 кг/га мінерального азоту, 35 кг/га фосфору та 35 кг/га калію. Це відповідає 500 кг/га фізичної ваги аміачної селітри, 175 кг/га простого суперфосфату і 58 кг/га калію хлористого (табл. 2.3).

При вирощуванні кукурудзи вносять 200 кг/га мінерального азоту, 45 кг/га фосфору та 45 кг/га калію. Фізична вага мінеральних добрив при

внесенні такої кількості поживних речовин становить відповідно 571 кг/га аміачної селітри, 225 кг/га суперфосфату і 75 кг/га калію хлористого [20].

Під ячмінь ярий вносять 90 кг/га мінерального азоту, 35 кг/га фосфору та 35 кг/га калію. Для внесення цієї кількості поживних речовин у ґрунт, необхідно використати 257 кг/га аміачної селітри, 175 кг/га простого суперфосфату, 58 кг/га калію хлористого.

Ріпак озимий удобрюють 200 кг/га мінерального азоту, 40 кг/га фосфору та 40 кг/га калію. Для такої кількості поживних речовин необхідно внести 571 кг/га аміачної селітри, 200 кг/га суперфосфату і 67 кг/га калію хлористого.

Таблиця 2.3.

Фактичні норми внесення мінеральних добрив під культури за інтенсивного землеробства в умовах Центрального Лісостепу (усереднені дані 2013-2017 рр.)

Вирощувана культура	Норма внесення, кг/га					
	Азотні мінеральні добрива		Фосфорні мінеральні добрива		Калійні мінеральні добрива	
	N мінеральний	фізична вага добрива	P мінеральний	фізична вага добрива	K мінеральний	фізична вага добрива
Пшениця озима	175	500	35	175	35	58
Кукурудза	200	571	45	225	45	75
Ячмінь ярий	90	257	35	175	35	58
Ріпак озимий	200	571	40	200	40	67
Соняшник	150	429	45	225	45	75

При вирощуванні соняшнику застосовують 150 кг/га мінерального азоту, 45 кг/га фосфору та 45 кг/га калію. Для їх внесення необхідно

використати 429 кг/га аміачної селітри, 225 кг/га простого суперфосфату і 75 кг/га калію хлористого.

У структурі мінеральних добрив переважають азотні, яких у фізичній вазі вносять у 2,5 рази більше ніж фосфорних та у 7,5 раз більше – ніж калійних. Найбільше фізичної ваги азотних мінеральних добрив вносять під кукурудзу і ріпак озимий – по 571 кг/га, а найменше – під ячмінь ярий – 257 кг/га. Фосфорних і калійних мінеральних добрив найбільше вносять під кукурудзу і соняшник – відповідно по 225 кг/га та 75 кг/га, а найменше – під пшеницю озиму та ярий ячмінь – відповідно по 175 кг/га та 58 кг/га [20].

Загалом під кукурудзу вносять 871 кг/га фізичної ваги усіх мінеральних добрив, під ріпак озимий – 838 кг/га, під пшеницю озиму – 733 кг/га, під соняшник – 729 кг/га і під ячмінь ярий – 490 кг/га.

Полеві культури використовують азот із мінеральних добрив на 24–45%, фосфор – на 10–33 і калій – на 25–77%. Решта добрив і домішок нагромаджується в ґрунті, забруднюючи повітря, водні джерела й урожай сільськогосподарських культур. Це призводить не тільки до низької віддачі добрив, а й до забруднення навколишнього середовища, передусім нітратами, важкими металами, до зниження якості рослинницької продукції [21].

Вінницька область є одним із найбільших регіонів – виробників зерна в Україні. Одним із основних показників стійкості розвитку зернового господарства є урожайність (табл. 2.4).

У Вінницькій області спостерігається стійке зростання урожайності зернових культур: з 36,6 ц/га у 2013 р. – до 67,4 ц/га у 2018 р. Показники зростання урожайності зернових культур за досліджуваний період виявилися суттєвими. Так, урожайність пшениці озимої зросла на 95,4 % – до 64,3 ц/га, ячменю ярого – на 133,7 % – до 57,5 ц/га, а кукурудзи на зерно – на 38,3 % – до 88,4 ц/га.

Загалом, протягом 2013–2018 рр. найвищий рівень урожайності зернових культур спостерігався у 2018 р. Так, середня урожайність пшениці озимої становила 64,3 ц/га, ячменю ярого – 57,5 ц/га, кукурудзи на зерно – 88,4 ц/га. Це поки що найвищі показники області за останні 5 років, але не максимально можливі з погляду аграрного потенціалу досліджуваного регіону [21].

Таблиця 2.4

**Урожайність основних зернових культур
у всіх категоріях господарств Вінницької області, ц/га
(за даними Державної служби статистики України)**

Культура	Роки							2018 р. у % до 2013 р.
	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Зернові та зернобобові культури, усього	36,6	43,0	55,6	60,7	65,3	67,4	+84,1	
у тому числі:								
– пшениця озима	32,9	39,0	42,8	51,3	61,1	64,3	+95,4	
– ячмінь ярий	24,6	31,2	34,2	40,1	52,4	57,5	+133,7	
– кукурудза на зерно	63,9	58,4	80,4	82,6	85,1	88,4	+38,3	

Істотне зростання урожайності зернових культур було можливим за рахунок підвищення норм мінеральних добрив. Варто зазначити, що на протязі останніх трьох років спостерігається чітка тенденція до збільшення їх внесення в розрахунку на один гектар.

Так, у 2014 році середня норма внесення мінеральних добрив в перерахунку на вміст діючої речовини під зернові культури склала 61 кг/га, у

2015 році вона зросла на 22,8 % – до 79 кг/га, у 2016 році – на 15,1 % – до 93 кг/га, у 2017 році – на 19,2 % – до 115 кг/га, а у 2018 році – ще на 10,2 % – до 128 кг/га (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Динаміка внесення мінеральних добрив під зернові культури
у господарствах Вінницької області у 2014-2016 рр., кг/га д.р.
(за даними Державної служби статистики України)**

Культура	Рік				
	2014	2015	2016	2017	2018
Зернові культури (без кукурудзи)	61	79	93	115	128
у тому числі:					
– пшениця озима та яра	82	98	110	124	136
– кукурудза на зерно	79	89	117	143	147

Подібна тенденція характерна для удобрення пшениці: з 82 кг/га у 2014 році – до 136 кг/га у 2018 році, що складає 25,5 % зростання за два роки. При вирощуванні кукурудзи, зростання норми мінеральних добрив за два роки склало 32,05 % – до 117 кг/га.

У 2014 році на формування 1 ц зерна кукурудзи було внесено 1,35 кг діючої речовини мінеральних добрив, у 2015 році – 1,11 кг, у 2016 році – 1,42 кг, у 2017 році – 1,56 кг, а у 2018 році – 1,72 кг [21].

На формування 1 ц зерна пшениці озимої у 2014 році було використано 2,10 кг мінеральних добрив, у 2015 році – 2,18 кг, у 2016 році – 2,14 кг, у 2017 році – 2,18 кг, а у 2018 році – 2,25 кг (рис. 2.1).

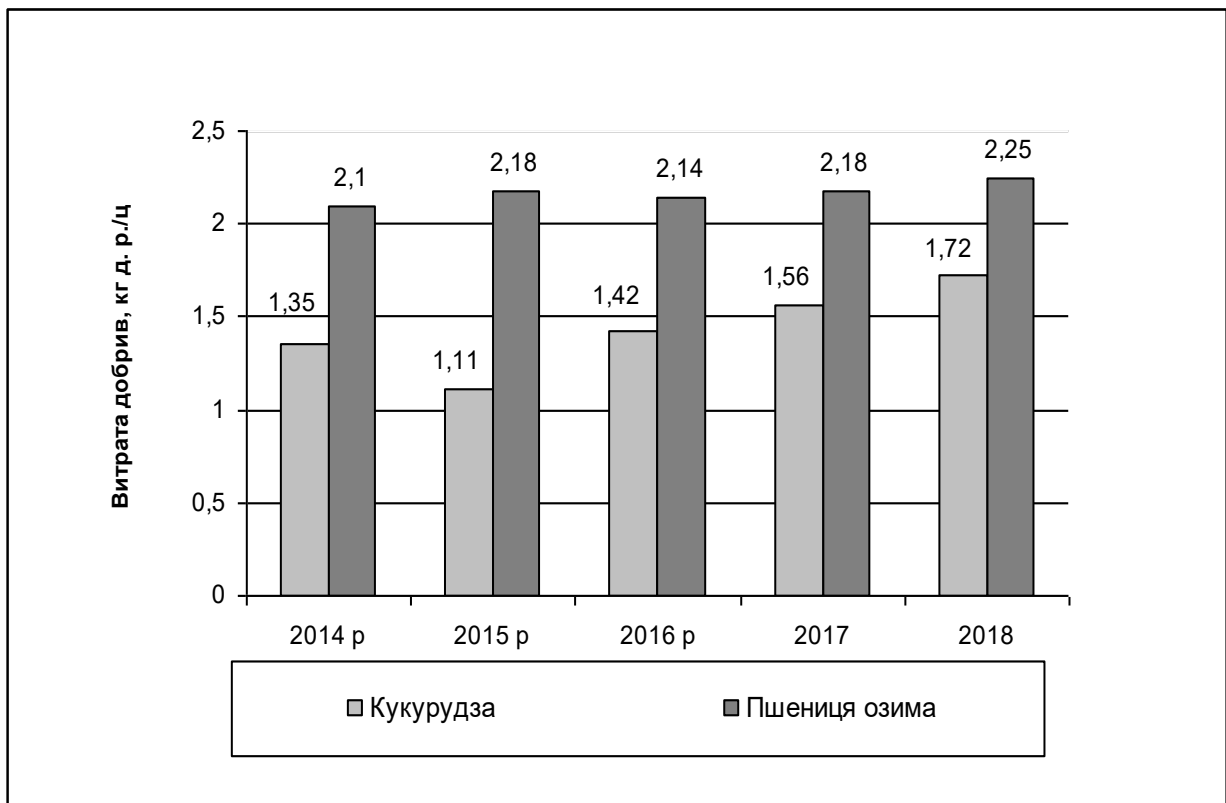


Рис. 2.1. Витрата мінеральних добрив на формування 1 ц зерна, кг д.р.

Безумовно, урожайність зернових культур залежить від внесення мінеральних добрив, але більшою мірою її формуванню сприяє наявність поживних речовин у ґрунті й ступінь їх використання.

Отже, незмінними культурами зернового клину Вінниччини залишаються пшениця озима, кукурудза на зерно і ячмінь ярий. Динаміка зростання їх рівнів урожайності зумовлена постійним підвищенням норм внесення мінеральних добрив, зокрема азотних, що проявляється у підвищенні кількості діючої речовини мінеральних добрив на формування 1 ц зерна та може викликати накопичення токсикантів у зерні, зокрема нітратів і відповідно, погіршити їх екологічну безпечність.

Ведення інтенсивного сільськогосподарського виробництва за сучасних аграрних технологій неможливе без застосування добрив.

Інтенсивні технології вирощування зернових – це система агротехнічних заходів, які дають змогу максимально реалізувати

генетичний потенціал сортів сільськогосподарських рослин за рахунок застосування сучасних досягнень селекції, землеробства, хімізації та механізації виробничих процесів. Нині спостерігаються істотні відхилення від дотримання основних складових інтенсивних технологій, зокрема, спостерігається тенденція до збільшення обсягів використання пестицидів та мінеральних добрив, що є наслідком обмеженого набору культур у сівозмінах та погіршенням їх чергування. Але хімізація сільського господарства супроводжується процесами забруднення природного середовища небезпечними для життя живих організмів, включаючи людину [21].

У господарствах, що застосовують ресурсощадні технології хімізації у рослинництві при вирощуванні основних сільськогосподарських культур застосовують такі види і норми мінеральних добрив (табл. 2.6., 2.7.).

Таблиця 2.6

Норми внесення мінеральних речовин при удобренні основних сільськогосподарських культур у господарствах Лісостепу правобережного, що застосовують ресурсощадні технології хімізації, кг/га діючої речовини (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва культури	Норма внесення мінеральних елементів		
	N	P	K
Пшениця озима	90	35	35
Ріпак озимий	100	35	35
Ячмінь ярий	35	15	15
Кукурудза	100	40	40
Соняшник	75	20	20

Встановлено, що при вирощуванні кукурудзи та ріпаку озимого застосовують найбільш потужну інтенсифікацію технологій мінеральними

речовинами, обсяг внесення яких становить: під кукурудзу N₁₀₀P₄₀K₄₀, а під ріпак – N₁₀₀P₃₅K₃₅ [21, 66].

Таблиця 2.7.

Норми внесення мінеральних добрив при вирощуванні основних сільськогосподарських культур у господарствах Лісостепу правобережного, що застосовують ресурсоощадні технології хімізації (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва культури	Використовувані мінеральні добрива	Вміст діючої речовини у добриві, %	Фактичний обсяг внесення мінеральних добрив у фізичній вазі, кг
Пшениця озима	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	206
	аміачна селітра	N-34,6	159
	<i>Всього</i>		365
Ріпак озимий	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	206
	аміачна селітра	N-34,6	100
	сульфат амонію	N-21	143
	<i>Всього</i>		449
Ячмінь ярий	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	88
	аміачна селітра	N-34,6	58
	<i>Всього</i>		146
Кукурудза	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	235
	аміачна селітра	N-34,6	86
	карбамід	N-46	65
	<i>Всього</i>		386
Соняшник	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	118
	аміачна селітра	N-34,6	159
	<i>Всього</i>		277

При вирощуванні пшениці озимої та соняшнику застосовують менші обсяги внесення мінеральних елементів, що складають під пшеницю озиму –

$N_{90}P_{35}K_{35}$, а під соняшник – $N_{75}P_{20}K_{20}$. Найменший обсяг внесення мінеральних елементів при вирощуванні ячменю ярого – $N_{35}P_{15}K_{15}$.

Для внесення під пшеницю озиму $N_{90}P_{35}K_{35}$ необхідно застосовувати 206 кг/га нітроамофоски і 159 кг/га аміачної селітри, загалом – 365 кг/га. Під ріпак озимий для внесення $N_{100}P_{35}K_{35}$ необхідно застосовувати 206 кг/га нітроамофоски, 100 кг/га аміачної селітри та 143 кг/га сульфату амонію, загалом – 449 кг/га.

Для внесення під ячмінь ярий $N_{35}P_{15}K_{15}$ необхідно застосовувати 88 кг/га нітроамофоски і 58 кг/га аміачної селітри, загалом – 146 кг/га. Під кукурудзу для внесення $N_{100}P_{40}K_{40}$ необхідно застосовувати 235 кг/га нітроамофоски, 86 кг/га аміачної селітри та 65 кг/га карбаміду, загалом – 386 кг/га. Для внесення під соняшник $N_{75}P_{20}K_{20}$ необхідно застосовувати 118 кг/га нітроамофоски і 159 кг/га аміачної селітри, загалом – 277 кг/га [21, 67, 68].

Найбільший обсяг мінеральних добрив вносять під ріпак озимий – 449 кг/га, під кукурудзу на 14,1 % менше, під пшеницю озиму на 18,7 % менше, під соняшник на 38,3 % менше, а під ячмінь ярий вносять лише 146 кг/га, що на 67,5 % менше, ніж під ріпак озимий.

У господарствах, що застосовують інтенсивні технології у рослинництві при вирощуванні основних сільськогосподарських культур застосовують такі види і норми мінеральних добрив (табл. 2.8, 2.9).

Встановлено, що при вирощуванні кукурудзи та ріпаку озимого застосовують найбільш потужну інтенсифікацію технологій мінеральними елементами, обсяг внесення яких становить: під кукурудзу $N_{200}P_{45}K_{45}$, а під ріпак – $N_{200}P_{40}K_{40}$.

При вирощуванні пшениці озимої та соняшнику застосовують менші обсяги внесення мінеральних елементів, що складають під пшеницю озиму – $N_{175}P_{35}K_{35}$, а під соняшник – $N_{150}P_{45}K_{45}$.

Для внесення під пшеницю озиму $N_{175}P_{35}K_{35}$ необхідно застосовувати 206 кг/га нітроамофоски і 405 кг/га аміачної селітри, загалом – 611 кг/га.

Таблиця 2.8.

Норми внесення мінеральних елементів при удобренні основних сільськогосподарських культур у господарствах Лісостепу правобережного, що застосовують інтенсивні технології хімізації, кг/га діючої речовини (середнє за 2016-2018 рр.)

Назва культури	Обсяг внесення мінеральних елементів		
	N	P	K
Пшениця озима	175	35	35
Ріпак озимий	200	40	40
Ячмінь ярий	90	35	35
Кукурудза	200	45	45
Соняшник	150	45	45

Під ріпак озимий для внесення $N_{200}P_{40}K_{40}$ необхідно застосовувати 235 кг/га нітроамофоски, 404 кг/га аміачної селітри та 95 кг/га сульфату амонію, загалом – 734 кг/га.

Для внесення під ячмінь ярий $N_{90}P_{35}K_{35}$ необхідно застосовувати 206 кг/га нітроамофоски і 187 кг/га аміачної селітри, загалом – 393 кг/га.

Під кукурудзу для внесення $N_{200}P_{45}K_{45}$ необхідно застосовувати 265 кг/га нітроамофоски, 188 кг/га аміачної селітри та 197 кг/га карбаміду, загалом – 650 кг/га.

Для внесення під соняшник $N_{90}P_{35}K_{35}$ необхідно застосовувати 265 кг/га нітроамофоски і 303 кг/га аміачної селітри, загалом – 568 кг/га.

Найбільший обсяг фізичної ваги мінеральних добрив за інтенсивної хімізації землеробства вносять під ріпак озимий – 734 кг/га, під кукурудзу – на 11,4% менше, під пшеницю озиму – на 16,7%, під соняшник – на 22,6%, під ячмінь ярий вносять лише 393 кг/га, що на 46,5% менше, ніж під ріпак озимий.

Норми внесення фізичної ваги мінеральних добрив під культури, вирощені за ресурсоощадної хімізації землеробства були у 1,6 рази нижчі [21, 69, 70].

Таблиця 2.9.

Обсяги внесення мінеральних добрив при вирощуванні основних сільськогосподарських культур у господарствах Лісостепу правобережного, що застосовують інтенсивні технології хімізації (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва культури	Використовувані мінеральні добрива	Вміст діючої речовини у добриві, %	Фактичний обсяг внесення мінеральних добрив у фізичній вазі, кг
Пшениця озима	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	206
	аміачна селітра	N-34,6	405
	<i>Всього</i>		<i>611</i>
Ріпак озимий	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	235
	аміачна селітра	N-34,6	404
	сульфат амонію	N-21	95
	<i>Всього</i>		<i>734</i>
Ячмінь ярий	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	206
	аміачна селітра	N-34,6	187
	<i>Всього</i>		<i>393</i>
Кукурудза	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	265
	аміачна селітра	N-34,6	188
	карбамід	N-46	197
	<i>Всього</i>		<i>650</i>
Соняшник	нітроамофоска	N-17 P-17 K-17	265
	аміачна селітра	N-34,6	303
	<i>Всього</i>		<i>568</i>

Отже, обсяги внесення мінеральних добрив при вирощуванні

основних сільськогосподарських культур у господарствах Лісостепу правобережного, що застосовують інтенсивні технології хімізації є суттєво вищі, ніж у господарствах, що застосовують ресурсоощадну хімізацію землеробства. Враховуючи обсяги внесення азотного нітратного мінерального добрива аміачна селітра під основні культури інтенсивного землеробства на Вінниччині, найбільший ризик накопичення нітратів спостерігається у зерні кукурудзи та насінні ріпаку озимого, при вирощуванні яких вносять 200 кг/га мінерального азоту, зерна пшениці озимої з внесенням 175 кг/га мінерального азоту та насінні соняшнику із внесенням під нього 150 кг/га мінерального азоту [21, 71].

Як азотні добрива використовують такі сполуки: селітри – NaNO_3 – натрієву, KNO_3 – калієву, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – кальцієву, NH_4NO_3 – амонійну; амоній сульфат – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, амоній хлорид – NH_4Cl , сечовину – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, а також аміачну воду [22].

Інтенсивне використання у багатьох регіонах азотних добрив призвело до появи проблеми нітратів, які забруднюють харчові продукти. Окрім проблеми нітратів є ще один «мінус» використання мінеральних добрив. Фосфор, Нітроген і Калій, потрапляючи з полів разом із дощовими і талими водами до природних водойм, стимулюють бурхливий розвиток фітопланктону, який поглинає кисень і виділяє при інтенсивному розмноженні сірководень (H_2S) і амоніак (NH_3). У результаті гине риба, а вода стає непридатною не тільки для пиття, але й для купання [72, 73].

Нині щорічне виробництво добрив складає близько 23 кг на людину, причому половина всіх добрив – азотні. Органічні і мінеральні добрива, які місять сполуки Нітрогену, в ґрунті перетворюються на нітрати та разом з водою поглинаються рослинами. Процес окиснення Нітрогену, який міститься в ґрунті до нітритної (азотистої) кислоти, а потім до нітратної (азотної) кислоти називається нітрифікацією:



У кореневій системі, стеблах, листях і плодах нітрати відновлюються під дією ферментів до йонів амонію NH_4^+ , що стає основою синтезу амінокислот і далі білків. Таким чином, мінеральний Нітроген перетворюється на органічний.

За природних умов (наприклад, у лісі) вміст нітратів у рослинах невеликий, тому нітрати повністю перетворюються в органічні форми. Але якщо така рослина вирощується на удобреному полі, та мінеральних солей Нітрогену в неї у 20 разів більше, ніж у природному ґрунті, а при надмірному внесенні добрив – у 40 разів [22, 74, 75].

Люди зазнають впливу нітратів протягом усього свого існування. Жоден інший з побічних чинників, що з'являється у природі, не пов'язаний так тісно з життєдіяльністю людей.

Проблема нітратів має два аспекти, які хоча й взаємопов'язані, проте характеризуються цілою низкою особливостей. Це аспект нітратів питної води та аспект нітратів, що містяться в харчових продуктах. Адже 80-85% нітратів поступають в організм людини з продуктами рослинництва.

В останні роки визначилася чітка тенденція до збільшення виробництва сільськогосподарської продукції (особливо овочевої) з вмістом нітратів, що перевищує можливо допустиму норму. В цілому в Україні понад 30% сільськогосподарської продукції мають вміст нітратів, що перевищує допустимий рівень [22, 76, 77].

Основними причинами цієї тенденції є використання в господарствах екологічно шкідливих технологій вирощування культур; застосування мінеральних, в основному азотних і органічних добрив у досить високих нормах; незбалансоване живлення рослин макро- і мікроелементами протягом вегетації; внесення азотних добрив без врахування біологічних вимог рослин; недосконалість техніки внесення азотних добрив у ґрунт. Разом з тим, збільшення чисельності нітратів у рослинницькій продукції не можна розглядати як наслідок інтенсифікації застосування азотних добрив, воно визначається сукупністю багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів.

Складність проблеми нітратів у тому, що нітрати – це добре розчинні у воді солі азотної кислоти, які поряд з амонійним азотом є основними джерелами азотного живлення рослин. Проте їх надлишок призводить до важких екологічних наслідків, що впливають на стан здоров'я людини і тварин.

Донедавна нітрати вважали малотоксичними хімічними сполуками, які навіть у великих дозах не викликають істотних відхилень у стані здоров'я людини [21, 78, 79].

У продуктах харчування різного походження з'явилася велика кількість нітратів та нітритів, тому цією проблемою надмірно зацікавились екологи та медики. Значне перевищення гранично допустимої концентрації (понад 30 % сільськогосподарської продукції) з'явилося із швидким зростанням напряму до збільшення виробництва сільськогосподарської продукції [21].

Найбільшим джерелом надходження нітратів в організм людини є продукти харчування рослинного походження. Природними та антропогенними шляхами нітрати надходять у навколишнє природне середовище [80, 81].

Мінеральні добрива, які використовуються у сільському господарстві та промисловості, є найбільшими забруднювачами ґрунтів. З амонійними та азотнокислими солями, які містяться у воді, залишками рослин та різними видами добрив азот надходить у ґрунт [22].

Підвищена концентрація нітратів у рослинах може бути не тільки від органічних (гною, торфу, перегною), і азотних добрив (аміачна та натрієва селітра, карбамід, сульфат амонію), а й на високогумусних ґрунтах, якщо для цього сприятливі умови для азоту у ґрунті та мінералізації органічної речовини [22, 82].

Для рослин нітрати не токсичні. У них вони накопичуються, коли поглинутий азот не повністю витрачається на синтез амінокислот і білків, тобто не всі нітрати відновлюються до аміаку. Концентрація нітратів у культурних рослинах залежить в основному від виду і сорту рослин, фази їх

росту і розвитку вегетації, погодних умов у вегетаційний період, неконтрольованого використання азотних добрив. Серед представників вищих рослин виділяється група рослин, що акумулюють значну кількість нітратів. До них належать родини амарантових, лободових, зонтичних, складноцвітих, капустяних, пасльонових. Серед родин, що охоплюють овочеві культури, найвищою здатністю до нагромадження нітратів відзначаються капустяні, гарбузові, селерові, пасльонові [22, 83-85].

Видові розбіжності рослин за нагромадженням нітратів часто зумовлені локалізацією нітратів у певних органах рослин. Рівень нітратів у черешках значно (в 1,5 – 4 рази) перевищує їх кількість у листовій пластинці. У генеративних органах нітрати відсутні, вміст їх менший, ніж у вегетативних органах, а кількість нітратів у коренях, стеблах та черешках листків значно вища, ніж у листовій пластинці.

Бар'єром міграції нітратів у навколишнє природне середовище є великий рівень нітратів у ґрунті, що спричинює інтенсивне накопичення їх у рослинах, та є причиною накопичення нітратів у організмі людини.

Від виду, сорту і їх біологічних властивостей залежить вміст нітратів у рослинах. У коренеплодах (редис, морква, червоний буряк) і зелених овочевих культурах (салат, шпинат, кріп, петрушка) – найбільший вміст нітратів, а у бульбах картоплі та томатах значно менший. Через неоднозначні умови вирощування тепличних рослин, більше нітратів у ранніх овочах, а значно менше у фруктах та ягодах [23, 86].

Солі нітратної кислоти HNO_3 , котрі є природними сполуками харчових продуктів рослинного походження є нітрати. Із ґрунту рослина може накопичувати набагато більше сполук азоту, ніж їм потрібно для розвитку. Тобто частина нітратів синтезується у рослинні білки, а інша поступає у організм людини [24, 88, 89].

Елементом, який потрібен для всіх форм життя, є азот. Він виділяє аміак, під час розщеплення білків та інших азотовмісних речовин у процесі колообігу у природі.

Нітрофікація – це процес переходу аміаку у солі азотної кислоти, переходять під дією бактерій двох видів. Перші окислюють аміак до нітритів, а другі – перетворюють у нітрити, які, у свою чергу під дією дезінфікуючих бактерій перетворюються на азот та знову потрапляють в атмосферу [21].

У ґрунті нітратний азот знаходиться у рухливій формі, тому після дощу або при поливі легко вимивається за межі кореневої зони, найбільш це стосується легких ґрунтів. Глибокий контроль всіх етапів виробництва, збереження і споживання продуктів харчування, переробки – є шляхом вирішення проблеми забруднення нітратами [22].

Джерелами азотного живлення рослин є амонійний та нітратний азот. Важливо, щоб не було перевищення нітратів у рослинах, хоча накопичення їх – це природне фізіологічне явище. Існує низка факторів, які впливають на процес синтезу азоторганічних сполук. Повинно бути багато світла та розвинений і не пошкоджений шкідниками та уражений хворобами листовий апарат. Температура повинна бути оптимальною та рослина має мати забезпечена вологою. Надходження фосфору, магнію, мікроелементів та калію повинно бути збалансоване [90-93].

Для того щоб не було перевищення нітратів у рослинах, потрібно контролювати кількість мінерального азоту у ґрунті та створювати умови найбільш продуктивного використання азоту, котрий забезпечує формування органічної речовини або врожаю [21].

Основним джерелом азотного живлення є нітрати, а з іншого боку, вони мають негативний вплив на здоров'я тварин та людей, а їх перевищення несе за собою важкі екологічні наслідки.

Від кліматичних умов, структури і вологості ґрунту, місцевості, часу збирання врожаю залежить вміст нітратів у овочах. Найбільш вагомий є агрохімічний фактор, який залежить від кількості азотних добрив, методів внесення їх у ґрунт [23].

Найбільшою проблемою реалії постало питання підвищеного вмісту нітратів у харчових продуктах. Більшу частину раціону людини складають

овочі, ягоди та фрукти і разом із ними потрапляють в організм і нітрати. Це становить близько 70 % добової дози, тоді як 30 % – це вода, м'ясні та інші продукти. В основному надлишок нітратів у рослинах відбувається тільки тоді, коли для їх засвоєння присутня більша кількість азоту, ніж потрібно для створення органічної речовини. Рівень нітратів підвищується, коли збільшується кількість протеїнів, а цукрів зменшується [24, 25].

Найбільш актуальною і гострою проблемою є токсичне накопичення нітратів у сільськогосподарській продукції, що має негативний вплив на людину, оскільки, нітрати характеризуються досить широким спектром токсичної дії. Саме нітрити завдають шкоду організму людини, адже нітрати самі по собі не такі токсичні.

У всіх країнах отримало широке застосування різних хімічних та природних сполук з метою подовження строку зберігання продуктів, прискорення технології виробництва та поліпшення якості продуктів харчування. Ці сполуки називаються харчовими добавками. Нітрити та нітрати – входять до складу харчових добавок.

Нітрати і нітрити з погляду різних вчених формулюються по різному. Наприклад, хіміки кажуть, що це солі нітратної (HNO_3) і нітритної (HNO_2) кислот, їх дуже важко позбутися, так як вони добре розчинні у воді.

Нітратна кислота – безбарвна сильно пахуча рідина, температура кипіння становить $86\text{ }^\circ\text{C}$ (екстранольоване значення). При зберіганні на світлі, внаслідок розкладання з утворенням вищих оксидів нітрогену, нітратна кислота поступово фарбується в червоно-коричневий (бурий) колір. Вона стійка лише у розведеному водному розчині, при його концентрації HNO_2 на H_2O , NO і NO_2 .

Солі азотистої кислоти – нітрити – отруйні. З погляду біолога, нітрити та нітрати є формами нітрогену. Нітроген – життєво важливий елемент, так як входить до складу білків і нуклеїнових кислот. Безпосередньо з повітря нітроген засвоюють лиш деякі бактерії, а всі інші організми здатні

засвоювати лиш сполуки нітрогену. Рослини виділяють нітроген з неорганічними речовинами – нітратами і солями амонію [24].

Вплив нітратів на навколишнє середовище зумовлюється щоденним контактам населення з ними. Не має такого побічного чинника, який не пов'язаний так тісно з життям людини, як нітрати. Останнім часом вплив нітратів і нітритів на організм людини зростає, що спричиняє проблему нітритів, їх вплив на здоров'я людини. Ця проблема з'явилася, насамперед, внаслідок систематичного використання високих доз нітрогенних добрив при недостатніх нормах органічних добрив, що спричиняє небажані наслідки для родючості ґрунту. В таких умовах зростає активність бактерій, що розкладають гумус, який мінералізується і вміст цієї речовини поступово знижує родючість. Крім того, нітрати, що потрапляють з ґрунту, є попередниками N-нітрозосполук [26].

Продукти харчування містять велику кількість біологічно-активних речовин, які характеризують харчову цінність продуктів (білків, жирів, вуглеводів), а також різних хімічних забруднювачів: токсичні елементи, нітрати, нітрити, N-нітрозосполуки, мікотоксини, пестициди.

Вміст нітратів у рослинних продуктах. Концентрація цих хімічних забруднювачів у продуктах може бути безпечною для людини та небезпечною. Як вже раніше згадувалось, нітрати небезпечні для здоров'я людини. Однак 80 % їх надходять до організму людини з харчовими продуктами, в основному з рослинними. Нітрати асимілюються в різних частинах рослин. Цей процес відбувається в три етапи:

- 1) надходження нітратів у рослинну клітину;
- 2) відновлення NO_3 до NH_4 ;
- 3) включення нітрогену у відновленій формі до складу амінокислот, з яких далі утворюються білкові сполуки.

Вміст нітратів у рослинах залежить від їх біологічних властивостей. Овочеві культури (зелень: салат, петрушка, кріп, шпинат тощо) можуть містити до 200-300 мг % нітратів. Корнеплоди – менше. Наприклад, червоний

буряк містить 140 мг % нітратів, морква – 103 мг %. Порівняно мало накопичують нітратів томати (20 мг %), картопля (25 мг %). Ранні овочі містять нітратів більше, ніж пізні. Фрукти та ягоди накопичують нітратів дуже мало (менше 10 мг %) [27, 28].

В рослинах нітрати розподіляються нерівномірно. Вміст нітратів у рослинах залежить також від періоду їх розвитку. Так, у перший період – проростання насіння, нітрати містяться в рослинах у мінімальній кількості (до 10 мг %). У другій період розвитку – цвітіння, міститься в рослинах багато нітратів (120 – 150 мг %). У третій період – цвітіння та запліднення, рослина потребує великої кількості нітрогену. Надмірний запас нітритів та нітратів у рослині зменшується (до 40 – 45 мг %).

На інтенсивність поглинання нітратів рослинами впливають ґрунтово-екологічний, спадковий чинники, а також чітке використання добрив.

Ґрунтово-екологічні чинники (зволоження, світло, температура повітря та ґрунту) діють в комплексі, можуть підсилювати чи послаблювати один одного. Поглинання нітратів рослинами збільшується при сильному освітленні. При низьких температурах повітря, надходження нітратів зменшується. Інтенсивне зволоження ґрунту збільшує поглинання нітратів корінням. Нечітке використання мінеральних добрив, насамперед нітрогенних, може зумовити накопичення в ґрунті, а потім і в рослинних продуктах, надмірної кількості нітратів [28].

Щодо продуктів тваринного походження, то нітрати містяться в молоці, оскільки це один із шляхів виведення їх із тваринного організму. В молоко нітрати попадають разом із забрудненими нітратами кормами і питною водою. В меншій кількості нітрати знаходяться в м'ясі [29, 30].

Різні солі нітратів та нітритів давно використовуються у харчовій промисловості при виготовленні шинково-ковбасних виробів, сирів тощо.

Вплив нітратів на здоров'я людини. Відомо, що нітрити характеризуються досить широким спектром токсичної дії, впливаючи на організм на різних біорівнях. Забруднення навколишнього середовища

фізичними, біологічними і хімічними факторами може призвести до негативних змін у стані здоров'я людини.

Гостре отруєння нітратами та нітритами. Універсальність токсичної дії обумовлена дією вільних радикалів NO. Токсична дія нітратів полягає у гіпоксії (кисневому голодуванні тканини), що розвивається внаслідок порушення транспорту кисню крові, а також у пригніченні активності ферментних систем, що беруть участь у процесах тканинного дихання.

Нітратна інтоксикація має механізм: порушення процесів окисного фосфорилування, що обумовлені дією самих нітратів та нітритів. Результатом є високий рівень метгемоглобіну в крові, розвиток ціанозу.

При збільшенні дії нітратів в організмі розвивається стан гіпоксії. Найбільше виражений гіпоксичний стан в таких тканинах організму, де відбувається інтенсивний поділ клітин, що зумовлює ембріотоксичну, тератогенну дію нітратів (нітритів). Окремо слід зупинитися на N-нітрозосполуках. N-нітрозосполуки – представники великої групи канцерогенних речовин. Вся група нітрозосполук поділяється на нітрозаміни і нітрозаміди .

Нітрат-іони відновлюються в організмі людини до нітрит-іонів, які викликають захворювання метилобеанемії (гемоглобін взаємодіє з NO₂ і втрачає можливість переносити кисень). В кишковому тракті нітрити перетворюються в нітрозаміни – сильні канцерогенні агенти.



Одні рослини здатні акумулювати нітратів більше, ніж інші. При вживанні їх в збільшеному обсязі, нітрати (в харчовому тракті) частково відновлюються до нітритів, а останні в крові можуть визвати анемію крові (метгемоглобінемію). Крім того, із нітритів при наявності амінів можуть утворюватися N-нітрозаміни, які наділені канцерогенною активністю (це може сприяти утворенню ракових пухлин).

В залежності від природи радикала (R1 чи R2) можуть утворюватись надзвичайно різноманітні нітрозаміни (з них канцерогенною активністю

володіють більше 100 сполук). Найбільш часто знаходять два подання цього класу сполучень – нітрозодиметиламін та нітрозодиетиламін. Більше всього нітрозамінів знайдено в копчених м'ясних виробах, ковбасах, виготовлених з добавками нітритів – до 80 мг/кг, в копченій рибі – до 110 мг/кг (в свіжій рибі чи м'ясі нітрозаміни знайдені головним чином в сирах, що пройшли фазу ферментації (до 10 мг/кг). Із рослинних продуктів нітрозаміни знаходять, головним чином, в солоно-маринованих виробах, а з напоїв – в пиві, де сумарний вміст їх може досягати до 12 мг/л. Процес нітрузування інтенсивніше протікає в кислому середовищі та в живому організмі [31, 94].

Збільшення навантаження органічних забруднень на ґрунт призводить до забруднення навколишнього середовища. Крім того, як вище вже згадувалось, із нітритів у присутності амінів можуть утворюватись N-нітрозаміни. Вони володіють канцерогенною активністю (здатністю утворення злоякісних пухлин).

При вживанні високих доз нітратів з їжею через 4 – 6 годин з'являється нудота, блювання, синюшність шкіряного та слизистого покривів. Наявність жирів у їжі знижує вміст нітратів [32, 95, 96].

Хронічне отруєння нітратами. З огляду на характер токсичної дії нітратів та нітритів можна очікувати, що найбільш чутливим до неї будуть діти перших днів та місяців життя. Причини цього явища:

- 1) ембріональний гемоглобін новонароджених значно легше окиснюється нітратами, ніж гемоглобіном;
- 2) недостатньо розвинена детоксикуюча метгемоглобінредуктазна система;
- 3) у шлунку новонароджених дуже мало кислоти.

Не тільки діти чутливі до нітратів, але й особи похилого віку, хворі на анемію, із захворюванням дихальної системи, хворобами серцево-судинної системи. У дітей перших місяців життя отруєння нітратами можливе через овочевий сік, молочні суміші, що готувалися на воді, що містить нітрати. Особливо небезпечна хронічна дія нітратів для дітей.

Нітрати та нітрити негативно впливають на організм вагітної та її плід, погіршуючи показники його біофізичного профілю. Ці сполуки проникають крізь плацентарний бар'єр. Якщо мати вживала багато насичених нітратами продуктів харчування то у новонародженої дитини вміст у крові нітратів і метгемоглобіну збільшений (розвиток гемічної гіпоксії). У крові цих дітей підвищилась концентрація білірубину і спостерігається стійка і яскраво виражена «жовтяниця новонароджених» [6, 97].

В період, коли дитина знаходиться на грудному годуванні, стан гемічної гепоксії підтримується за рахунок надходження в її організм нітратів з молоком матері.

Підсумовуючи вище згадане з отруєння нітратами і виявлених наслідків токсичної дії їх на організм, слід зауважити, що самі по собі нітрати харчових продуктів не завдають великої шкоди здоров'ю людини. Проте їх дія на організм становить вагомий додаток до токсичної дії нітратів питної води.

Допустимий вміст нітратів та нітритів у харчових продуктах. У 1996 році комплексними токсиколого-гігієнічними дослідженнями було встановлено допустиму добову дозу прийому NO_3 за добу – 320 мг на людину. Було також регламентовано вміст нітратів у харчових продуктів рослинного та тваринного походження. Гігієнічна регламентація допустимих концентрацій нітратів здійснюється з урахуванням кліматичних, географічних та екологічних чинників. При обґрунтуванні гігієнічних регламентацій за О. І. Циганенко (1985) слід враховувати такі чинники:

- 1) допустиму добову дозу нітратів;
- 2) середнє добове споживання продуктів однією людиною;
- 3) фоновий рівень нітратів у продуктах харчування.

Фактичне (1998–2000 рр.) середнє на одну людину добове навантаження нітратів на організм дорослого в Україні становить близько 45 мг/доба, тобто 40 % від допустимої норми для цього набору продуктів (110 мг/доба). Для дітей віком від 3 до 7 років ці величини дорівнюють 29 – 34

мг/доба, що становить 23 – 28 % від норми. Але якщо розрахувати добове навантаження нітратами на 1 кг маси тіла дорослого і дитини, тобто їх добову дозу (токсикологи для оцінки небезпечності речовин оперують саме цим поняттям), то цифри дещо зміняться. Так, якщо для дорослої людини масою 60 кг фактична добова доза дорівнює 0,76 мг/кг маси тіла, то для дітей віком від 1 до 4 років вона становитиме 2,0 – 3,0 мг/кг маси тіла, а для 4 – 6-річних дітей – 1,3 – 1,9 мг/кг їхньої маси тіла. Ці цифри вже є більшими за допустиму межу, що дорівнює 1,7 мг/кг маси тіла на добу.

Можна дійти висновку, що доросла людина одержує нітратів разом з харчовими продуктами менше за ту кількість, яка може позначитися на її здоров'ї, але страждають діти.

На досить складний процес засвоєння рослинами нітратного нітрогену, а відтак і на концентрацію нітратів у рослині, впливають багато чинників. Це і ґрунтово-екологічні: зволоження, світло, температура повітря та ґрунту (наприклад, поглинання нітратів рослинами збільшується при сильному освітленні) і нестача або надлишок елементів живлення (N, K, P), незбалансоване їх співвідношення, особливості ґрунту, ураження рослин хворобами тощо [32, 98].

Якщо рослина перебуває у вище згаданих умовах, за недосконалої агротехніки, нераціонального внесення мінеральних добрив, концентрація нітратів у рослині підвищується. Для запобігання шкідливого впливу N-нітрозосполук необхідні заходи, що обмежують їх вплив на організм людини. Треба обмежити, наприклад, кількість використання нітрогенних добрив. Якщо розумно використовувати нітрогенні добрива, то вони екологічно безпечні. Слід враховувати деякі умови їх використання. Так, наприклад, використання інгібіторів нітрифікації передбачає невикористання аміачної селітри [33].

Процеси нітрафікації забруднюють атмосферу, передусім, оксидами NO і NO₂. Разом із викиданням оксидів ТЕС, промисловими об'єктами і автотранспортом, відбувається значне забруднення атмосфери. Наслідком є

неконтрольоване перенесення отруйних оксидів вітрами на великі відстані. NO окиснюється до NO₂ у повітрі, яке є фітотоксичним, тобто токсичним для рослин [33].

Регламентування максимально допустимих доз мінеральних добрив в умовах захищеного ґрунту часто не запобігає підвищеному накопиченню нітратів у продукції. Відсутність чіткої градації використання кількості добрив з урахуванням вмісту у ґрунті N, P, K, незбалансоване їх співвідношення – це недоліки допустимих доз в харчових продуктах. Отже, треба зменшувати рівень нітратів у продукції рослинництва.

Нітрати накопичуються у молоці великої рогатої худоби. Вміст нітратів у молоці є наслідком вживання їх разом з кормами, тому заходом по запобіганню цього явища є дотримання всіх дозволених норм вмісту нітратів у кормах. В Україні нітрати та нітрити використовуються для одержання кольору м'ясних продуктів [33].

Переробка та використання рослинних продуктів, які містять нітрати. Ситуації, коли вміст нітратів у продуктах перевищує допустимі норми, спричинені невідпрацьованістю технологій їх використання. Ці ситуації дали змогу визначити шляхи використання нітратів у рослинах [34].

Кулінарна обробка продуктів знижує вміст нітратів. Так, чистка, миття продуктів зменшує його на 5–15 %. Зберігання чистих овочів в холодильнику не збільшує концентрації нітритів, тоді як при кімнатній температурі воно зростає. При варінні овочів, до 80 % нітратів і нітритів вимивається у відвар. Чим вище відношення кількості води та овочів – тим більше нітратів вимивається. Наприклад, з буряка вимивається до 40 %, з капусти – 65 %, з картоплі – 80 % нітратів. Отже, нітрати при суворій термічній обробці частково руйнуються з утворенням оксидів нітрогену та кисню. Таким чином, в готових овочевих стравах нітратів менше, ніж у сирих овочах [35].

Контроль за вмістом нітратів у харчових продуктах. Контроль за вмістом нітратів у харчових продуктах є важливим елементом забезпечення

гарантованої якості харчових продуктів. У всіх економічно розвинутих країнах (навіть в Україні) контроль здійснюється в двох напрямках:

- 1) контроль виробника за якістю своєї продукції;
- 2) державний нагляд з якості харчових продуктів.

Нітрати досліджують на трансформування нітратів у нітриту з наступним синтезом барвників за участю нітратів. Для проведення лабораторного контролю за нітратами харчових продуктів є такі методи: електрохімічні, вольтамперометричні. Розробляються нові методи іонної та газорідної хроматографії. Інометричний метод визначення нітратів у продукції полягає у вилученні нітратів з аналізованого матеріалу [36].

З 1989 року в Україні впроваджена розроблена Українським НДІ харчування «Уніфікована система гігієнічного контролю за вмістом нітратів у харчових продуктах» з обробкою даних на ЕОМ. Вона дає змогу не тільки контролювати ситуацію із забрудненням нітратами харчових продуктів, а й як справжня система моніторингу, має зворотний зв'язок. У ній передбачено бракування продукції з вмістом нітратів, більшим за допустимий, аналіз причин появи такої продукції в обігу та вживання адміністративних заходів до винних. Все це мало певний ефект. Відсоток проб продукції сільського господарства, в якій вміст нітратів перевищував допустимий, протягом 1998 – 2000 років знизився удвічі, а у деяких містах – і у тричі.

У систему було також введено блок розрахунку фактичного добового надходження нітратів до організму людини з кожним продуктом і усім добовим раціоном загалом по Україні та окремих її регіонах. Це дає змогу оцінити величину навантаження нітратами, що припадає на населення України, з погляду безпеки здоров'я [37].

Всього санітарно-епідеміологічними станціями України щорічно проводиться близько 30 тисяч аналізів продукції. Продукція з високим вмістом нітратів, вибраковується.

2.2. Ґрунтово-кліматичні умови та їх вплив на поглинання нітратів продукцією

Підвищене нагромадження нітратів у рослинах може відбуватися не тільки під впливом високих норм азотних добрив, а й на високогумусних ґрунтах, якщо існують сприятливі умови для мінералізації органічної речовини і мобілізації ґрунтового азоту, тобто якщо в поживному середовищі його надлишок.

Під впливом мікроорганізмів-нітрифікаторів, які є в будь-якому ґрунті, відбувається мінералізація органічної речовини (гумусу) і органічних добрив (гною, торфу, перегною), внаслідок чого утворюються нітрати, а процес зветься нітрифікацією. Оптимальними умовами її інтенсифікації є добра аерація ґрунту, вологість 60–70 % повної вологоємності, температура 25–35°C, рН 6–8. За таких умов і високому вмісті органіки в ґрунті може нагромаджуватися велика кількість нітратів [39, 40, 99].

Протягом доби динаміка нагромадження нітратів змінюється. В сонячні, але не жаркі дні їх нагромадження значно менше і, навпаки: в другу половину дня нітратів у 1,6–2 рази менше, ніж вранці.

Друге джерело – азотні добрива: натрієва селітра – нітратний азот, сірчаноокислий амоній – амонійний азот, карбамід (сечовина) – амідний азот.

Амонійний і амідний азот у ґрунті під впливом тих же нітрифікуючих мікроорганізмів поступово переходить у нітратний. За сприятливих умов нітрифікації, про що говорилося вище, весь азот за 2–3 дні може повністю перетворитися в нітратний. Тому при внесенні високих норм азотних добрив, навіть таких, що не містять нітратного азоту, в ґрунті може нагромаджуватися велика кількість нітратів.

Нітратний азот у ґрунті рухливий і при поливі або в дощову погоду легко вимивається за межі кореневої зони, особливо на легких ґрунтах.

Інтенсивність процесів синтезу, що містять азот органічних сполук, залежить від ряду таких факторів:

- Достатня кількість вуглеводів у рослинах, які утворюються в процесі

фотосинтезу. Для цього рослина повинна мати розвинутий, не уражений хворобами і не пошкоджений шкідниками листковий апарат і достатньо світла, особливо в умовах захищеного ґрунту.

- Живлення рослин має бути збалансоване за фосфором, калієм, магнієм і мікроелементами.

- Забезпеченість рослин вологою і оптимальною температурою.

РОЗДІЛ 3.

НОРМУВАННЯ НІТРАТІВ У ПРОДУКЦІЇ

3.1 Нормативи нітратів у сільськогосподарській продукції та продуктах харчування в Україні

Нормативи встановлюють гранично допустимі викиди та скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів.

Нормативні матеріали – це комплекс довідкової інформації, необхідної для визначення норм збереження і поліпшення якості навколишнього середовища та охорони здоров'я людини, оптимізації негативного впливу антропогенного навантаження на природне середовище. Нормативи антропогенного навантаження на природне середовище являються основою для визначення правомірності поведінки суб'єктів екологічних правовідносин, визначають ступінь ефективності виконання екологічних і правових наказів.

Реалізація екологічних прав людини, проведення екологічних експертиз, міра еколого-правової відповідальності, оцінка екологічного ризику та багато іншого залежить від показників антропогенного навантаження на природне середовище. Нормативи антропогенного навантаження на природне середовище повинні відображати вимоги до нього різних споживачів і забезпечувати збереження екологічної рівноваги в природних екосистемах в межах їх саморегуляції [33].

Юридично обов'язковим норматив стає з моменту затвердження його компетентними органами.

Нормативи класифікуються за такими видами:

1. Нормативи екологічної безпеки:

- гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у навколишньому середовищі;

- гранично допустимі рівні акустичного шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- гранично допустимі рівні електромагнітного шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- гранично допустимі рівні радіаційного шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- гранично допустимий вміст шкідливих речовин у продуктах харчування.

2. Гранично допустимі викиди та скиди:

- гранично допустимі викиди у навколишнє середовище (атмосферне повітря) забруднювальних хімічних речовин;
- гранично допустимі скиди у навколишнє середовище (води) забруднювальних хімічних речовин.

3. Рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів:

- гранично допустимі рівні шкідливого впливу фізичних факторів на природне середовище;
- гранично допустимі рівні шкідливого впливу біологічних факторів на природне середовище.

Продовольчою і сільськогосподарською комісією ООН встановлена гранично допустима кількість (ГДК) споживання людиною нітратів в добу – 500 мг. Всесвітня організація охорони здоров'я, встановила ГДК нітратів і нітритів. Добова допустима доза нітратів складає 3,7 мг/кг маси тіла, а нітритів – 0,2 мг/кг маси тіла. Це означає, що людина масою 70 кг може без небезпеки для свого організму споживати до 250 мг нітратів на добу (у перерахунку на нітрат натрію до 350 мг) і нітриту – до 15 мг/добу [33].

В Україні з продуктами харчування до організму дорослих щодоби надходить влітку 256 мг, восени і навесні – 140-180 мг нітратів, до організму дітей віком 1-3 років – влітку – 215 мг, восени і навесні – 150-155 мг нітратів.

Гранично допустима доза нітратів для дорослого становить 300-350 мг (з розрахунку на 60-70 кг маси тіла), а для дитини 2-3 років – 50-75 мг (з розрахунку на 10-15 кг маси тіла) [41, 100].

Для людини досить безпечною добовою дозою нітратів є 150-200 мг. Допустима добова доза нітратів для дорослої людини складає 325 мг на добу. Для дорослої людини гранично допустима добова доза становить 500 мг, а 600 мг – є токсичною. Допустиме надходження нітратів з продуктами харчування за добу становить 5 мг/кг ваги [41]. Для контролю за якістю продуктів харчування і запобігання негативним наслідкам, Міністерством охорони здоров'я України затверджено положення про ГДК вмісту нітратів у продуктах харчування (табл. 3.1) [41].

Таблиця 3.1

Гранично допустима кількість нітратів у продуктах рослинництва

Культура	Допустимі рівні вмісту нітратів у продуктах, мг/кг	
	відкритого ґрунту	захищеного ґрунту
Баклажани	300	-
Буряки столові	1400	-
Дині	90	-
Кабачки	400	-
Кавуни	60	-
Капуста білокачанна пізня	400	-
Капуста білокачанна рання	800	-
Картопля пізня	120	-
Картопля рання	240	-
Морква пізня	300	-
Морква рання	600	-
Овочі листяні і салатні	1500	3000
Огірки	200	400
Перець солодкий	200	-
Редис	1200	-
Томати	100	200
Цибуля–перо	400	800
Цибуля ріпчаста	90	-

Міністерством охорони здоров'я України затверджено максимально допустимі рівні нітратів (МДР) у сільськогосподарській продукції та продуктах харчування [41].

Нині для більшості культур встановлена межа допустимої концентрації (МДК), при дотриманні якої не спостерігається несприятливого впливу на здоров'я, самопочуття, працездатність і гігієнічні умови життя населення (табл. 3.2.).

Таблиця 3.2

Максимально допустимий рівень нітратів у сільськогосподарській продукції в Україні

Продукція	МДР, мг/кг
Картопля	250
Капуста рання	900
Капуста пізня	500
Морква рання	400
Морква пізня	250
Помідори відкритого ґрунту	150
Помідори закритого ґрунту	300
Огірки відкритого ґрунту	150
Огірки закритого ґрунту	300
Баклажани	200
Кабачки	400
Столові буряки	140
Цибуля ріпчаста	80
Цибуля зелена	600
Часник	60
Салат	2000
Петрушка (зелень)	2000
Шпинат	2000
Щавель	2000
Буряк столовий	1400
Дині	90
Кавуни	60
Перець солодкий відкритого ґрунту	200
Перець солодкий закритого ґрунту	400
Яблука, груші	60

Різні органи овочевих культур містять неоднакову кількість нітратів: стебла білоголової капусти – до 700 мг/кг, а качани – до 2480 мг/кг, жилка листка – до 980, а листкова пластинка – до 100 мг/кг.

У листових овочах (салат, шпинат, щавель, петрушка, кріп, селера тощо) в період товарного дозрівання максимальна кількість нітратів міститься в стеблах і черешках, а мінімальна – в листових пластинках; у моркви, буряка і редьки – максимальна у верхній частині, кінчиках та серцевині коренеплоду, а в шкірці та м'якоті – мінімальна. В огірках та кабачках – чим ближче до насіння, тим менший вміст нітратів [41].

Всесвітня організація охорони здоров'я вважає допустимий вміст нітратів у дієтичних продуктах (сюди належить багато різних овочів) до 300 мг/кг сирого продукту. Нешкідлива допустима норма споживання нітратів за добу становить 3,6 мг/кг маси людини.

Добова максимально допустима доза нітратів для тварин становить 0,20 – 0,45% добової кількості корму. Вміст нітритів у цих кормах не повинен перевищувати 10 мг/кг. Біологічні особливості культур, рівень мінерального живлення, властивості ґрунту, система і період підживлення, погодні умови, режим зрошування, час висівання, збирання, густина посівів – основні фактори, що впливають на вміст нітратів у рослинній продукції. Щоб рослини змогли перетворити нітратний азот на органічний, азотні добрива потрібно вносити не пізніше, ніж за 30 діб до збирання врожаю [41].

3.2. Нормативи вмісту нітратів у продукції за кордоном

Правила ЄС щодо вмісту забруднюючих речовин у харчових продуктах мають на меті забезпечення безпечності харчових продуктів, розміщених на ринку, та регламентують вміст забруднюючих речовин у харчових продуктах на рівнях, що не становлять загрози для здоров'я людей. Європейське законодавство встановлює принцип, за яким харчові продукти, рівень забруднюючих речовин у яких є неприйнятним з точки зору забезпечення високого рівня захисту інтересів громадян та громадського здоров'я (зокрема

при високому токсикологічному рівні забруднюючих речовин), не можуть бути випущені в обіг [42].

Максимально допустимі рівні забруднюючих речовин встановлюються для тих забруднюючих речовин, які найбільше непокоять споживачів ЄС через токсичність або потенційну поширеність у харчовому ланцюзі. У ЄС максимально допустимі рівні вмісту забруднюючих речовин встановлені зокрема для нітратів [43].

Максимально допустимий вміст забруднюючих речовин має бути встановлений на рівні, що є науково обґрунтованим та прийнятним з точки зору токсикологічного впливу на організм людини, повинен піддаватися постійному контролю і змінюватися з урахуванням нової інформації і нових даних.

При встановленні максимально допустимих рівнів забруднюючих речовин у ЄС беруться до уваги максимальні рівні забруднюючих речовин, встановлені на міжнародному рівні Комісією Кодекс Аліментаріус, а також вимоги належної сільськогосподарської практики та ризику, пов'язані зі споживанням певних харчових продуктів (табл. 3.3) [44].

Для забруднюючих речовин, які вважаються генотоксичними канцерогенами або у випадках, коли поточний вплив таких речовин на населення або групи ризиків населення є близьким до граничного споживання або перевищує його, максимальний вміст встановлюється на найнижчому прийнятному рівні, наскільки це є розумно досяжним.

Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах у ЄС базуються на Регламенті Комісії від 19 грудня 2006 року № 1881/2006, яким встановлюються максимальні рівні вмісту певних забруднюючих речовин у харчових продуктах [45].

Відмінності при встановленні максимально допустимих рівнів деяких забруднюючих речовин на національному рівні можуть створювати бар'єри в торгівлі харчовими продуктами, задля забезпечення вільного переміщення товарів, рівних умов конкуренції серед держав-членів, а також високого рівня

захисту споживачів, з 1 березня 2007 року, відповідно до Регламенту № 1881/2006, максимально допустимі рівні деяких забруднюючих речовин є нормами прямої дії та встановлюються на рівні Співтовариства [45].

Таблиця 3.3

Максимально допустимий рівень нітратів у сільськогосподарській продукції ЄС

Продукція	МДР, мг/кг
Свіжий шпинат	3500
Консервований, глибокозаморожений або заморожений шпинат	2000
Свіжий салат-латук вирощений у захищеному ґрунті	5000
Салат-латук вирощений у відкритому ґрунті	4000
Салат-латук «Айсберг» вирощений у захищеному ґрунті	2500
Салат-латук «Айсберг» у відкритому ґрунті	2000
Рукола	6000
Перероблені харчові продукти на основі зернових та дитяче харчування для дітей віком до 3-х років	200
Дитяче харчування на основі злаків для дітей віком до 36 місяців	100

Законодавство ЄС дуже чітко відмежовує питання безпеки і якості харчових продуктів та продовольчої сировини. Правове регулювання питань безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини здійснюється на законодавчому рівні, додержання встановлених вимог є обов'язковим, а їх порушення тягне за собою відповідальність.

Безпека продуктів харчування і продовольчої сировини є ключовим критерієм для втручання національних органів та установ ЄС у харчовий ланцюжок. Організаційні заходи на рівні ЄС здійснюються на рівні підрозділів, які займаються аналізом ризиків.

Європейський орган з питань безпеки харчової продукції (EFSA)

відповідає за питання, пов'язані з оцінкою ризиків й обміном інформацією та Європейська Комісія, Європейський Парламент і Рада несуть відповідальність за управління ризиками. На основі оцінок ризиків, які надаються з боку EFSA та ґрунтуються на інших даних, вони можуть колективно та індивідуально приймати відповідні політичні рішення й надавати необхідні регуляторні інструменти з метою їх запровадження. Комісія виступає в ролі органу, який забезпечує дотримання положень угод Європейського Співтовариства, несе відповідальність за належне дотримання та виконання нормативно-правових актів Співтовариства щодо безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини. Як одна із служб Комісії, Бюро з питань ветеринарії та харчової продукції (FVO) відіграє важливу роль у виконанні цього завдання [46].

Якість продуктів харчування належить до сфери компетенції виробника і здійснюється за допомогою стандартів управління якістю, які стосуються управління на рівні компанії. Цей підхід відрізняється від інших стандартів, в яких описуються етикетки та маркування і які стосуються самого продукту або виробничих процесів. Стандарти управління якістю не обов'язкові для входу на ринок ЄС, хоча в певних секторах це вимагається з боку виробників [46].

РОЗДІЛ 4.

ОЦІНКА ЗЕРНОВОЇ І ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ВМІСТ НІТРАТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

4.1. Екологічна оцінка зернової і зернобобової продукції агроценозів за вмістом нітратів

Ведення інтенсивного сільськогосподарського виробництва за сучасних аграрних технологій неможливе без застосування добрив [21].

Інтенсивні технології вирощування зернових – це система агротехнічних заходів, які дають змогу максимально реалізувати генетичний потенціал сортів сільськогосподарських рослин за рахунок застосування сучасних досягнень селекції, землеробства, хімізації та механізації виробничих процесів. Нині спостерігаються істотні відхилення від дотримання основних складових інтенсивних технологій, зокрема, спостерігається тенденція до збільшення обсягів використання пестицидів та мінеральних добрив, що є наслідком обмеженого набору культур у сівоzmінах та погіршенням їх чергування [21, 100]. Але хімізація сільського господарства супроводжується процесами забруднення природного середовища небезпечними для життя живих організмів, включаючи людину.

Зерно та насіння різних культур має багато корисних властивостей, що обумовлюють їх різнобічне використання. Тому для всебічної оцінки якості зерна застосовують комплекс показників. Значимість цих показників якості неоднакова. Деякі з них дуже специфічні. Вони характеризують технологічні особливості окремих партій зерна тієї чи іншої культури. Однак існують універсальні показники, за якими отримують уявлення про харчові, кормові та технологічні характеристики доброякості будь-якої партії зерна, про стійкість його при зберіганні [21, 101, 102].

Наші дослідження щодо оцінки зернової продукції на вміст у ній нітратів та ефективності заходів зниження вмісту нітратів, проводили

впродовж 2016–2019 рр. із зерном польових культур, вирощених в умовах інтенсивної хімізації землеробства Лісостепу правобережного.

Лабораторні аналізи зерна проводили у сертифікованій лабораторії Випробувального центру Вінницької філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Визначали вміст нітратів у зерні та насінні польових культур в умовах інтенсивної хімізації землеробства.

Порівнювали вміст нітратів у зерні та насінні основних сільськогосподарських культур: пшениці озимої, ячменю ярого, вологому та висушеному зерні кукурудзи, насінні ріпаку озимого, соняшнику, гороху, гречки та сої за вирощування їх ресурсоощадними та інтенсивними технологіями. Інтенсивні технології вирощування зернових культур – це система агротехнічних заходів, які дають змогу максимально реалізувати генетичний потенціал сортів сільськогосподарських рослин за рахунок застосування сучасних досягнень селекції, землеробства, хімізації та механізації виробничих процесів.

Результати досліджень показали, що фактичний вміст нітратів у зерні пшениці озимої на період збирання, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, становив 51,30 мг/кг, що у 5,8 разів менше ГДК, у насінні ріпаку озимого – 88,30 мг/кг, що у 3,4 рази менше ГДК, у зерні ячменю ярого – 91,20 мг/кг, що у 3,3 рази менше ГДК, у вологому зерні кукурудзи – 10,23 мг/кг, що у 29,3 рази менше ГДК, у висушеному зерні кукурудзи – 9,12 мг/кг, що у 32,9 рази менше ГДК, у насінні соняшнику – 131,80 мг/кг, що у 2,3 рази менше ГДК (табл. 4.1.) [21].

Серед досліджуваного зерна та насіння, найвищий вміст нітратів був виявлений у насінні соняшнику – 131,80 мг/кг. Вміст нітратів у зерні ячменю ярого був на 30,8 % менший, у насінні ріпаку озимого – на 33,1 %, у зерні пшениці озимої – на 61,1 %, у вологому зерні кукурудзи – на 92,2 % та висушеному зерні кукурудзи – на 93,1 %, ніж у насінні соняшнику.

Таблиця 4.1

Вміст нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах інтенсивної хімізації землеробства, мг/кг на період збирання культур (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва культури	Вміст нітратів	
	фактичний	ГДК
Пшениця озима	51,30±1,1	300
Ріпак озимий	88,30±0,5	
Ячмінь ярий	91,20±0,4	
Кукурудза (волога)	10,23±0,8	
Кукурудза (висушена)	9,12±0,6	
Соняшник	131,80±3,0	

Фактичний вміст нітратів у зерні пшениці озимої на період збирання, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства становив 12,30 мг/кг, що у 24,4 рази менше ГДК, у зерні ячменю ярого – 18,60 мг/кг, що у 16,1 рази менше ГДК, насінні гороху – 22,91 мг/кг, що у 13,1 рази менше ГДК, насінні гречки – 22,90 мг/кг, що у 13,1 рази менше ГДК, насінні сої – 25,70 мг/кг, що у 11,7 рази менше ГДК (табл. 4.2.).

Таблиця 4.2

Вміст нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства, мг/кг на період збирання культур (середнє за 2016–2018 рр.)

Назва культури	Вміст нітратів	
	фактичний	ГДК
Пшениця озима	12,30±0,8	300
Ячмінь ярий	18,60±0,6	
Горох	22,91±1,7	
Гречка	22,90±1,7	
Соя	25,70±1,6	

Серед досліджуваного зерна та насіння, найвищий вміст нітратів було виявлено у насінні сої – 25,70 мг/кг. Вміст нітратів у насінні гречки та гороху був на 10,9% менший, у зерні ячменю ярого – на 27,7 %, а у зерні пшениці озимої – на 52,2 % менший, ніж у насінні сої.

Отже, встановлено, що в умовах інтенсивної та ресурсощадної хімізації землеробства у зерні та насінні польових культур перевищень вмісту ГДК не виявлено, проте найвищий ризик вмісту нітратів виявлений у насінні соняшнику, ріпаку озимого та зерні ячменю ярого при їх вирощуванні за інтенсивними технологіями.

Коефіцієнт накопичення нітратів встановлюється шляхом ділення кількості нітратів у зерні та насінні польових культур на кількість легкогідролізованого азоту у ґрунті [47, 48, 104].

Коефіцієнт накопичення нітратів у насінні ріпаку озимого, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства становив 1,4, у насінні соняшнику – на 7,2 % менше, у зерні ячменю ярого – на 14,3 % менше (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

**Коефіцієнт накопичення нітратів у зерні польових культур
вирощених в умовах інтенсивної хімізації землеробства (2016–2018 рр.)**

Назва культури	Коефіцієнт накопичення нітратів
Пшениця озима	0,7±0,02
Ріпак озимий	1,4±0,1
Ячмінь ярий	1,2±0,1
Кукурудза	0,1±0,01
Соняшник	1,3±0,1

Отримані результати вказують на те, що культури, у яких коефіцієнт накопичення нітратів вищий за одиницю: ріпак озимий, соняшник та ячмінь ярий, мають вищий ризик його накопичення у зерні та насінні, що може викликати при високому вмісті у ґрунтах легкогідролізованого азоту або при

внесенні високих норм азотних мінеральних добрив, перевищення допустимих рівнів нітратів.

Найнижчий коефіцієнт накопичення нітратів був у зерні кукурудзи – 0,1, що менше, ніж у насінні ріпаку озимого на 92,8 %.

Коефіцієнт накопичення нітратів у насінні сої, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства становив 0,4, у насінні гороху – на 25,0 % менше (табл. 4.4.).

Таблиця 4.4

Коефіцієнт накопичення нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства (2016–2018 рр.)

Назва культури	Коефіцієнт накопичення нітратів
Пшениця озима	0,2±0,01
Ячмінь ярий	0,2±0,01
Горох	0,3±0,01
Соя	0,4±0,01

Найнижчий коефіцієнт накопичення нітратів був у зерні пшениці озимої та у ячменю ярого – 0,2, що на 50,0 % менше, ніж у насінні сої.

Коефіцієнт накопичення нітратів у зерні пшениці озимої, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації був у 3,5 разів більший, ніж у зерні пшениці озимої, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації, у зерні ячменю ярого, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації коефіцієнт накопичення нітратів був у 6,0 разів більший, ніж в умовах ресурсоощадної хімізації.

Коефіцієнт небезпечності нітратів виявляється шляхом ділення кількості нітратів у зерні та насінні на гранично допустиму кількість нітратів у зерні та насінні [47, 48].

Коефіцієнт небезпечності нітратів у насінні соняшнику, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства становив 0,4, у зерні ріпаку озимого, та ячменю ярого – на 25,0 % менше, пшениці озимої – на 50 % менше.

Найнижчий коефіцієнт небезпечності нітратів був виявлений у зерні кукурудзи – 0,03, що на 92,5 % менше, ніж у насінні соняшнику (табл. 4.5.).

Таблиця 4.5

Коефіцієнт небезпечності нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах інтенсивної хімізації землеробства (2016–2018 рр.)

Назва культури	Коефіцієнт небезпечності нітратів
Пшениця озима	0,2±0,01
Ріпак озимий	0,3±0,01
Ячмінь ярий	0,3±0,01
Кукурудза	0,03±0,01
Соняшник	0,4±0,01

Коефіцієнт небезпечності нітратів у насінні сої, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства становив 0,09, у насінні гороху – на 11,2 % менше, ячменю ярого – на 33,4 % менше (табл. 4.6.).

Таблиця 4.6

Коефіцієнт небезпечності нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства (2016–2018 рр.)

Назва культури	Коефіцієнт небезпечності нітратів
Пшениця озима	0,04±0,01
Ячмінь ярий	0,06±0,01
Горох	0,08±0,01
Соя	0,09±0,01

Отже, найвищий коефіцієнт накопичення і коефіцієнт небезпечності нітратів був у насінні сої та гороху, вирощених в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства.

Коефіцієнт небезпечності нітратів у зерні пшениці озимої, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації був у 0,2 рази більший, ніж у зерні пшениці озимої, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації, у зерні ячменю ярого

коефіцієнт небезпечності нітратів за ресурсоощадної хімізації був у 5,0 разів менший, ніж за інтенсивної хімізації.

Для встановлення рівня зниження вмісту нітратів у досліджуваному зерні та насінні, нами повторно відбиралися проби зерна і насіння через певний проміжок часу: через 3 місяці, 6 місяців, 12 місяців і 24 місяці при його зберіганні з послідуочим проведенням лабораторного аналізу. Впродовж зберігання зерно та тнасіння зазнавало механічного впливу: переміщування, перекидання, повітряно-тепловий обігрів та інше [49].

Через 3 місяці після збирання зерна пшениці озимої, вирощеної в умовах інтенсивної хімізації землеробства, вміст нітратів зменшився на 55,4 % і склав 22,90 мг/кг, через 6 місяців – на 79,1 %, через 12 місяців – на 85,8 %, порівняно з періодом збирання зерна і через 24 місяці – на 87,7 % та склав 6,29 мг/кг. (табл. 4.7.).

Таблиця 4.7

Динаміка зміни вмісту нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах інтенсивної хімізації землеробства залежно від періоду очікування, мг/кг (2016–2018 рр.)

Назва культури	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.					ГДК
	Після збирання	Через 3 міс.	Через 6 міс.	Через 12 міс.	Через 24 міс.	
Пшениця озима	51,30±1,1	22,90±0,1	10,72±0,8	7,31±0,4	6,29±0,2	300
Ріпак озимий	88,30±0,5	45,74±0,9	24,55±1,1	18,54±0,6	18,00±0,5	300
Ячмінь ярий	91,20±0,4	76,52±1,4	37,10±1,2	23,95±1,1	21,38±1,1	300
Кукурудза (волога)	10,23±0,8	9,77±0,5	4,20±0,3	3,80±0,2	2,80±0,1	300
Кукурудза (висушена)	9,12±0,6	7,07±0,4	4,80±0,3	3,70±0,2	3,65±0,2	300
Соняшник	131,80±3,0	46,77±0,9	4,20±0,3	4,00±0,3	3,88±0,2	300

Через 3 місяці після збирання і штучного висушування зерна кукурудзи, вміст нітратів зменшився на 22,5 % і склав 7,07 мг/кг, через 6

місяців – на 47,4 %, через 12 місяців – на 59,4 %, порівняно з періодом збирання зерна і через 24 місяці – на 60,0 % та склав 3,65 мг/кг.

Через 3 місяці після збирання зерна пшениці озимої, вирощеної в умовах ресурсощадної хімізації землеробства, вміст нітратів зменшився на 47,6 % і склав 6,45 мг/кг, через 6 місяців – на 67,5 %, через 12 місяців – на 69,1 %, порівняно з періодом збирання зерна і через 24 місяці – на 69,4 % та склав 3,76 мг/кг (табл. 4.8.).

Таблиця 4.8

Динаміка зміни вмісту нітратів у зерні польових культур вирощених в умовах ресурсощадної хімізації землеробства залежно від періоду очікування, мг/кг (2016–2018 рр.)

Назва культури	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.					ГДК
	Після збирання	Через 3 міс.	Через 6 міс.	Через 12 міс.	Через 24 міс.	
Пшениця озима	12,30±0,8	6,45±0,3	4,00±0,1	3,80±0,1	3,76±0,1	300
Ячмінь ярий	18,60±0,6	16,22±0,5	13,80±0,7	7,21±0,1	6,48±0,1	300
Горох	22,91±1,7	15,85±0,5	8,90±0,1	4,70±0,1	3,66±0,1	300
Гречка	22,90±1,7	12,88±0,6	10,20±0,2	4,93±0,1	3,99±0,1	300
Соя	25,70±1,6	16,22±0,5	8,90±0,1	4,60±0,1	4,00±0,1	300

Через 3 місяці після збирання ячменю ярого вміст нітратів зменшився на 12,8 % і склав 16,22 мг/кг, через 6 місяців – на 25,8 %, через 12 місяців – на 61,2 %, порівняно з періодом збирання зерна і через 24 місяці – на 65,2 % та склав 6,48 мг/кг.

Через 3 місяці після збирання гороху вміст нітратів зменшився на 30,8 % і склав 15,85 мг/кг, через 6 місяців – на 61,2 %, через 12 місяців – на 79,5 %, порівняно з періодом збирання і через 24 місяці – на 84,1 % та склав 3,66 мг/кг.

Через 3 місяці після збирання насіння гречки вміст нітратів зменшився на 43,8 % і склав 12,88 мг/кг, через 6 місяців – на 55,5 %, через 12 місяців –

на 78,5 %, порівняно з періодом збирання і через 24 місяці – на 82,6 % та склав 3,99 мг/кг.

Через 3 місяці після збирання насіння сої вміст нітратів зменшився на 36,9 % і склав 16,22 мг/кг, через 6 місяців – на 65,4 %, через 12 місяців – на 82,1 %, порівняно з періодом збирання і через 24 місяці – на 84,4 % та склав 4,00 мг/кг.

Отже, порівняння зміни вмісту нітратів за 24 місяці зберігання зерна пшениці озимої, вирощеного в умовах інтенсивної та ресурсощадної хімізації землеробства показало зниження їх вмісту на 87,7 % за інтенсивної хімізації землеробства, до рівня 6,29 мг/кг та на 69,4 % за ресурсощадної хімізації землеробства до 3,76 мг/кг.

Порівняння зміни вмісту нітратів за 24 місяці зберігання зерна ячменю ярого, вирощеного в умовах інтенсивної та ресурсощадної хімізації землеробства показало зниження їх вмісту на 76,6 % за інтенсивної хімізації землеробства, до рівня 21,38 мг/кг та на 65,2 % за ресурсощадної хімізації землеробства до 6,48 мг/кг.

4.2. Агроекологічне і математично-статистичне обґрунтування вмісту нітратів у зерновій продукції залежно від тривалості зберігання

Математично-статистична обробка результатів наукових досліджень є обов'язковим елементом. Вона передбачає встановлення кореляційної та регресійної залежності між кількома елементами, що змінюються в певному діапазоні та мають певні взаємозв'язки між собою .

Є певні зв'язки між досліджуваними процесами та явищами. Їх суть полягає у тому, що середнє значення однієї ознаки змінюється залежно від зміни іншої ознаки [65]. Ці взаємозв'язки називають кореляцією. Регресія – це ступінь і особливості зміни однієї з ознак на одиницю іншої ознаки. Після кореляційних та регресійних аналізів складають рівняння регресії, які використовують для обчислення невідомого показника за відомим [47, 87, 103].

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у зерні пшениці озимої, вирощеної в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,69$. Це вказує на сильний від'ємний зв'язок між вмістом нітратів у зерні пшениці озимої та періодом очікування. Дана залежність представлена на (рис. 4.1)

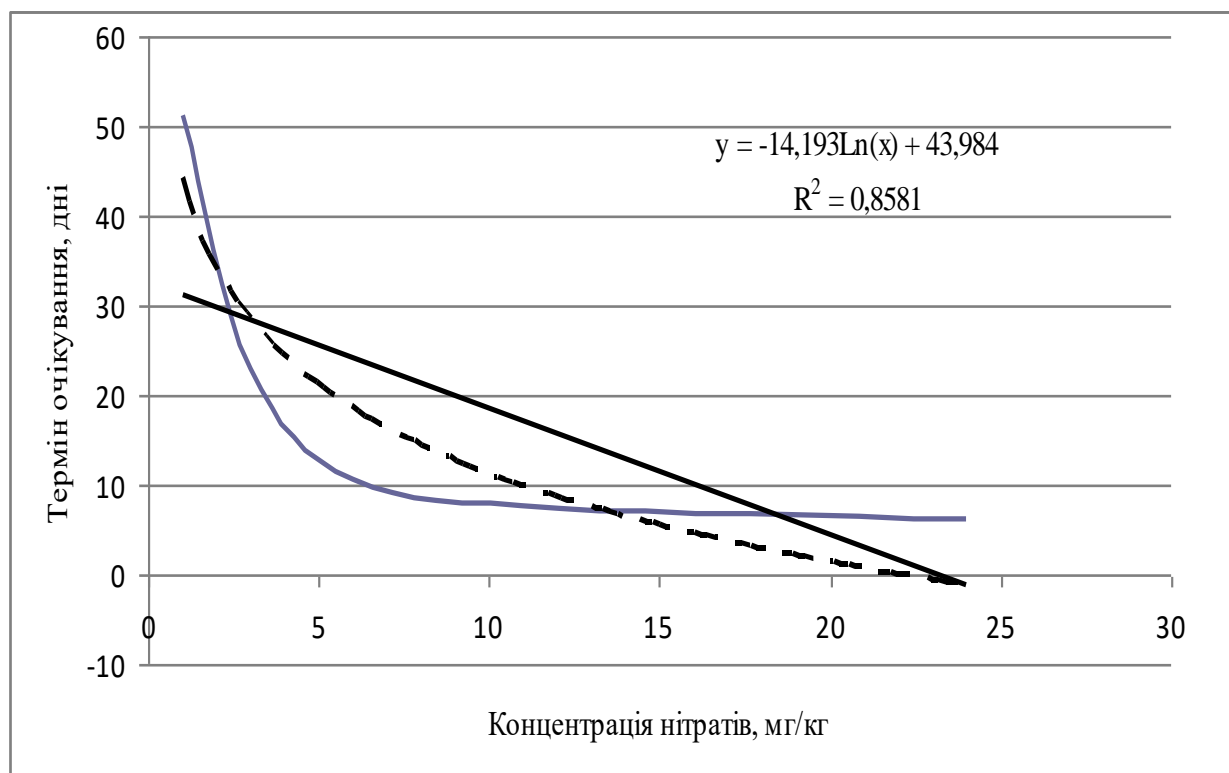


Рис. 4.1. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у зерні пшениці озимої (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -14,193\ln(x) + 43,984$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8581$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 86 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у насінні ріпаку озимого, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно від періоду очікування, становить $r = -0,70$. Це вказує на сильний від'ємний зв'язок між

вмістом нітратів у насінні ріпаку озимого та періодом очікування. Дана залежність представлена на (рис. 4.2).

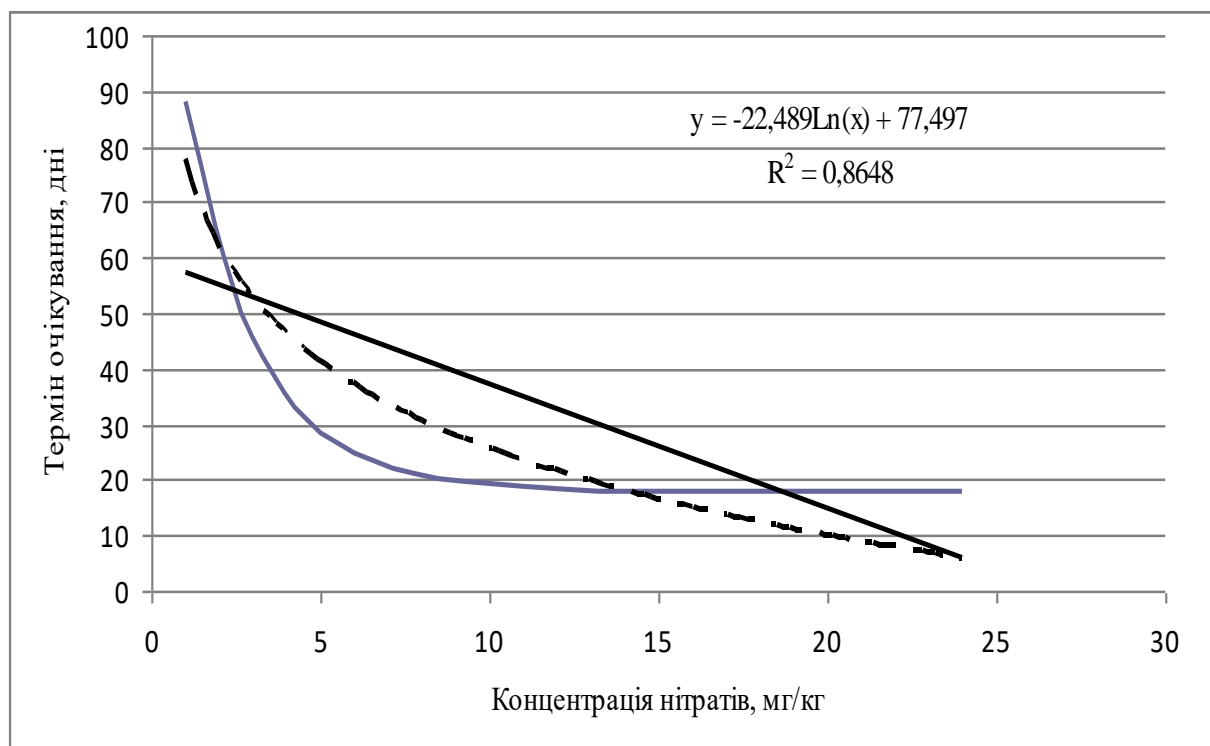


Рис. 4.2. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у насінні ріпаку озимого (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -22,489\ln(x) + 77,497$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8648$, що вказує зміну вмісту нітратів у насінні на 86 % від тривалості зберігання насіння.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у зерні ячменю ярого, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,81$. Це вказує на сильний від'ємний зв'язок між вмістом нітратів у зерні ячменю ярого та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.3.

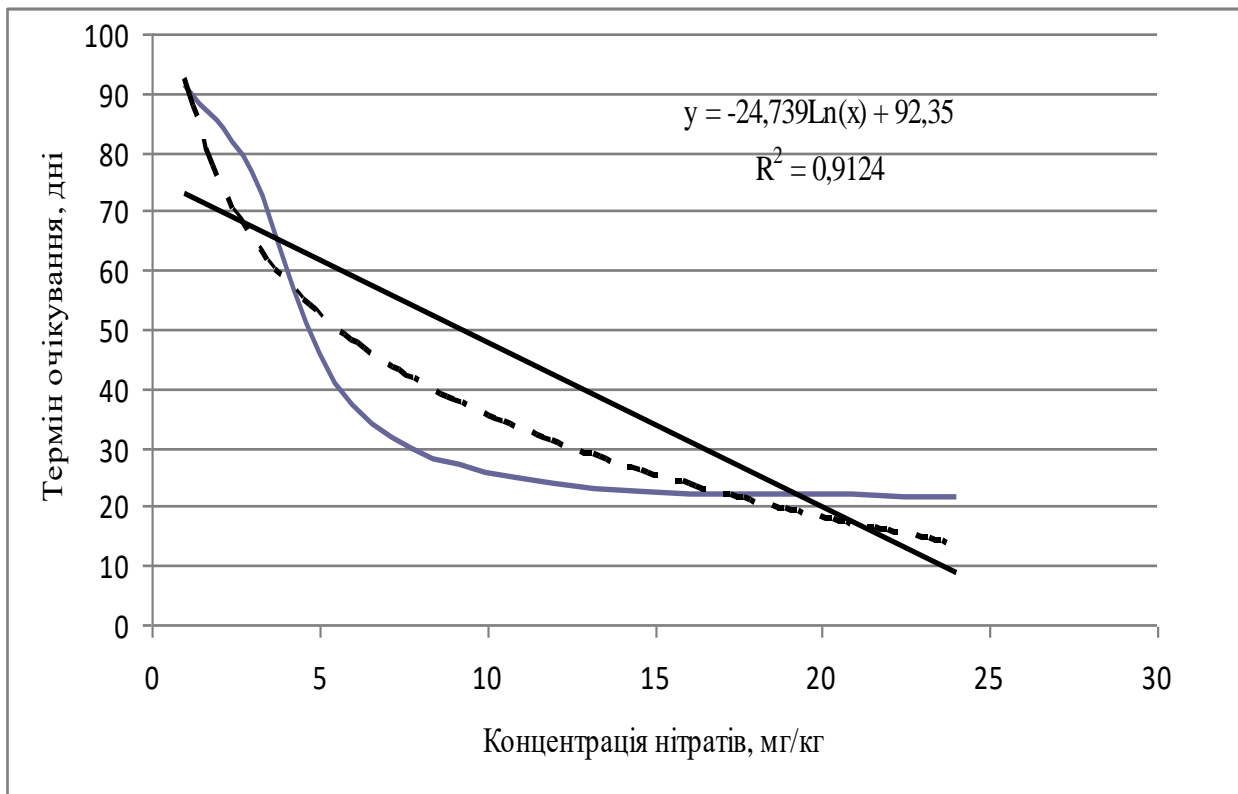


Рис. 4.3. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у зерні ячменю ярого (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -24,739\ln(x) + 92,35$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., \ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9124$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 91 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у вологому зерні кукурудзи, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,80$. Це вказує на сильний від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у вологому зерні кукурудзи та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.4.

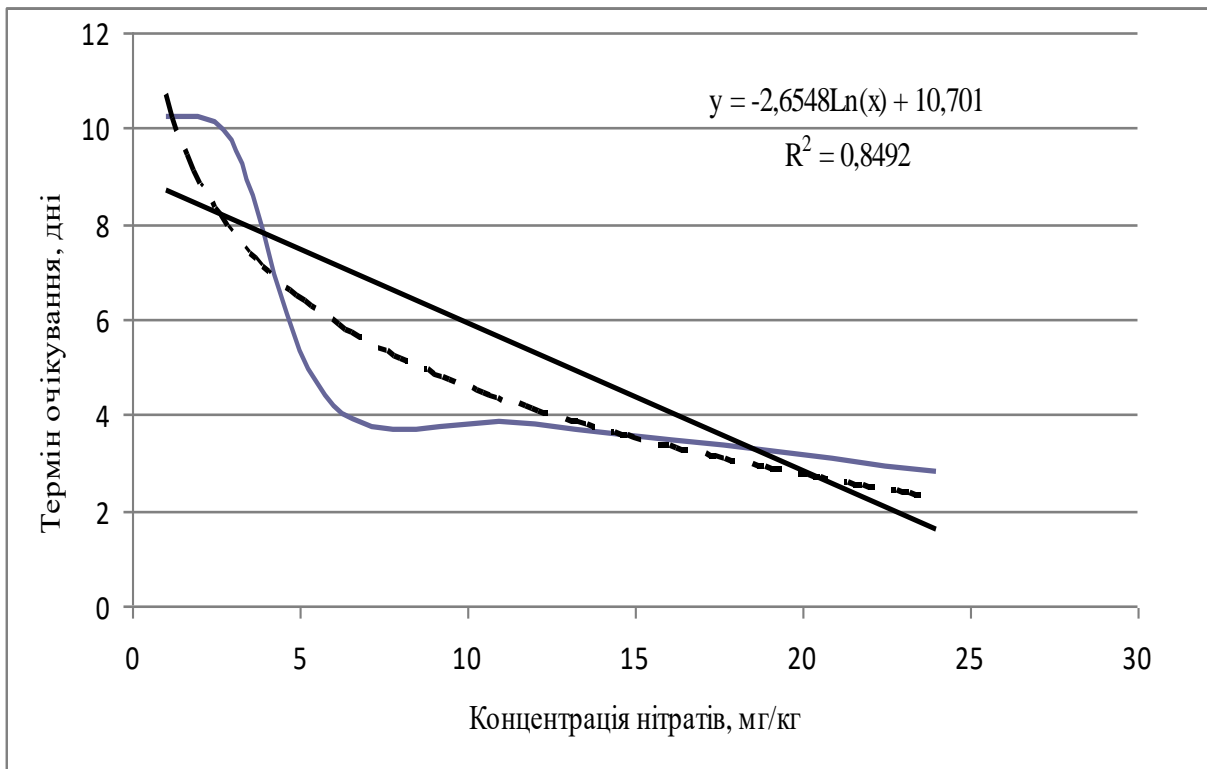


Рис. 4.4. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у вологому зерні кукурудзи (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -2,6548\ln(x) + 10,701$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., \ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8492$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 85 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у висушеному зерні кукурудзи, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,79$. Це вказує на сильний від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у висушеному зерні кукурудзи та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.5.

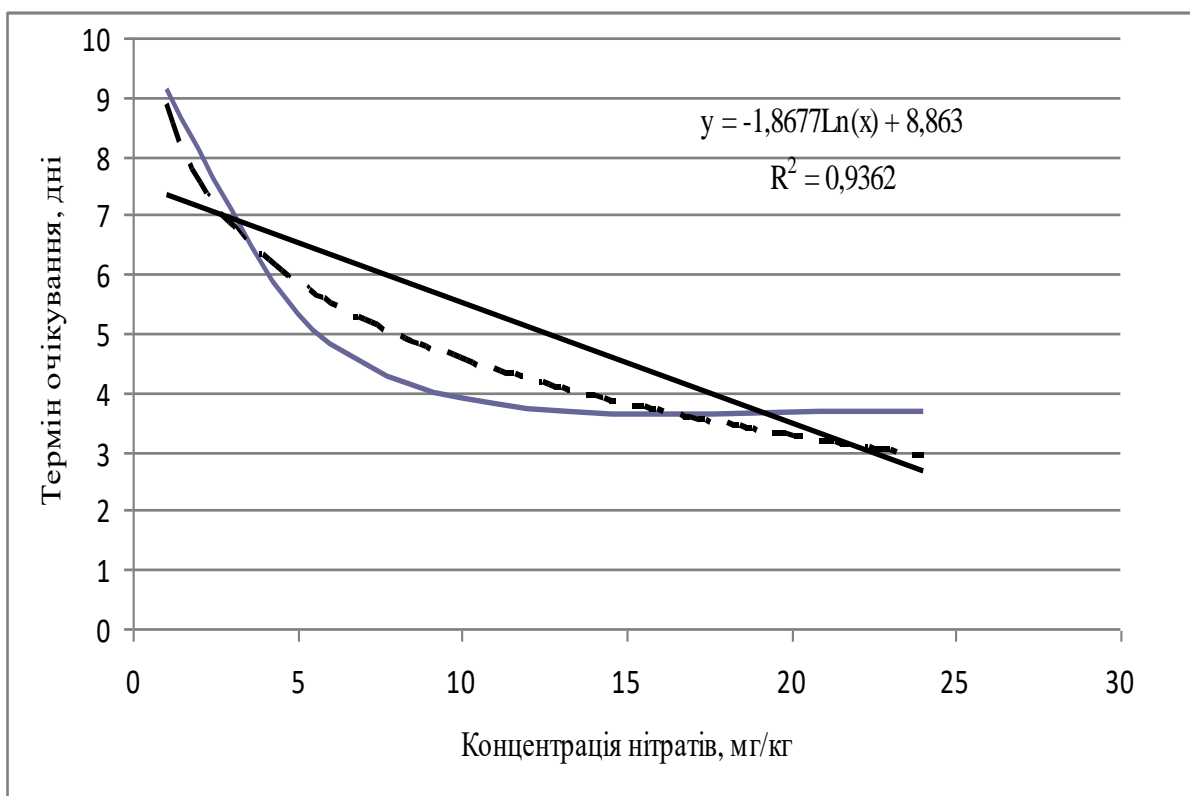


Рис. 4.5. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у висушеному зерні кукурудзи (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -1,8677\text{Ln}(x) + 8,863$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9362$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 94 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у насінні соняшнику, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,64$. Це вказує на середній від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у насінні соняшнику та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.6.

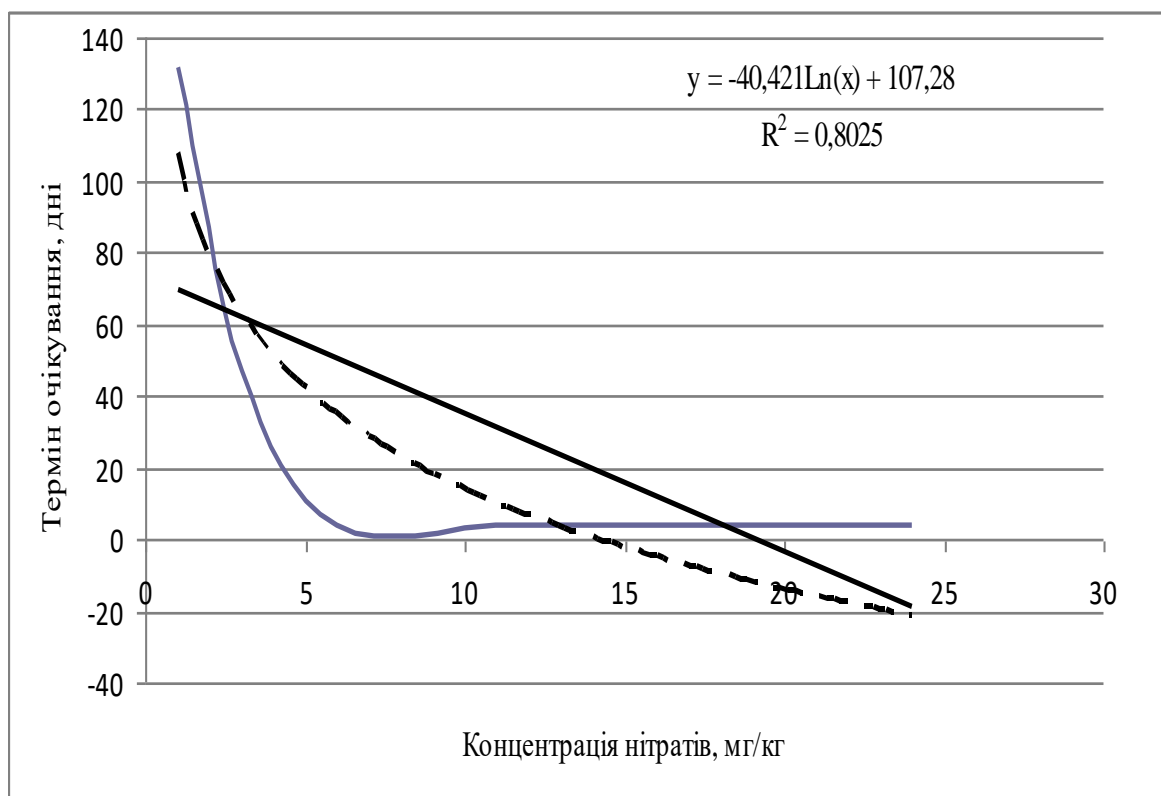


Рис. 4.6. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у насінні соняшнику (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -40,421\text{Ln}(x) + 107,28$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8025$, що вказує зміну вмісту нітратів у насінні на 80 % від тривалості зберігання насіння.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у зерні пшениці озимої, вирощеної в умовах ресурсощадної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,64$. Це вказує на середній від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у зерні пшениці озимої та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.7.

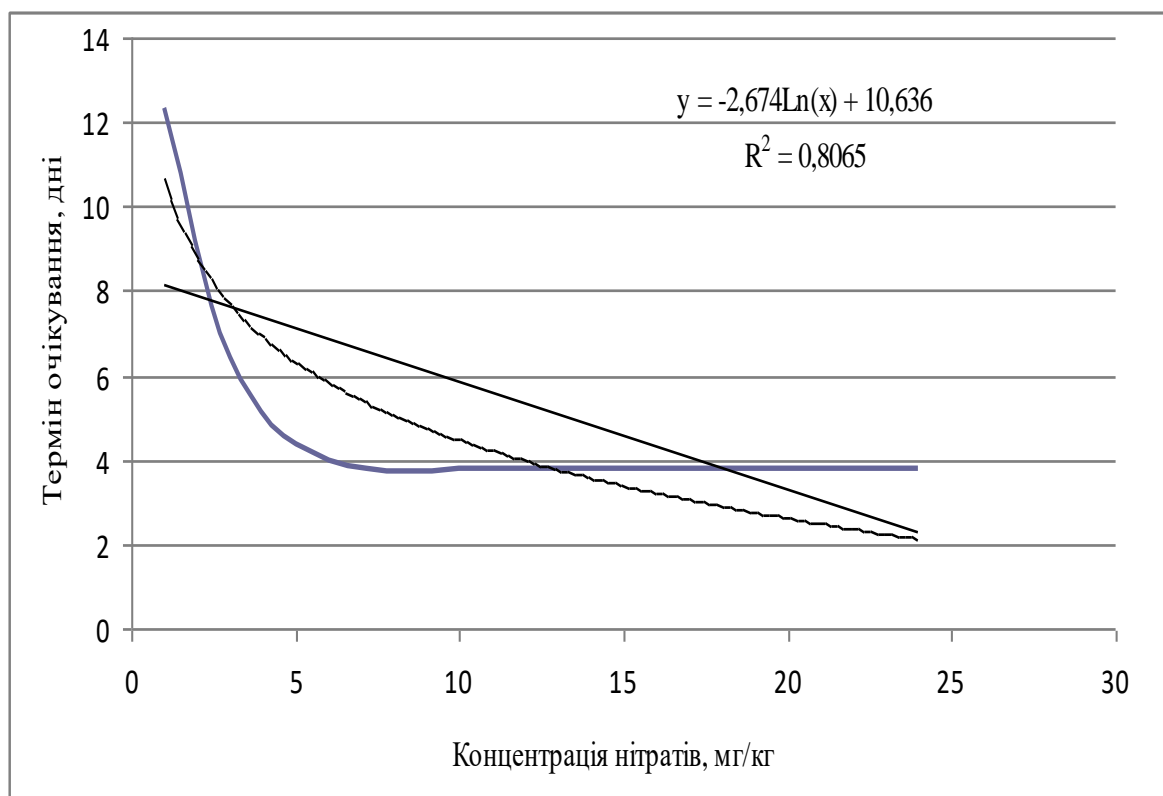


Рис. 4.7. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у зерні пшениці озимої (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -2,674\ln(x) + 10,636$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., \ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8065$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 81 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у зерні ячменю ярого, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства, залежно від періоду очікування, становить $r = -0,91$. Це вказує на сильний від'ємний зв'язок між вмістом нітратів у зерні ячменю ярого та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.8.

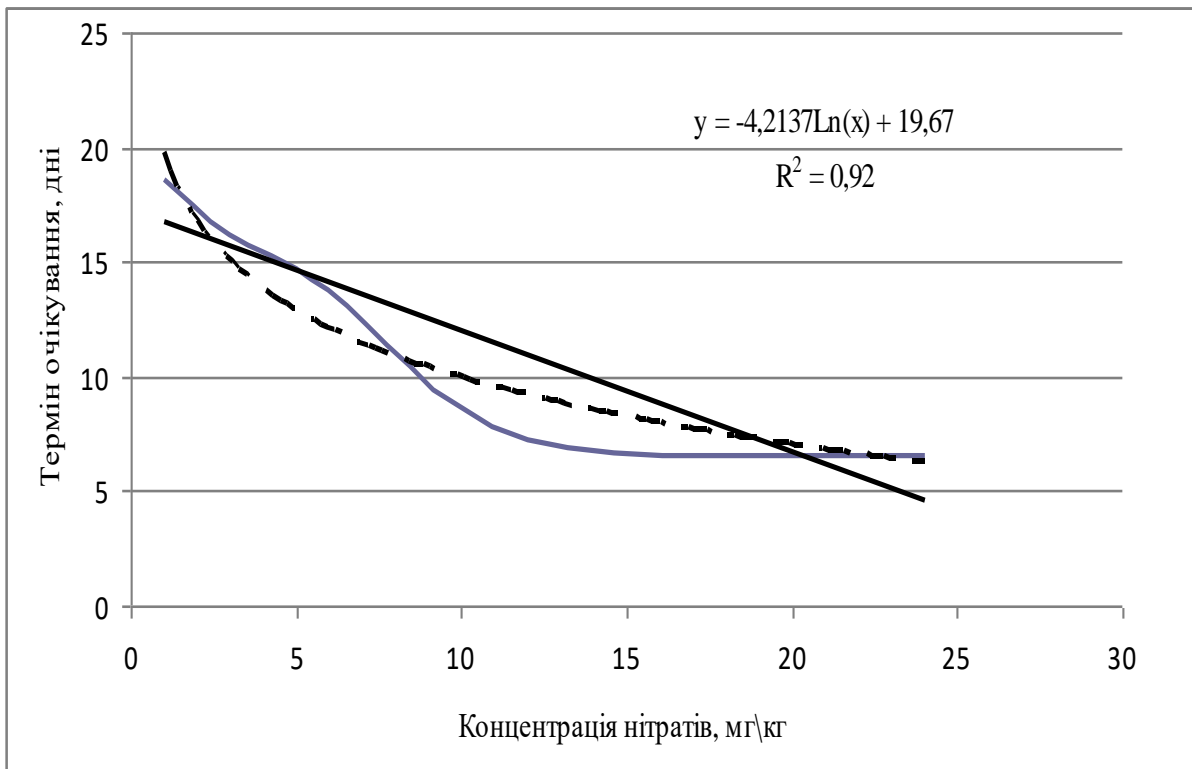


Рис. 4.8. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у зерні ячменю ярого (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -4,2137\text{Ln}(x) + 19,67$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,92$, що вказує зміну вмісту нітратів у зерні на 92 % від тривалості зберігання зерна.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у насінні гороху, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства, залежно від періоду очікування, становить $r = -0,82$. Це вказує на сильний від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у насінні гороху та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.9.

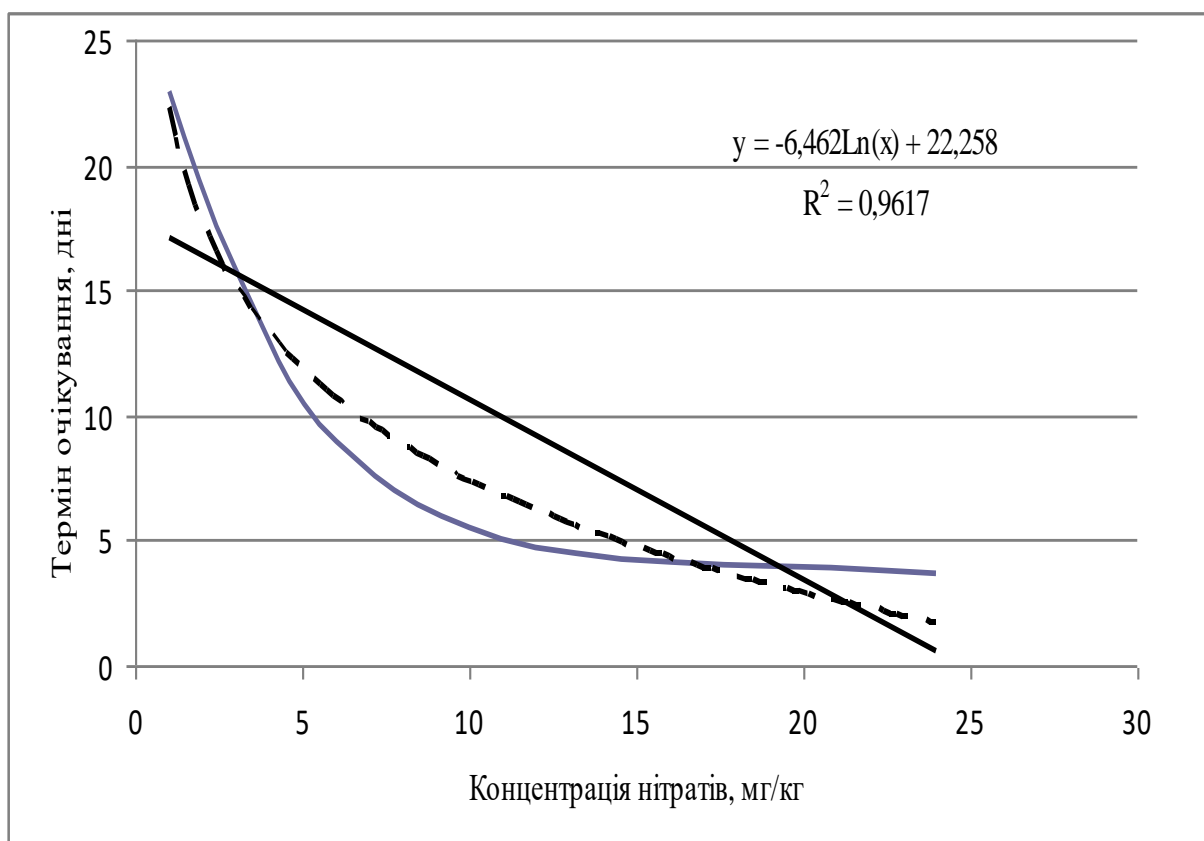


Рис. 4.9. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у насінні гороху (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -6,462\text{Ln}(x) + 22,258$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,96$, що вказує зміну вмісту нітратів у насінні на 96 % від тривалості зберігання насіння.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у насінні гречки, вирощеного в умовах ресурсощадної хімізації землеробства, залежно періоду очікування, становить $r = -0,81$. Це вказує на сильний від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у насінні гречки та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.10.

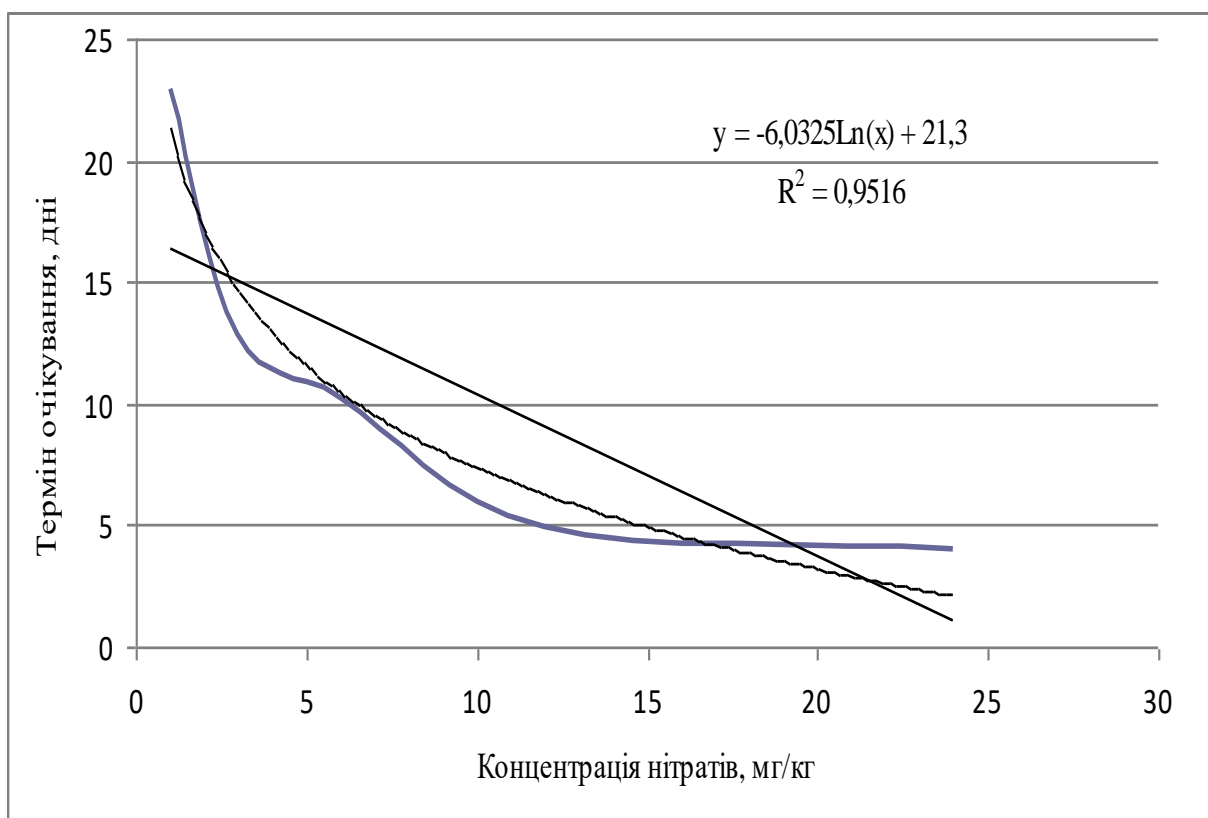


Рис. 4.10. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у насінні гречки (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -6,0325\ln(x) + 21,3$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., \ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,95$, що вказує зміну вмісту нітратів у насінні на 95% від тривалості зберігання насіння.

Коефіцієнт кореляції зміни вмісту нітратів у насінні сої, вирощеного в умовах ресурсоощадної хімізації землеробства, залежно від періоду очікування, становить $r = -0,79$. Це вказує на сильний від’ємний зв’язок між вмістом нітратів у насінні сої та періодом очікування. Дана залежність представлена на рис. 4.11.

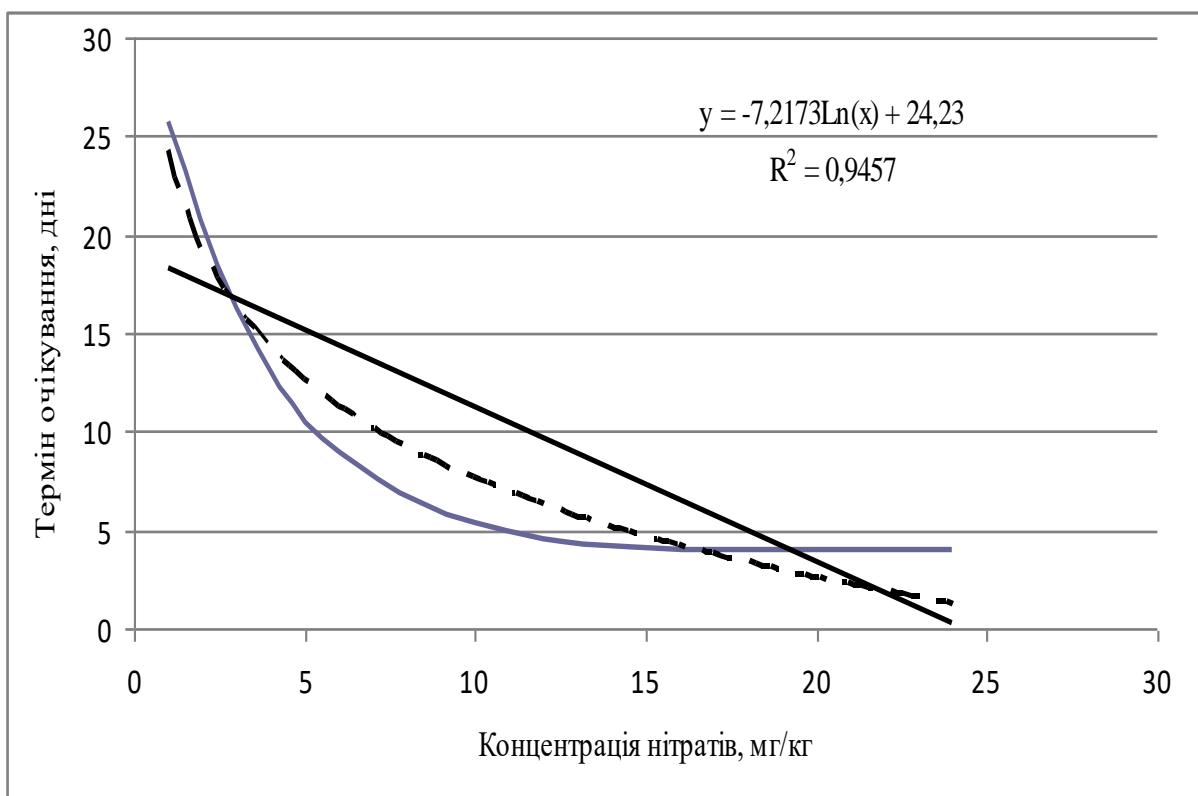


Рис. 4.11. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом нітратів у насінні сої (y) і періодом очікування (x)

Дана залежність описується рівнянням регресії:

$y = -7,2173\text{Ln}(x) + 24,23$, де y – концентрація нітратів, мг/кг, x – період очікування, міс., Ln – логарифмічна функція.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,95$, що вказує зміну вмісту нітратів у насінні на 95% від тривалості зберігання насіння.

Отже, проведені дослідження та їх математично-статистичний аналіз показав, що вміст нітратів у зерні та насінні основних культур за вирощування їх за технологіями як інтенсивного так і ресурсощадного землеробства, не перевищує допустимих меж, проте при інтенсивних технологіях із внесенням високих норм мінеральних добрив, передусім азотних, вміст нітратів у продукції істотно зростає. Спостерігається зниження вмісту нітратів у зерновій продукції при її зберіганні від 3-х до 24-х місяців.

РОЗДІЛ 5.

СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ НІТРАТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ

5.1. Методи обмеження накопичення нітратів у рослинницькій продукції

Щоб запобігти надлишковому нагромадженню нітратів у рослинній продукції, необхідно, з одного боку, регулювати кількість мінерального азоту в ґрунті, з другого – створювати умови найбільш продуктивного використання азоту, що використовується для формування органічної речовини, тобто врожаю.

На нагромадження нітратів у рослинах впливають як норми азоту, так і освітлення, співвідношення поживних елементів у середовищі, агротехніка, погодні умови тощо. Затінення рослин і дощова погода сприяють нагромадженню нітратів у рослинах. Це свідчить про те, що азот має перевагу над фосфором і калієм [49, 50].

Для запобігання надлишковому нагромадженню нітратів з добрив, не можна допускати надлишкового одностороннього внесення азотних добрив, особливо при недостатці в ґрунті фосфору, калію та інших поживних елементів.

На вміст нітратів в овочах, які вирощують в умовах захищеного ґрунту, впливає освітлення і температура. В теплицях, при вирощуванні овочів, таких як цибуля, редиска, крес-салат, шпинат, в умовах довгого дня вміст нітратів значно менший. При короткому дні нітратів нагромаджується більше, особливо в умовах високих температур. Причому в листових пластинках шпинату і салату їх накопичується в два рази менше, ніж у черешках [51, 52].

При вирощуванні овочів в умовах короткого дня вміст нітратів значно більший в ранкові години, ніж у вечірні. Тому при вирощуванні овочів у

теплицях, слід підтримувати помірний тепловий режим, а врожай краще збирати наприкінці дня.

Існують й інші шляхи зниження нітратів у рослинах. Для цього необхідно ретельно враховувати біологічні властивості культур і поживний режим ґрунтів.

Овочеву продукцію з низьким вмістом нітратів можна одержувати при помірному живленні азотом рослин у молодому віці, посиленому живленні азотом у період інтенсивного росту листкового апарату та відсутності підживлення азотом у період досягання качанів і коренеплодів. При цьому необхідне комплексне використання методів листкової, тканинної і ґрунтової діагностики для контролю за живленням рослин; застосувати невеликі стартові норми мінеральних добрив і підживлень за даними діагностики [53].

Обов'язково слід вирощувати овочеві культури після найкращих попередників, таких як однорічні і багаторічні трави, систематично вносити органічні добрива – гній і вирощувати сидерати.

Вміст нітратів у бульбах картоплі значно зменшується при внесенні мікроелементу молібдену. При вирощуванні моркви і петрушки рекомендується розпушення міжрядь за допомогою ротаційної мотиги на відстані не більше 7 см від рослин за декілька днів до збирання врожаю. У столових буряків за день до збору підрізують коріння бурякопідіймачами. Внаслідок таких обробітків обривається основна маса всмоктувального коріння, що різко зменшує надходження у рослини води і поживних речовин з ґрунту, в тому числі азоту в нітратній формі. В той же час продовжуються процеси асиміляції у листках рослин і надходження в коренеплоди вуглеводів, що сприяє перетворенню нітратів у інші азотні форми. Завдяки цьому їх вміст у них значно зменшується [54].

При перевищенні допустимого вмісту нітратів у 2 рази, овочі слід використовувати для приготування страв з багатокomпонентною рецептурою, де вони не повинні перевищувати 50 % складу страв. З таких овочів, після

попереднього відварювання, можна приготувати гарнір, запіканки та інші кулінарні вироби. Відвар при цьому споживати забороняється.

Продукти з вмістом нітратів, що перевищують допустимі концентрації, можна використовувати після технологічної переробки – соління, квашення, маринування.

При попередній і термічній кулінарній обробках, а також різних видах консервування, кількість нітратів у рослинних продуктах суттєво знижується, але при сушінні або одержанні соків, вміст їх зростає в готовому продукті.

На сьогодні є рекомендації по способах зниження вмісту нітратів у овочевій продукції безпосередньо перед використанням її у їжу. Так, рекомендується вживати свіжоприготовлені салати або цілі овочі. Не можна готувати овочі в алюмінієвому посуді. Встановлено, що вживання аскорбінової кислоти підвищує інтенсивність розкладання нітратів. При нітратних отруєннях значний оздоровчий ефект дає застосування елеутерокку. Свіжозаварений чай та цукор також усувають негативний вплив нітратів [21].

Також шляхами зниження вмісту нітратів у рослинній продукції можуть бути:

- хімічна меліорація кислих ґрунтів;
- внесення мінеральних добрив в оптимальних дозах одночасно з органічними та мікродобривами;
- оптимальні співвідношення елементів живлення у мінеральних добривах для кожної культури;
- підвищення доз фосфорно-калійних добрив, що зменшують негативний вплив азотних добрив;
- поєднання мінеральних добрив з мікродобривами, особливо з молібденом та залізом;
- застосування найкращої форми азотних добрив – амідної, аміачної форм азоту та азотних добрив пролонгованої дії;
- завершення азотних підживлень за 1 – 1,5 місяці до збирання врожаю;

- недопущення використання з мінеральними добривами пестицидів, що підсилюють токсичний ефект;
- підбирання сортів, які не здатні до нагромадження нітратів;
- забезпечення максимального освітлення та запобігання надмірному розвитку листкового апарату;
- збирання овочів стиглими, але не перезрілими, оскільки це призводить до нагромадження нітратів; овочі доцільно збирати в другу половину дня і в сонячну погоду;
- термічна обробка овочів та їх консервування.

Для зменшення токсичності нітратів за умови їхнього надмірного надходження в організм, вважається за доцільне збільшити споживання продуктів, що містять вітамін С, оскільки він зв'язує нітрати в організмі і не дає змогу їм перетворюватись на більш токсичний нітрит чи нітросоаміни. Клітковина, яка міститься в овочах і плодах, затримує всмоктування нітросоамінів у кров.

5.2. Методи обмеження накопичення нітратів у тваринницькій продукції

У процесі життєдіяльності на тваринницьких підприємствах утворюється і накопичується значна кількість гною або посліду. Основними супутніми проблемами, що пов'язані з накопиченням великого об'єму таких органічних відходів, є: забруднення поверхневих вод азотом, фосфором та іншими речовинами.

Нітрати містяться і у тваринній їжі. З молочними продуктами надходить 10-100 мг/л нітратів. Рибна і м'ясна продукція в натуральному вигляді містить небагато нітратів (5-25 мг/кг в м'ясі і 2-15 мг/кг в рибі). Проте нітрати додають в готову м'ясну продукцію з метою поліпшення її споживацьких властивостей і для тривалішого її зберігання. У сирокоченій ковбасі міститься нітритів до 150 мг/кг, у вареній ковбасі – 50-60 мг/кг [55].

Стосовно продуктів тваринного походження, то нітрати містяться в молоці, оскільки він є один із шляхів виведення їх із тваринного організму. В молоко нітрати попадають разом із забрудненими нітратами кормами і питною водою.

У значно нижчій кількості нітрати містяться в м'ясі. Різні солі нітратів та нітритів давно використовуються у харчовій промисловості при виготовленні шинково-ковбасних виробів, сирів. Нітрати потрапляють і накопичуються у м'ясі та молоці великої рогатої худоби.

Вважається, що вміст нітратів у молоці є наслідком вживання їх разом з кормами, тому заходом по запобіганню цього явища є дотримання всіх дозволених норм вмісту нітратів у кормах.

В Україні нітрати та нітрити використовуються для отримання насиченого червоного кольору у м'ясних, ковбасних виробках. Ринок переповнений товарами, при виробництві котрих використовують, як харчові добавки, натрієву сіль, нітрит натрію. Це ще одне джерело потрапляння їх до організму. Як правило селітру вносять у ковбасні вироби для уповільнення росту шкідливої мікрофлори, з метою захисту від псування, для покращення смакових властивостей і щоб зберегти ніжний природній м'ясний колір [55].

При виробництві м'ясних продуктів, а також різного асортименту рибних копченостей, порушується нормування внесення цих речовин і як наслідок – ці продукти часто перевищують допустимі норми нітратів. Вкрай шкідливою є реакція м'ясного білка у взаємодії з нітратами. Оскільки аміни, що безпосередньо знаходяться у білках, взаємодіють з нітритами та формують нітрозаміни [55].

Обробка продуктів під дією температури сприяє утворенню нітрозамінів. У цьому процесі бере участь селітра та аміни, котрі завжди присутні у продуктах. Крім того, нітрати та аміни зустрічаючись з їжею у травній системі, вступають у реакцію та утворюють нітрозаміни.

Нітрозаміни – це речовини, які характеризуються наявністю нітрозогрупи у сполуці з атомом азоту. Вони виступають одними із найсильніших

хімічних канцерогенів, які утворюються внаслідок взаємодії нітратів із вторинними амінами: $\text{OHNON RR HONONH RR 22121} \rightarrow \text{N}$ – нітрозодиметиламін (радикал – CH_3) проявляє сильну канцерогенну дію на печінку та дихальні шляхи, мутагенні та ембріотоксичні властивості. N – нітрозодіетиламін (НДЕА), (радикали – $\text{CH}_3\text{-CH}_2$), проявляє сильну канцерогенну дію на печінку і дихальні шляхи, стравохід і нирки, характеризується високою мутагенністю та ембріотоксичністю.

Кількість нітрузоамінів в Україні у харчових продуктах регулюють Державні санітарні правила і норми захисту продовольчої сировини та продуктів харчування від забруднення нітрузамінами. Відповідно до даного документа, норма нітрузоамінів у продуктах харчування не повина перевищувати прийнятих параметрів. Тому до виробників м'ясної, рибної продукції висуваються жорсткі вимоги. Не потрібно зловживати частим та надмірним споживанням копченої риби, м'ясних, ковбасних копчених виробів. Надмірне їх вживання може заподіяти серйозної шкоди здоров'ю. Тому при покупці продуктів необхідно завжди звертати увагу на склад і маркування продуктів [55].

Особлива увага приділяється харчовим добавкам, а саме Е 250 – Е 255. Вони вказують про наявність у даному продукті нітратів. Стосовно молока і молочних продуктів, то згідно Кодексу Аліментаріусу, у сирах кількість нітратів повинна бути не більше 50 мг/кг або у перерахунку на нітрат-іон – не більше 30,7 мг/кг, нітрату (калію) натрію – 36,5 мг/кг. Необхідно врахувати потрапляння нітратів у розсільні сири через природні фактори: добрива, ґрунт, корми, що вживає тварина, молоко, і як результат у готовий продукт – сир. Для виготовлення сиру, згідно з Кодексом Аліментаріусом ФАО ВООЗ використовується молоко, що не повинно містити більше, як 200 мг/кг нітратів.

Вміст нітратів у закупівельному молоці знаходиться в межах від 0 до 8 мг/кг, що значно нижче дозволеного вмісту нітратів.

Згідно технології виготовлення сиру, перед внесенням закваски, з метою попередження розвитку маслянокислих бактерій, додають нітрати у кількості 0,01-0,02 % від маси продукту, для усунення можливих забруднень продукції збудниками лістеріозів та ентеробактеріями. Проте, у деяких країнах заборонено використання цих речовин (Франції, Греції, Італії, Швейцарії).

Заміною нітратам може бути використання лізоциму – це природній консервант, який добувають із білків курячих яєць або за допомогою бактерій. Лізоцим у вигляді кристалів додають у кількості 2,5 г на 100 літрів молока. При виготовленні та дозріванні сирів, нітрати за допомогою мікроорганізмів відновлюються до нітритів, ті, у свою чергу, до аміаку та інших сполук азоту. Утворення молочнокислих бактерій перешкоджає утворенню амінів, що складають основну мікрофлору сирів, проте стороння мікрофлора, психротрофні мікроорганізми, ентерококи – можуть бути причиною утворення амінів. Саме ці аміни викликають негативну дію на організм людини та її здоров'я. Діапазон утворення амінів досить великий: у тіроміну – 10-80 мг/кг, у гістаміну 70-1000 мг/кг. Абсолютна заборона для використання нітратів у виготовленні розсільних сирів постає першочерговою причиною неутворення амінів, за умови максимального попередження розвитку сторонньої мікрофлори у сирах на всіх етапах його виробництва [55].

Джерела нітратів у молочних продуктах та несприятливі наслідки їх присутності. Нітрати з їжі та води надходять у молоко через кров корови. Вміст нітратів у питній воді з підземних джерел та річок систематично зростає через нерегульоване використання мінеральних добрив, скидання побутових та промислових стоків без належного очищення. Кількість нітратів у сирому молоці піддається сезонним коливанням: менше взимку та навесні, а більше влітку. Отже, масова частка нітратів у молоці може досягати 35 мг/кг.

Відомий вплив нітратів на активність різних видів молочнокислих бактерій та на різні штами одного виду, використовується у виробництві кисломолочних продуктів. Таким чином, наявність нітратів у молоці, як сировині для виробництва молочних продуктів, у деяких випадках має інгібуючий вплив на молочнокислий процес і може вплинути на встановлений взаємозв'язок між видами та штамами молочнокислих бактерій при підготовці препаратів для якісних характеристик продукту, також можна отримати продукт з неспецифічними властивостями.

У молочній промисловості широкий асортимент продукції, особливо кисломолочних, який випускають у желейному і пастоподібному видах з різноманітними добавками, такими як плодово-ягідні сиропи, овочеві, томатні, морквяні, бурякові пасти і заправки. Ці добавки можуть містити нітрати і нітроти, збільшуючи вміст останніх в комбінованих продуктах молочної чи рослинної сировини [55].

Можливе зростання рівня нітратів при внесенні ягідних чи плодових сиропів можна нівелювати, оскільки вони складають незначні кількості, що не скажеш про безпечне додавання соків з овочів. Відчутно впливає на вміст нітратів у продуктах буряковий сік і сумарне збільшення кількості нітратів при додаванні овочевих соків може сягати до 500 мг/дм³. Багато сумішей молочних продуктів містять сухе молоко, згідно рецептур, тому кількість нітратів може становити до 30 мг/дм³. Цей вміст не перевищує рівня, визначеного у деяких зарубіжних країнах, але при збільшенні вмісту нітратів у молочному сиропі – показник буде вищим і у сухому молоці за рахунок висушування і концентрації продукту. Нині молоко, як основна сировина молокопродуктів, є основним джерелом їх забруднення нітратами і нітритами. Додаткове надходження цих речовин можуть викликати компоненти, що вносяться згідно рецептури: плодово-ягідні добавки, сухе молоко, овочеві соки .

Досить складним завданням є вилучення нітратовмісних сполук і їх компонентів з природних біологічних рідин. Цей процес пояснюється тим, що

нітрати виступають солями, котрі прекрасно розчиняються. Для того, щоб не змінити склад і біологічні властивості сировини і готового продукту, не використовуються фізико-хімічні методи. Проте, для досягнення бажаного результату рекомендовано застосовувати біотехнічні методи для зниження вмісту нітратів.

Штами різних видів бактерій можуть виступати деструкторами нітратів. *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Paracoccus benitrificans* – метаболізм котрих є дихальний, і ніколи не проявляється бродильний, що показує реакцію окислення. Для перебігу реакції застосовують гемоглобін і вуглекислий газ, що виступає джерелом енергії, при цьому універсальним передавачем електронів служить молекулярний кисень. Усі ці мікроорганізми схильні до відновлюючого перетворення і використовують нітрати, як найкращий зв'язуючий передавальний елемент. Процес руйнування нітратів за участі цих мікроорганізмів є різним по тривалості. Це пояснюється неоднаковою інтенсивністю дихальних процесів. Причиною виступають різні температурні режими зберігання – при низьких, що сприяють цьому процесу і оптимальних [55, 56].

Деякі мезофільні мікроорганізми в тій або іншій мірі стійкі до високих температур, що пояснюється властивостями діючих ферментів, певних штамів мікроорганізмів. Вплив тестових культур проявляє унікальний механізм на склад і властивості молока, а також на його компоненти: лактозу та білок.

Процес відновлення нітратів залежить від умов і режимів культивування бактерій в різних середовищах. При використанні тестових культур на промислових підприємствах, необхідно добре знати їх поведінку у сирому молоці та ефективність дії при присутності різних видів мікроорганізмів, що потрапили у молоко в ході транспортування. Протягом певного часу початковий вміст нітратів сирого молока знижується. Це пояснюється тим, що у складі молока присутні певні види бактерій, так звана

природна мікрофлора, яка здатна частково зв'язувати вільний кисень і призупиняти роботу нітратів.

Кількісні показання мікрофлори до та після пастеризації молока дещо інші. Обробка сирого молока перед пастеризацією впродовж 12 годин дозволяє значно знизити кількість нітратів у молоці і молочних продуктах. Внесення певної кількості бактерій до сирого молока перед пастеризацією істотно нічого не міняє у його складі після теплової обробки.

5.3. Методи обмеження накопичення нітратів у продуктах харчування

Щоб обмежити накопичення нітратів у продуктах харчування необхідно вживати в їжу тільки свіжі приготовлені овочеві страви. Салати слід готувати безпосередньо перед їх вживанням і відразу з'їдати, не залишаючи на потім. У свіжих приготовлених салатах та інших овочевих стравах, що постояли певний час навіть в холодильнику, нітрати перетворюються в нітрити. Тому не слід готувати їжу про запас, не слід купувати готові салати, бо вони можуть бути приготовлені досить давно [19].

Знижується кількість нітратів при митті та термічній обробці овочів. Так, при вимочуванні – на 20–30%, а при варінні – на 60–80%. Зокрема, у капусті – на 58%, у столовому буряку – на 20%, у картоплі – на 40%. Також слід пам'ятати, що при посиленому митті і бланшуванні овочів з водою виходять не лише нітрати, але й цінні речовини – вітаміни, мінеральні солі та інші.

Щоб знизити кількість нітратів в старих бульбах картоплі, їх слід залити 1% розчином солі. У патисонів, кабачків і баклажанів необхідно зрізати верхню частину, яка знаходиться біля плодоніжки. Оскільки нітратів більше в шкірці овочів та фруктів, то їх (особливо огірки і кабачки) бажано очищати від шкірки, а у пряних трав варто викидати їх стебла і використовувати лише листя. В огірків, буряка, редиски варто зрізати обидва кінці, оскільки тут найвища концентрація нітратів [55].

Зберігати овочі та фрукти краще в холодильнику, оскільки при температурі +2°C неможливе перетворення нітратів в отрутніші речовини – нітриту.

Щоб зменшити вміст нітриту в організмі людини, треба в достатній кількості використовувати в їжу вітаміни С, А, Е, В₉, оскільки вони знижують шкідливу дію нітратів і нітриту. Аскорбінова кислота, а також вітаміни А і Е – інгібітори, які нейтралізують шкідливу дію нітратів, що потрапили в організм.

З'ясовано, що при консервації зменшується на 20–25% вміст нітратів в овочах, особливо при консервації огірків та капусти. Оскільки нітрати переходять в розсіл і маринад, їх варто вилити при вживанні консервованих овочів в їжу [57].

Методи нейтралізації нітратів:

Очищення овочів та фруктів. Для початку необхідно видалити усі шкірочки, хвостики, дупки, листки. Добре вимити, особливо зелень. Протягом 15–20 хвилин провести вимочування у воді. Цей спосіб обробки листяних овочів, зелені, молоді картоплі дозволяє на 15 % знизити кількість нітратів. Проте, овочі бажано нарізати безпосередньо перед замочуванням.

Варіння. Значна частина нітратів при варінні переходить у відвар, а саме: 80 % – у картоплі, 40 % – у буряку, 70 % – у капусти. Недоліком є те, що нітрати залишаються у відварі. Рекомендується перший відвар після закипання зливати обов'язково гарячим, бо усі нітрати при зниженні температури із рідини знову переходять у продукти.

Консервування, засолювання, квашення овочів. Ці методи переробки також показали хороший результат. При консервуванні нітрати переважно переходять у розсіл, який у їжу не використовується, а овочі і фрукти із зниженим вмістом нітратів є безпечними для вживання.

Смаження і приготування на пару. Зниження кількості нітратів за допомогою цих методів незначне – всього лише 11-12 %.

Ранньої весни, коли ризик вживання овочів з підвищеним вмістом нітратів досить великий, рекомендується перед їх споживанням приймати аскорбінову кислоту. Завдяки вітаміну С шкідлива дія нітрозамінів призупиняється. Також можна використовувати до салатних заправок, соусів, маринадів лимонну або оцтову кислоти, гранатний сік, томатний сік до м'ясних маринадів. Це не лише знизить вплив нітратів і їх сполук, а й покращить смак страв. Залежно від регіонів використовують брусницю, журавлину, яблука, яблучний оцет. Споживання цих продуктів корисне лише свіжими [57].

Нітрати можуть перетворюватися у нітрити навіть після 24 годин зберігання продуктів при температурі 4-6 °С. Стосується це безпосередньо натуральних свіжих соків, тому їх потрібно вживати після приготування. Споживати нарізані овочі і фрукти необхідно відразу після приготування. Уникаючи при цьому тривалого зберігання при кімнатних температурах, для попередження перетворення нітратів у нітрити.

Варіння і бланшування овочів повинні проводитися у посуді з відкритою кришкою, особливо це стосується кабачка, буряка і капусти.

Усі овочі і фрукти мають свій період дозрівання. У недозрілих, ранніх плодах у двічі, а той і у тричі більший вміст нітратів, ніж у зрілих. Також зростає вміст нітратів у плодах з ознаками псування, плісняви чи гнилі.

У людства завжди виникала проблема у тривалому зберіганні продуктів. Це обмежувало його діяльність, можливість пересування, комфортність існування. Проте з часом це питання вирішилося за допомогою охолодження, соління, занурення продукту у жир, мочення, квашення, маринування, консервування. Виникла проблема у якості продуктів, що зберігаються [58, 59].

Спостереження показали, що при солінні, квашенні і маринуванні овочевої сировини, зменшення вмісту нітратів у продуктах становить близько 60-70%. Це пояснюється їхньою участю у ланцюговій реакції відновлення нітрогену:



Нині вважається найбільш дієвим (ефективним) способом вимивання концентрації нітратів з моркви, редьки, столового буряка – це спосіб квашення. Зниження кількості цих речовин відбувається приблизно: в буряках – від 70 до 90 %, у моркві – від 90 до 100 %, редьці – до 60 %.

Температура, спосіб зберігання і особливості сорту впливають на кількість нітратів у листових овочевих культурах. За рахунок хімічних реакцій при зберіганні вміст нітратів у одних овочах знижується, а у інших – зростає. Пов'язане це з частковим природнім висушуванням.

При обробці овочів і фруктів холодом, рівень нітратів у них не змінюється. Досліджено, що у заморожених вишнях, порицках, смородині, моркві, зеленому горошку, зелені кропу кількість нітратів до заморожування і після заморожування та при зберіганні не змінилася.

При зберіганні зеленої цибулі без доступу повітря в поліетиленовій тарі при температурі від 0 до 1°C приблизно 60 днів, кількість їх у цибулі всіх сортів знизилася на 30–67 %. А при зберіганні цибулі-перо у відкритій тарі – концентрація нітратів збільшується на 3-10 %. Вміст нітратів майже не зміниться при зберіганні редиски у поліетиленових пакетах за температури 1-2°C.

Зберігання овочів у забруднених пакувальних матеріалах або контейнерах може призвести до збільшення вмісту нітратів. Цьому сприятиме інтенсивний ріст мікроорганізмів, що продукують азот. При зниженні температури зберігання овочевої продукції відбувається перетворення нітратів у нітрити (більш токсичні сполуки), але цей процес відбувається повільно.

Гранично допустима концентрація нітратів (ГДК), які людина споживає, на добу становить – 500 мг (комісія ФАО ООН). Однак для деяких країн допустима добова доза нітратів для дорослої людини – 300-325 мг. Для дітей максимальна добова доза розраховується 5 мг на 1 кг маси тіла. Що стосується європейських країн, там спостерігається дещо інша тенденція, а саме: у Німеччині безпечною для дітей вважається норма 250 мг/кг, у

Швейцарії – 400 мг/кг, у Франції та Бельгії – 50 мг/кг. У заможних розвинених державах немає обмежень стосовно кількості нітратів у певних овочах. Лише у деяких країнах прийняті загальні обмеження – не більше 3500 мг/кг для будь-яких фруктів чи овочів.

РОЗДІЛ 6.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВМІСТУ НІТРАТІВ У ҐРУНТІ, РОСЛИНАХ, ПРОДУКЦІЇ

Оскільки першим джерелом накопичення нітратів у продукції є саме ґрунти, де вирощуються сільськогосподарські рослини, то моніторинг вмісту нітратів розпочинається з ґрунту. Такий моніторинг здійснюють регіональні філії Інституту охорони ґрунтів України з періодичністю 1-5 років в рамках ґрунтово-екологічного моніторингу.

Залежно від характеру контрольованої інформації та поставленої мети виокремлюють перспективний (періодичність спостережень 1 раз на 10 років), віддалений (періодичність спостережень 1 раз на 5-10 років) та оперативний (щорічні режимні спостереження) види моніторингу.

Перспективний та віддалений моніторинги дають змогу контролювати показники, що характеризують стан структурної частини ґрунту, оцінюючи яку, з'ясовують потенційну родючість. Ці показники (валовий, хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, вміст валових запасів та якісного складу гумусу, валові запаси азоту, фосфору, калію, мікроелементів, важких металів, радіонуклідів) малодинамічні, кількісно змінюються дуже повільно. Контроль за ними слід здійснювати не частіше, як один раз на 5-10 років [60].

Оперативний моніторинг забезпечує постійне спостереження за найбільш динамічними показниками (рухомі форми поживних елементів, рН, фізичний стан ґрунту, вміст рухомих форм важких металів), що зумовлюють рівень ефективної родючості та агроекологічний стан ґрунтів.

У контексті до визначення вмісту нітратів у ґрунті система ґрунтово-екологічного моніторингу включає такі спостереження (табл. 6.1.). При цьому необхідно враховувати, що вміст нітратів у ґрунті залежить як від вмісту гумусу у ґрунті, так і від вмісту загального азоту і його легкогідролізованої форми.

Ґрунтово-екологічний моніторинг нітратів

Види моніторингу, періодичність спостережень	Показники, оцінюючі критерії	Процеси, які контролюються
1. Перспективний Не частіше 1 разу за 10 років	Хімічний склад: валовий вміст макро- та мікроелементів, зокрема азоту	Опідзолення, оглеєння, вилуговування та акумуляція хімічних елементів
2. Віддалений 1 раз в 5-10 років	1. Оцінка гумусного стану ґрунту: вміст гумусу; валові запаси гумусу	Особливість та інтенсивність трансформації ґрунтової органіки
	2. Біологічна активність: азотфіксація, нітрифікація та денітрифікація; целюлозолітична активність; загальна біологічна активність; фермативна активність	Інтенсивність та спрямованість процесів трансформації свіжих органічних решток та гумусу, міграція макроелементів
3. Оперативний. Щорічно режимні спостереження здійснюються протягом року або вегетаційного періоду	1. Поживний режим: вміст рухомих форм макро- та мікроелементів, зокрема азоту; використовувані запаси	Забезпеченість ґрунту поживними елементами
	2. Оцінка агроекологічного стану: Збалансованість за поживними елементами, зокрема азоту, фосфору, калію	Можливість забезпечення урожаю поживними елементами ґрунту та отримання екологічно чистої продукції

Загальні принципи ґрунтового моніторингу для визначення нітратного забруднення представлені у таблиці 6.2. Такі показники включають також визначення вмісту нітратів у рослинах, якість рослинницької продукції за показниками азоту, протеїну та нітратів, а також вміст нітратів у підґрунтових водах.

**Процеси, показники і методи ґрунтового моніторингу для визначення
нітратного забруднення**

Процеси, які контролюються	Показники	Глибина зразків, см	Періодичність визначень
Зміна основних властивостей і режимів: Гумусний стан	Загальний вміст гумусу	0-20	Щороку
	Вміст рухомих гумусних речовин	30-40	Раз на 5 років
Поживний режим	Визначення легкогідролізованого азоту в ґрунті	0-20	Раз на 5 років
Санітарний стан	Визначення нітратів у ґрунті	0-20	Раз на 5 років
	Вміст нітратів у рослинах	—	Щороку
Рівень і склад підґрунтових вод	Хімічний склад, зокрема вміст нітратів	—	Двічі на рік
Оцінка ефективної родючості земель	Якість рослинницької продукції: вміст азоту й сирого протеїну, нітратів	—	Щороку

Моніторинг вмісту нітратів у продуктах харчування здійснюється органами Держпродспоживслужби та Санітарно-епідеміологічної служби вибірково на ринках, у магазинах, закладах громадського харчування, столових навчальних закладів, дитячих садків, лікарень, при перетині кордонів, при купівлі-продажі та у інших випадках відповідно до Методів відбору зразків для визначення максимально допустимих рівнів нітратів у деяких харчових продуктах для цілей

державного контролю (наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 05.02.2019 № 34) [61].

I. Загальні положення.

Ці Методи відбору розроблені відповідно до Законів України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин», розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 року № 228 «Про схвалення Всеохоплюючої стратегії імплементації Глави IV «Торгівля і питання, пов'язані з торгівлею» з урахуванням вимог Регламенту Європейського Парламенту та Ради (ЄС) № 1882/2006 від 19 грудня 2006 року, яким встановлюються методи відбору зразків та їх дослідження в рамках державного контролю рівнів нітратів в деяких харчових продуктах.

дані Методи відбору встановлюють процедури, за якими відбираються зразки харчових продуктів для лабораторних досліджень (випробувань) на вміст нітратів.

У цих Методах відбору терміни вживаються у таких значеннях:

крита ділянка – земельна ділянка (її частина), вкрита теплицею (з використанням скла, пластику чи поліетиленової плівки), в межах якої вирощується один сорт рослин, що має однакову стадію зростання та врожай якого планується зібрати одночасно;

лабораторний зразок – призначений для лабораторного дослідження (випробування) зразок, виділений з об'єднаного зразка, або цілий об'єднаний зразок, якщо згідно з цими Методами відбору він не підлягає поділу на кілька лабораторних зразків;

об'єднаний зразок – комбінована загальна кількість всіх точкових зразків, відібраних із партії або частини партії; об'єднані зразки вважаються репрезентативними для партій або частини партій, з яких вони були взяті;

партія – будь-яка визначена оператором ринку кількість харчового продукту, що походить з одного поля чи критої ділянки, одного врожаю або охоплюється одним вантажем, з однаковими назвою, властивостями (походження, сорт рослин або тип ґрунту в межах максимальної площі у два гектари), типом пакування, пакувальником, відправником або маркуванням;

поле – земельна ділянка (її частина), в межах якої однаковий тип ґрунту, на якій вирощується один сорт рослин за однаковими методами та стадією вирощування;

точковий зразок – певна кількість матеріалу, довільно відібраного з одного місця партії або частини партії (наприклад, окрема голівка салату або шпинату, невелика кількість молодих листків або упаковка нарізаних листків);

частина партії – фізично відокремлена та ідентифікована частина визначеної партії, щодо якої застосовується відповідний метод відбору зразків.

Методи відбору є обов'язковими для:

державних ветеринарних інспекторів (державних інспекторів)
Держпродспоживслужби;

акредитованих лабораторій;

операторів ринку з виробництва та/або обігу харчових продуктів.

Під час відбору зразків необхідно вживати заходів з метою уникнення будь-якого впливу на:

вміст максимально допустимих рівнів нітратів у деяких харчових продуктах та результати лабораторних досліджень (випробувань);

репрезентативність об'єданого зразка (у зв'язку з наявністю ґрунту на салаті або шпинаті тощо);

безпечність харчових продуктів або цілісність партій, з яких відбирають зразки.

Також слід вживати запобіжних заходів, необхідних для забезпечення безпеки осіб, які відбирають зразки.

Кожний лабораторний зразок або об'єднаний зразок поміщають в чистий непрозорий інертний контейнер, який забезпечує належний захист від забруднення (контамінації), впливу на склад зразка та пошкодження під час транспортування.

Потрібно забезпечити належні умови та вжити запобіжних заходів для унеможливлення змін у складі зразка під час його зберігання та/або транспортування.

Відбір зразків оформлюється актом відбору зразків (кожний зразок, відібраний для цілей державного контролю, підлягає реєстрації із зазначенням дати і місця відбору зразків, опису поля (критої ділянки) та партії або частини партії, з якої було відібрано зразки, кількості та загальної маси відібраних точкових, об'єднаних та лабораторних зразків, сорту рослин, типу ґрунту, методу та стадії вирощування). Зразки опечатуються в місці відбору зразка, на упаковку обов'язково наноситься ідентифікаційний код, який відповідає ідентифікаційному коду акта відбору зразків і дає змогу чітко ідентифікувати партію або частини партії харчових продуктів, від яких було відібрано зразки.

II. Процедура відбору зразків харчових продуктів.

Зразки відбирають окремо з кожної партії або частини партії, яка підлягає державному контролю. Партії, маса яких більше 30 т або які походять з полів площею більше 3 га, розділяють на частини партії, з кожної з яких відповідні зразки відбирають окремо.

Відбір точкових зразків здійснюється з різних місць, розподілених максимально рівномірно по всій партії або частині партії, крім випадків, коли це неможливо з певних причин. Про причини відхилення від процедури відбору зразків зазначається в акті відбору зразків. З кожної рослини видаляються ґрунт, неістівне та пошкоджене листя. З метою унеможливлення штучного зменшення вмісту нітратів категорично забороняється мити зразки.

Об'єднаний зразок утворюється шляхом об'єднання точкових зразків.

Об'єднаний зразок підлягає гомогенізації. Для кращого змішування точкові зразки можуть бути заморожені та подрібнені. Залежно від розміру обладнання (подрібнювача), яке (який) використовується для гомогенізації, подрібнюється (змішується) один або більше точкових зразків. Для забезпечення високого рівня екстрагування нітратів необхідна максимально ретельна гомогенізація об'єданого зразка. Поводження зі зразками має бути однаковим незалежно від того, як їх було відібрано: з поля (критої ділянки) чи на стадії роздрібної торгівлі.

Однорідний (гомогенізований) об'єднаний зразок ділять на два лабораторні зразки (крім випадків, коли це неможливо здійснити через недостатню кількість відповідного матеріалу або внаслідок того, що харчові продукти є швидкопсувними), один з яких направляють для проведення основного лабораторного дослідження (випробування), а другий вручають оператору ринку, який зберігає його на випадок проведення арбітражного лабораторного дослідження (випробування).

Якщо інше не зазначене, ці Методи відбору застосовуються однаково до різних видів харчових продуктів, у тому числі й до тих, що реалізуються без упаковки, у контейнерах, габаритній транспортній упаковці (мішки, коробки тощо) або роздрібній упаковці.

III. Методи відбору зразків рослин у полі

Точкові зразки не відбирають на ділянках, які не забезпечують репрезентативності поля (критої ділянки).

Поля з різними типами ґрунту та поля, де вирощують різні сорти рослин та на яких застосовують різні методи вирощування або на яких збирання врожаю проводиться в різний час, вважаються окремими полями, а відповідні харчові продукти належать до різних партій.

Поле, площа якого перевищує 3 га, розділяється на дві частини партії площею 2 га, відбір зразків з кожної з яких проводиться окремо.

Точкові зразки відбирають шляхом проходження через поле у напрямках, що відображають літери W або X. Відбір зразків рослин, що вирощують на

вузьких грядках чи критих ділянках, здійснюють шляхом проходження декількох грядок у напрямках, що відображають літери W або X.

Рослини зрізуються на рівні ґрунту.

Об'єднаний зразок має містити не менше 10 рослин, а його маса - становити не менше 1 кг. Зразки відбирають лише з рослин товарного розміру.

IV. Методи відбору зразків рослин, дитячого харчування та харчових продуктів на основі зернових для дітей грудного віку та молодшого віку.

Метод відбору зразків, встановлений цим розділом, застосовується до партій, маса яких не більше 25 т.

Якщо маса партії не є кратною 25 т, допускається, щоб маса частини партії була в діапазоні від 15 т до 30 т. Якщо партія не розділена або частину партії можна відокремити фізично, зразок відбирається з партії.

Партії, маса яких більше 30 т, розділяють на частини партії (за умови, що частину партії можна відокремити фізично).

Маса об'єданого зразка має становити не менше 1 кг.

Мінімальну кількість точкових зразків, які необхідно відібрати від партії рослин, дитячого харчування та харчових продуктів на основі зернових для дітей грудного віку та молодшого віку, наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3.

**Мінімальна кількість
точкових зразків, які необхідно відібрати від партії рослин,
дитячого харчування та харчових продуктів на основі зернових
для дітей грудного віку та молодшого віку**

Маса партії, кг	Мінімальна кількість точкових зразків	Мінімальна маса об'єданого зразка, кг
1	2	3
<50	3	1
від 50 до 500	5	1
>500	10	1

Кількість точкових зразків (упаковок), які необхідно відібрати від партії, що складається з окремих упаковок, наведено у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4.

**Кількість
точкових зразків (упаковок), які необхідно відібрати від партії,
що складається з окремих упаковок**

Кількість упаковок або одиниць в партії	Кількість упаковок або одиниць, що відбираються	Мінімальна маса об'єданого зразка, кг
1	2	3
від 1 до 25	1 упаковка чи одиниця	1
від 26 до 100	приблизно 5 %, щонайменше 2 упаковки чи одиниці	1
>100	приблизно 5 %, максимально 10 упаковок або одиниць	1

Якщо використання такого методу відбору призводить до порушення цілісності партії (у зв'язку з особливостями виду упаковки, способу транспортування тощо), допускається використання альтернативного методу відбору зразків за умови, що він забезпечує репрезентативність об'єданого зразка та детально описаний в акті відбору зразків.

У такому разі зразок відбирається випадково в межах усієї партії (її частини), а там, де це фізично неможливо, - в межах доступних ділянок партії (її частини).

V. Методи відбору зразків на етапі роздрібної торгівлі.

Відбір зразків на стадії роздрібної торгівлі здійснюється відповідно до розділу III цих Методів відбору.

Якщо неможливо здійснити відбір зразків, на стадії роздрібної торгівлі може застосовуватись альтернативний метод відбору зразків за умови, що він забезпечує достатню репрезентативність об'єднаного зразка партії, з якої здійснюється відбір зразків, і детально описаний в акті відбору зразків.

У будь-якому разі маса об'єднаного зразка має становити не менше 1 кг (якщо частка точкового зразка під час відбору є настільки малою, що неможливо отримати об'єднаний зразок масою 1 кг, загальна маса об'єднаного зразка може бути меншою за 1 кг). Також маса об'єднаного зразка від партій дитячого харчування та харчових продуктів на основі зернових для дітей грудного віку та молодшого віку може становити 0,5 кг.

VI. Підготовка зразків для визначення нітратів у деяких харчових продуктах та визначення відповідності (оцінки) партій.

Зразок харчових продуктів, зокрема свіжих, необхідно передати у лабораторію протягом 24 годин після його відбору. Під час транспортування зразок зберігається охолодженим, а якщо це неможливо, піддається глибокому заморожуванню протягом 24 годин та зберігається в замороженому стані (не більше шести тижнів).

З кожної окремої одиниці зразка необхідно видалити ґрунт, сильно забруднене ґрунтом неістівне та пошкоджене листя. Забороняється мити зразки, оскільки це може призвести до зменшення вмісту нітратів.

Весь зразок необхідно гомогенізувати. Для кращого змішування точкові зразки можуть бути заморожені та подрібнені перед гомогенізацією. Залежно від розміру блендера/мацератора/подрібнювача, що використовується з метою гомогенізації, може бути об'єднано один або більше окремих точкових зразків. Процес гомогенізації, який застосовується, має забезпечити досягнення повної гомогенізації зразків з метою максимальної екстракції та витягу нітратів. Поводження зі зразками має бути однаковим незалежно від того, були вони отримані з поля чи з роздрібної торгівлі.

З комбінованої суспензії необхідно взяти один або більше аналітичних зразків для дослідження.

Визначення відповідності (оцінка) партії або частини партії за результатами лабораторних досліджень (випробувань) проводиться так:

партія або частини партії відповідають встановленим вимогам законодавства, якщо результат лабораторного дослідження (випробування) лабораторного зразка не перевищує максимально допустимих рівнів нітратів з урахуванням коефіцієнта відновлення і невизначеності вимірювання, які зазначаються лабораторією, що провела дослідження (випробування), в експертному висновку (протоколі, звіті або іншому аналогічному документі);

партія або частини партії не відповідають встановленим вимогам законодавства, якщо результат лабораторного дослідження (випробування) лабораторного зразка перевищує максимально допустимі рівні нітратів з урахуванням коефіцієнта відновлення і невизначеності вимірювання, які зазначаються лабораторією, що провела дослідження (випробування), в експертному висновку (протоколі, звіті або іншому аналогічному документі).

З метою попередження «нітратних» отруєнь, в Україні створена і працює система контролю із забезпечення безпеки продуктів харчування. На ринках безпечність овочевої продукції постійно перевіряється фахівцями Держпродспоживслужби згідно Закону України «Про безпечність та якість харчових продуктів». Реалізація овочів дозволяється лише після проведення ветеринарно-санітарної експертизи.

Санепідслужбою здійснюється вибірковий контроль овочевої продукції на вміст нітратів. На даний час повноваження санепідслужби в Україні суттєво обмежені. Згідно Постанови КМУ № 1405 від 30.11.2011 р., планові заходи на об'єктах, які виготовляють та реалізують харчові продукти, здійснюються не частіше, ніж 1 раз на 3 – 5 років.

Планові перевірки суб'єктів господарювання, які застосовують спрощену систему оподаткування не здійснюються із введенням в дію Закону України «Про особливості здійснення державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності щодо фізичних осіб-підприємців та юридичних осіб, які застосовують спрощену систему оподаткування, обліку та

звітності». Тому, із зміною систем контролю, основна відповідальність за безпечність харчових продуктів лягає на виробника, продавця харчових продуктів.

ВИСНОВКИ

1. Нітрати, як солі азотної кислоти, є обов'язковими та необхідними компонентами усіх живих організмів, у першу чергу рослин, завдяки яким вони інтенсивно ростуть, розвиваються та формують потужну вегетативну масу. Для рослин нітрати не шкідливі. Їх небезпека проявляється при потраплянні в організм людини, викликаючи різноманітні отруєння та інші порушення.

2. Основними шляхами надходження нітратів є внесення нітратних мінеральних добрив на посівах сільськогосподарських культур та їх незбалансування з іншими елементами живлення рослин. Певну частку нітратів вносять органічні добрива, промислові забруднення та інші джерела.

3. Для запобігання надлишкового накопичення нітратів у продукції в Україні розроблені нормативи вмісту нітратів у продукції, яка характеризується найвищим ризиком забруднення. До неї належать овочі, картопля, фрукти.

4. В умовах запровадження заходів інтенсивного землеробства, що передбачає застосування високих норм мінеральних добрив, зростає вірогідність забруднення рослинницької продукції нітратами. Нами було проаналізовано обсяги внесення мінеральних добрив під ці культури, динаміку зростання внесених норм мінеральних добрив. Досліджено вміст нітратів у основних видах зернових культур за різних способів удобрення та зміну вмісту нітратів при зберіганні зерна впродовж двох років.

5. Розроблено та рекомендовано ряд заходів щодо недопущення накопичення нітратів у продукції рослинництва, а також їх зниження при підвищеному вмісту. Приведено заходи унормування вмісту нітратів як у рослинницькій, так і у тваринницькій продукції, а також у продуктах харчування. Приведено систему моніторингу вмісту нітратів у ґрунтах, рослинах та продуктах харчування, що застосовується в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Добрива та їх використання / І. У. Марчук, В. М. Макаренко, В. Є. Розстальний, А. В. Савчук. Київ : Юнівест Маркетинг, 2002. 246 с.
2. Запольський А. К., Українець А. Екологізація харчових виробництв: підручник для студ. вищих навч. закл. Київ : Вища школа, 2016. 428 с.
3. Смоляр В. І., Циганенко О. І., Петрашенко І. Нітрати, нітрити та нітросоаміни у харчових продуктах і раціонах. *Проблеми харчування*. 2007. № 3. С. 15–23.
4. Дорогунцов С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, Хвесик М. А. Екологія. Київ : КНЕУ, 2005. 371 с.
5. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології. Підручник. Київ : Либідь, 2004. 403 с.
6. Журавлева В. Ф. Цапков М. М. Токсичність нітратів і нітритів. *Гігієна і санітарія*. 2017. № 1 С. 60–69.
7. Разанов С. Ф., Чернова А. О. Особливості накопичення нітратів у рослинах та їх продукції. *Збалансоване природокористування – перспектива розвитку суспільства*. 2016. С. 55–56.
8. Эвенштейн З. Ф. Нитраты, нитриты, нитрозамин. Киев : Общественное питание, 2010. 12 с.
9. Дубініна А. А., Малюк Л. П., Селютіна Г. А. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: підручник. Київ : ВД «Професіонал», 2007. 384 с.
10. Гришко В. М. Нітрати: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. Донецьк : Донбас, 2012. 304 с.
11. Максимально допустимі рівні вмісту забруднюючих речовин у харчових продуктах в ЄС та КНР, URL: <http://www.consumer.gov.ua> (дата звернення 12.01.2022 р.).
12. Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2020. 442 с.

13. Ткачук О. П. Ботаніко-морфологічні особливості бобових багаторічних трав залежно від екологічних умов безпокритої сівби. *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 240. С. 10–13.
14. Ткачук О. П. Використання багаторічних бобових трав для зниження вмісту важких металів у ґрунті. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 4. С. 138–140.
15. Мазур В. А., Врадій О. І. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами науково-дослідної ділянки в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 16–24.
16. Ткачук О. П., Яковець Л. А., Ватаманюк О. В. Інтенсивність зниження концентрації нітратів у зерні злакових культур залежно від періоду зберігання. *Збалансоване природокористування*. Київ : ТОВ «ДІА». 2018. №. 1. С. 173–175.
17. Разанов С. Ф., Чернова А. О. Особливості накопичення нітратів у рослинах та їх продукції. *Збалансоване природокористування – перспектива розвитку суспільства*. 2016. С. 55–56.
18. Дорогунцов С. І., Коценко К. Ф., Хвесик М. А. Екологія. Київ : КНЕУ, 2005. 371 с.
19. Циганенко О. І. Нітрати в харчових продуктах. Київ : Здоров'я, 1995. 136 с.
20. Ткачук О.П., Яковець Л.А. Динаміка виробництва зерна та внесення мінеральних добрив під зернові культури у Вінницькій. *Сільське господарство та лісівництво*. № 6 (том 1). 2017. С. 141–148.
21. Яковець Л.А. Токсико-екологічна безпека зернової продукції залежно від інтенсивності хімізації виробництва в умовах Лісостепу правобережного : дис. ... к-та с.-г. наук : 03.00.16 / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2019, 185 с.
22. Ткачук О.П., Зайцева Т.М., Дубовий Ю.В. Вплив сільськогосподарських токсикантів на агроекологічний стан ґрунту.

- Сільське господарство та лісівництво*. № 6 (том 2). 2017. С. 102–109.
23. Яковець Л.А., Ткачук О.П. Вміст нітратів у зерні злакових культур в умовах змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції за участю ФАО, 13–14 березня 2018 року*. Київ, 2018. С. 120–122.
24. Харитонов М. М., Лазарева О. М., Лемішко С. М. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у овочевих та плодово-ягідних культурах у Дніпропетровській області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 3. С. 29–31.
25. Циганенко О. И. О путях снижения содержания нитратов в продуктах питания. *Гигиена и санитария*. 2018. № 5. С. 38–42.
26. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е. Еколого-техногенна безпека України. Київ : ЕКМО, 2006. 305 с.
27. Габович Р. Д., Припутина Л. С. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. Киев : Здоровье, 2015. 248 с.
28. Дегодюк Е. Г. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ : Урожай, 2007. 317 с.
29. Нітрати атакують. [URL: http://zakinppo.org.ua/bezpeka-zhitt-dijalnosti/6404-nitrati-atakujut](http://zakinppo.org.ua/bezpeka-zhitt-dijalnosti/6404-nitrati-atakujut) (дата звернення 10.01.2022 р.).
30. Musiyenko, M. T., Kryzhanivskyy, Kukhtyn Ya. Y., Danylenko, M. D. Vmist nitrativ u molotsi ta methemohlobinu v krovі koriv yak pokaznyk zhyvylnoyi tsinnosti zymovykh ratsioniv. *Naukovyy viznyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiyi im. S. Z. Gzhyts'koho*. 2008. 3(38), 10, 162–165.
31. Пругар Я., Пругарова А. Избыточный азот в овощах. Харьков, 1990. 127 с.
32. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва / М. М. Городній, С. Д. Мельничук, О. М. Гончар та ін. Київ : Арістей, 2006. 239 с.

33. Емануель Н.М., Заков Г.Е. Хімія і їжа. Київ, 2019. 88 с.
34. Тарасова В. В., Малиновський А. С., М. Ф. Рибак. Екологічна стандартизація і нормування. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2007. 276 с. СанПН 42-123-4619-88 «Допустимі рівні вмісту нітратів у продуктах рослинного походження і методи їх визначення». 247 с.
35. Ткачук О. П., Яковець Л. А., Ватаманюк О. В. Інтенсивність зниження концентрації нітратів у зерні злакових культур залежно від періоду зберігання. *Збалансоване природокористування*. Київ : ТОВ «ДІА». 2018. №. 1. С. 173–175.
36. Циганенко О.І. Нітрати в харчових продуктах. К. : Здоров'я. 2019. 102 с.
37. Хачу`tonov, М. М. Lazaryeva, О. М., Lemishko, S. М. Ekologichna ocinka variabel`nosti vmistu nitrativ u ovochevy`x ta plodovoyagidny`x kul`turax u Dnipropetrovs`kij oblasti [Environmental assessment of the variability of nitrate content in vegetable and fruit and berry crops in the Dnipropetrovsk region]. *Visny`k Poltavs`koyi derzhavnoyi agrarnoyi akademiyi*. 205. vol. 3. pp. 29–31.
38. Jiang H., Tang Y., Garg H.K., Parthasarathy D.K., Torregrossa A.C. Concentration- and Stage-Specific Effects of Nitrite on Colon Cancer Cell Lines. *Nitric Oxide*. 2012. vol. 26(4), pp. 267–273.
39. Ткачук О.П. Проблеми та перспективи ведення екологічно-збалансованого землеробства в Україні: Монографія рокоференсуїна. Science, Research, Development. Berlin, 30.08.2019-31.08.2019. № 19. S. 47–49.
40. Ткачук О.П., Гарник О.І. Агроекологічні особливості ґрунтів Хмільницького району. *Екологічні проблеми України та шляхи їх вирішення: збірник наукових праць Всеукраїнської міжвузівської науково-практичної конференції студентів та магістрів ВНАУ20–21 березня 2012 року*. Вінниця: ВНАУ, 2012. С. 33–34.
41. СанПН 42-123-4619-88 «Допустимі рівні вмісту нітратів у продуктах

- рослинного походження і методи їх визначення». 247 с.
42. Tai Sheng Yeh, Shao Fu Liao, Chia Yuan Kuo, Wen Ing Hwang. Investigation of the Nitrate and Nitrite Contents in Milk and Milk Powder in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2016. vol. 21, no. 1, pp. 73–79.
43. Kukhtn M., Horiuk Y., Yaroshenko T., Laiter – Moskaliuk S., Levytska V., Reshetnyk A. (2018) Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. vol. 89, no. 1/11, pp. 69–75.
44. Mykola Kukhtyn, Yulia Horiuk, Tetiana Yaroshenko, Svitlana LaiterMoskaliuk, Viktoria Levytska, Antonina Reshetnyk (2018) Monitoring the content of nitrates in vegetables and the influence of the pickling technology on the denitrification process. *Eureka: Life Sciences*. 2018. no. 1, pp.11–8.
45. Licata P., Naccari F., Di Bella G., Tur L., Martorana V., Dugo G.M. Inorganic Anions in Goat and Ovine Milk from Calabria (Italy) by Suppressed Ion Chromatography. *Food Additives and Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure, & Risk Assessment*. 2013. vol. 30, Issue 3, pp. 458–465.
46. Pyskiv S.I., Kukhtyn M.D. Monitoring the content of nitrates in milk / *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies / Scientific Messenger LNUVMB*, 2018, vol. 20, № 85. p. 41–45.
47. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: навч. посіб. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, ВНАУ, Інститут кормів та с.-г. Поділля НААН. Вінниця : Данилюк В.Г., 2011. 431 с.
48. Розрахунок коефіцієнта концентрації. URL: <http://studfiles.net/preview/5722584/page:30/>. (дата звернення: 10.01.2022 р.)
49. Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А. Період зберігання зерна – як чинник підвищення його екологічної безпеки / *Природно-ресурсний*

- та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання: колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. Полтава: Видавництво ПП «Астрія», 2019. С. 172–179.
50. Яковець Л.А. Тенденції розвитку зернового господарства Лісостепу правобережного в контексті зміни клімату. *«Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти»*: збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції (Київ – Миколаїв – Херсон, 10-12 квітня 2019 р). Київ – Миколаїв – Херсон: ДУ НМЦ «Агроосвіта» 2019. С. 445–447.
51. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. К. : НІСД, 2016. 312с.
52. Пономарьов П. Х., Сирохман І. В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини. К. : Лібра. 2018. 231 с.
53. Толчинський О.В. Походження та наслідки нітратної інтоксикації для людини і тварин. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2013. №2 (55). С. 122–125.
54. Ганчук В.Д., Христіансен М.Г., Бутенко О. М. Моніторинг нітратів та заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції. *Восточноевропейский журнал передовых технологий.* 2012. № 6 (60). С. 47–49.
55. Жуков Г.Ф., Михайлова М.В. Снижение уровня загрязненности нитрозаминами продуктов животного происхождения. К. : Агропром. 2017. 45 с.
56. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НФВ «Українські технології», 2006. 730 с.
57. Габович Р.Д. Припутана Л.С. Гігієнічні основи охорони продуктів живлення. К. : 2009. 227 с.
58. Епідеміологічна оцінка впливу нітратів питної води децентралізованих

джерел

водопостачання.

URL:

http://www.oblises.ck.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1600:2019-02-22-09-31-57&catid=86:2018-02-14-12-19-27&Itemid=50

(дата звернення 19.01.2022 р.)

59. Yakovets L. Changes in heavy metals content in winter wheat grain and flour under right-bank forest-steppe conditions. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 15. 2019. С. 214–221.
60. О. Kolisnyk, О. Khodanitska, А. Butenko, N. Lebedieva, L. Yakovets, О. Tkachenko, О. Ihnatieva, О. Kurinnyi. Influence of foliar feeding on the grain productivity of corn hybrids in the conditions of the Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (2). P. 40–44. doi: 10.15421/2020_61.
61. Про методи відбору зразків для визначення максимально допустимих рівнів нітратів у деяких харчових продуктах для цілей державного контролю
URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z020719?fbclid=IwAR0FBahOJazOUdDeHOUxcNqToLvLqZ25Xhilar_L4_jle6fi4UKkSB9VPYnQ#Text
(дата звернення 18.01.2022 р.).
62. Mazur V. Kolisnyk O., Yakovets L. Dialial analysis of the combination capacity of resistance to diseases and pests of the source selection corn material. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. №21. P. 233–244.
63. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyreva H.V., Telecalo N.V. Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in the conditions of right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Volume 8. № 4. P. 26–33.
64. Didur I.M., Pantsyreva H.V., Telekalo N.V. Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. *The scientific heritage*. 2020. Volume 52. P. 3–12.
65. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural

- Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Volume XI, Summer, 3(43). P. 513–522.
66. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Випуск №18 С. 5–17.
67. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Випуск. №18. С. 5–16.
68. Квітко Г.П., Ткачук О.П. Методологічні основи методики програмування сталої кормової продуктивності багаторічних бобових трав *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Вінниця. 2010. Вип. 74. С. 72–77.
69. Квітко Г.П., Ткачук О.П., Гетман Н.Я. Багаторічні бобові трави – основа природної інтенсифікації кормовиробництва та поліпшення родючості ґрунту в Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2012. Вип. 73. С. 113–117.
70. Ткачук О.П. Агроекологічна роль козлятнику східного щодо підвищення родючості ґрунту. *Корми і кормовиробництво*. Вип. 75, 2013. С. 45–48.
71. Багаторічні бобові трави як основа природної інтенсифікації кормовиробництва: навчальний посібник / [Г.І. Демидась, Г.П. Квітко, О.П. Ткачук, та ін.]; за ред. проф. Г.І. Демидася, Г.П. Квітка. К. : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2013. 322 с.
72. Разанов С.Ф., Вітер Н.Г., Ткачук О.П. Екологічна та техногенна безпека: навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. 125 с.
73. Ткачук О.П. Моніторинг довкілля: курс лекцій та практичні заняття: навчально-методичний посібник. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2014. 418 с.
74. Войтко О.С., Ткачук О.П. Пріоритети гарантування безпеки стратегії

- сталого розвитку України. *Стратегія і тактика збереження довкілля*: збірник наукових праць VIII науково-практичної конференції, Вінницький національний аграрний університет, 7 квітня 2014 р: Вінниця. С. 35–38.
75. Шкатула Ю.М., Ткачук О.П., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 512 с.
76. Ткачук О.П. Роль бобових багаторічних трав у підвищенні агроекологічних показників родючості ґрунту. *Екологічні проблеми сільського виробництва*: збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, 7 грудня 2016 р. Вінниця: ВНАУ, 2016. С. 66–69.
77. Ткачук О.П., Зайцева Т.М. Показники агроекологічної стійкості ґрунтів та фактори, що на них впливають. *Сільське господарство та лісівництво*. № 5, 2017. С. 137–145.
78. Ткачук О.П. Вплив бобових багаторічних трав на агроекологічний стан ґрунту. *Збалансоване природокористування*. № 1, 2017. С. 127–130.
79. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Поживний вміст у зеленій масі багаторічних бобових, вирощених на забруднених ґрунтах. *Тваринництво України*. 2018. № 6. С. 35–38.
80. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Якість та екологічна безпека зерна озимої пшениці вирощеної після бобових попередників. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 27–34.
81. Ткачук О.П. Проблеми та перспективи ведення екологічно-збалансованого землеробства в Україні. *Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT* №19. Berlin. 30.08.2019- 31.08.2019. S. 47–49.
82. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2020. 542 с.
83. Льотка Г.І., Ткачук О.П. Бобові багаторічні трави у кормо

- виробництві та агроекології: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2021. 256 с.
84. Мазур В.А., Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Телекало Н.В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2020. 192 с.
85. Дідур І.М., Мостовенко В.В. Фотосинтетична активність го-роху овочевого залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство талісництво*. 2020. Випуск №17 С. 42–50.
86. Дідур І.М. Стан та виробництво органічної продукції в Україні. *About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them*: VI Міжнародна науково-практична конференція 26-30 жовтня 2020 р., Мілан, Італія. С. 26–31.
87. Гончарук І. В. Енергетична незалежність АПК на засадах сталого розвитку. Інвестиції: практика та досвід. 2020. № 17–18. С. 29–36.
88. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль: Посібник К. : КНТ, Дакор, Основа, 2007. 412 с.
89. Юрченко Л.І. Екологічна культура в контексті екологічної безпеки К. : Вид. ПАРАПАН, 2008. 296 с.
90. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Аналіз стану вирощування сої в Україні. *Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 6 (68). С. 59–64.
91. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів-Оброшино, 2015. Вип. 58 (2). С. 56–62.
92. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Гресь С. А. Значення погоднокліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 38–48.
93. Москалець В. В. Екологічні аспекти вирощування сої. *Вісник аграрної*

- науки. 2010. № 3. С. 55–57.
94. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. К. : Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.
95. Тараріко Ю. О., Городній М. М., Сердюк А. Г. Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій: навчальне видання; методичні вказівки. Друкарська дільниця УВК НАУ, 2006. 34 с.
96. Chachina, S.B., Chachina S.B., Voronkova N. A., Vaklanova O.N. Biological remediation of the engine lubricant oil-contaminated soil with three kinds of earthworms, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobena veneta*, and a mixture of microorganisms. *Procedia Engineering*. 2015. № 113. P. 113–123.
97. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Колеснікова Л.А., Плаксієнко І.Л. Динаміка і діагностика токсичного впливу нафтозабрудненого ґрунту на стійкість проростків. *Agrology*. 2018. №1(3). С. 240–246.
98. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О. Ю., Корчагін О. П. Оцінка фітотоксичної дії стічних вод місць захоронення відходів на стійкість *Triticum aestivum*. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. №2. С. 77–85.
99. Грановська В.Г. Перспективи розвитку ринку органічної продукції в Україні. *Економіка АПК*, 2017. № 4. С. 31–40.
100. Kolisnyk O.M, Kolisnyk O.O, Vatamaniuk O.V, Butenko A.O. Analysis of strategies for combining productivity with disease and pest resistance in the genotype of base breeding lines of maize in the system of diallele crosses. *Modern Phytomorphology*. 2020. 14: 49–55.
101. Ринок зерна: порівняльно-правове дослідження відповідності законодавства України, URL: <https://rivnejust.gov.ua> (дата звернення 15.01.2022 р.).
102. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. 2-е издание, переработанное и дополненное. Х.: МГУ, 2016. 689 с.
103. Калетнік Г. М. Стратегіко-інституційні засади ефективності використання потенціалу аграрного сектору економіки. *Економіка*.

Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2015.

№ 1. С. 5–9

104. Підпригора В. С., Писаренко П. В. Практикум з наукових досліджень в агрономії. Полтава, 2003. 138 с.

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ

Мазур Віктор Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, професор, ректор Вінницького національного аграрного університету. Бібліографічні дані: у 1988 р. закінчив з відзнакою агрономічний факультет Вінницького філіалу Української сільськогосподарської академії і отримав кваліфікацію вченого агронома за спеціальністю «Агрономія». Віктор Мазур працює у Вінницькому національному аграрному університеті з 1992 р.



У 1989-1992 рр. – навчався в аспірантурі Української сільськогосподарської академії за спеціальністю «Селекція і насінництво», у 1994 р. успішно захистив кандидатську дисертацію на тему: «Вихідний матеріал для селекції гібридів кукурудзи, вирощуваних по екологічно чистих технологіях» та здобув науковий ступінь кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 05.03.05 – селекція і насінництво.

Тривалий час очолював агрономічний факультет та був проректором з науково-педагогічної та навчальної роботи. Основними напрямками наукової діяльності є розробка сучасних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур.

Мазур В.А. має 190 публікацій, з них 110 наукового та 80 навчально-методичного характеру, у тому числі 79 наукові праці, опубліковані у вітчизняних фахових і міжнародних рецензованих виданнях. Є співавтором 4 навчальних посібників, 7 монографій, 1 методичного посібника, 1 підручника, 1 електронного посібника, 2 колективних монографій, а також є співавтором 4 патентів на корисну модель. Під керівництвом професора захищено 5 кандидатських дисертацій.

Наукова діяльність вченого направлена на агроекологічне обґрунтування технологій вирощування сільськогосподарських культур та екологізації технологій. Є членом Науково-методичної комісії з «Агрономії» при Міністерстві аграрної політики та продовольства України, входить до складу експертів ДАК МОН України. Плідна багаторічна науково-педагогічна діяльність професора відзначена трудовою відзнакою «Знак пошани» та знаком «Відмінник аграрної освіти та науки» другого ступеня, Почесною грамотою Міністерства аграрної політики та продовольства України та Вінницької обласної державної адміністрації та обласної ради. У 2015 р. – нагороджений Грамотою Верховної Ради України.

Віктор Мазур приймав участь у міжнародних наукових заходах – у січні 2016 р. у міжнародній конференції (м. Братислава, Словаччина), у травні 2016 р. в конгресі Мережі університетів Чорноморського регіону 12-й

конференції ректорів (м. Тбілісі, Грузія), у вересні 2016 р. у зборах учасників Вишеградської асоціації університетів (м. Геделле, Угорщина), у жовтні 2017 р. у церемоніях з нагоди 65-річчя Словацького аграрного університету (м. Нітра, Словаччина), у грудні 2017 р. в конференції у Технічному університеті м. Зволен (Словаччина), у 17 травні 2018 р. у міжнародному форумі (м. Яси, Румунія), у червні 2018 р. у конгресі (м. Салоніки, Греція), у вересні 2018 р. у конференції (м. Краків, Польща) та жовтні 2019 р. в конференції (м. Бухаресті, Румунія). Проходив міжнародне науково-педагогічне стажування (серпень 2019, Польща).

Мазур В.А. є керівником прикладного дослідження на тему: «Розробка методів удосконалення технології вирощування зернобобових культур з використанням біодобрив, бактеріальних препаратів, позакореневих підживлень та фізіологічно-активних речовин» (Мазур В.А., Дідур І.М., Іваніна В.Д., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Врадій О.І.), номер ДР 0120U102034.

Читає дисципліни: «Технічні культури», «Технологія виробництва продукції рослинництва», «Вступ до фаху».



Ткачук Олександр Петрович – доктор с.-г. наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету. Олександр Петрович є автором понад 130 наукових праць та 107 методичних розробок, серед них – 3 патенти, 2 навчальних посібника, 3 монографій, 5 статей, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science.

Трудовий шлях розпочав у СТОВ «МаліКрушлинці» Вінницького району Вінницької області, де пропрацював на різних посадах агрономічної діяльності 7 років. З 2008 року почав займатися науковою та викладацькою діяльністю у Вінницькому національному аграрному університеті. У 2011 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю «кормовиробництво та луківництво», у 2018 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю «екологія».

Коло наукових інтересів – агроекологія, охорона навколишнього середовища, бобові багаторічні трави, агрономія. За трудові здобутки О. Ткачук нагороджений грамотами та подяками факультету агрономії та лісівництва Вінницького національного аграрного університету. Ткачук О.П. є виконавцем прикладного дослідження на тему: «Розробка методів удосконалення технології вирощування зернобобових культур з використанням біодобрив, бактеріальних препаратів, позакореневих підживлень та фізіологічно-активних речовин» (Мазур В.А., Дідур І.М.,

Іваніна В.Д., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Вradій О.І.), номер ДР 0120U102034.

Викладає дисципліни: «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Методи та засоби вимірювання параметрів довкілля». «Сучасні проблеми агроекології»

Читає дисципліни: «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Методи та засоби вимірювання параметрів довкілля», «Хімічна екологія», «Біологічний і санітарний моніторинг», «Сучасні проблеми агроекології».



Яковець Людмила Анатоліївна – к. с.-г наук, асистент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин Вінницького національного аграрного університету. Трудова кар'єра розпочата у 2004 році з посади бухгалтера ПП «Вінницьке бюро експертиз «Ніка». Наукова діяльність вченого розпочата з 2015 року в аспірантурі Вінницького національного аграрного університету, а педагогічна у 2016 році з посади асистента кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин факультету агрономії та лісівництва Вінницького національного аграрного університету. Людмила Яковець є автором понад 25 наукових праць. Результати своїх наукових розробок Людмила

Яковець неодноразово презентувала на Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях.

Науковий напрямок: екологічна безпека зернової та зернобобової продукції, залежно від інтенсивності хімізації виробництва.

За трудові здобутки Л. Яковець нагороджена грамотами та подяками факультету агрономії та лісівництва Вінницького національного аграрного університету.

Читає дисципліни: «Біологія», «Ботаніка».

Наукове видання

Мазур Віктор Анатолійович
Ткачук Олександр Петрович
Яковець Людмила Анатоліївна

**НІТРАТИ: ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕРНОВОЇ І
ЗЕРНОБОБОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Монографія

Підписано до друку 04.05.2022
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура
Times new roman. Умовних друкованих аркушів 9,5
Наклад 100 прим. За. № 040522
Видавець ТОВ "Друк"
Реєстраційне свідоцтво про внесення суб'єкта
видавничої справи до Державного реєстру видавців
серія ДК № 5909 від 18.09.2017 р.
Віддруковано з оригіналу макету замовника в
ТОВ «Друк плюс» м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027.