



Польовий А.М., Жигайло О.Л.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В ГАЛУЗЯХ АПК

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

А.М. ПОЛЬОВИЙ, О.Л. ЖИГАЙЛО

**РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ
РЕСУРСІВ В ГАЛУЗЯХ АПК**

Навчальний посібник

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2021

УДК 631.6.02
П49

Польовий А.М., Жигайло О.Л.

П49 Раціональне використання природних ресурсів в галузях АПК: навчальний посібник. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2021. 270 с.
ISBN 978-966-186-190-8

У навчальному посібнику висвітлено основні питання екології агропромислового комплексу: відомості о природних ресурсах та їх ролі в сільськогосподарському виробництві, агроєкосистемах і особливостях їх функціонування в умовах техногенезу, ролі сільського господарства в біогенному забрудненні, у виробництві екологічно безпечної сільськогосподарської продукції, оптимізації ландшафту сільськогосподарських районів. Розглянуто заходи щодо збереження ґрунтового покриву, екологічно обґрунтованого підходу до хімізації сільськогосподарського виробництва, зменшення шкідливої дії іонізуючого випромінювання, утилізації відходів тваринництва, безвідходного виробництва сільськогосподарської продукції.

Навчальний посібник призначений для підготовки здобувачів магістерського рівню вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія», може бути рекомендований здобувачам магістерського рівню вищої освіти за спеціальністю 103 «Науки про Землю», а також може бути корисний слухачам, яким потрібно підвищити кваліфікацію в даній галузі.

УДК 631.6.02

Рецензенти:

Лобода Н.С., д. геогр. н., професор, Одеський державний екологічний університет
Сніжко С.І., д. геогр. н., професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*"Затверджено вченою радою Одеського державного екологічного університету
Міністерства освіти і науки України як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за
спеціальністю 101 «Екологія» (протокол № 6 від 30.06.2021 р.)"*

ISBN 978-966-186-190-8

© Польовий А.М., Жигайло О.Л., 2021
© Одеський державний екологічний університет, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
ВСТУП.....	9
1 ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬСТВА.....	11
1.1 Природні ресурси	11
1.2 Ресурсні цикли.....	24
1.3 Кадастри.....	29
1.4 Гострота продовольчої проблеми.....	31
2 АГРОЕКОЛОГІЧНА СИСТЕМА (СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОСИСТЕМА).....	43
2.1 Роль сільського господарства у формуванні первинної біологічної продукції.....	43
2.2 Агроекологічна система.....	48
2.2.1 Типи, структура, функції агроекосистем.....	51
2.2.2 Шляхи підвищення продуктивності агроекосистем....	60
2.2.3 Кругообіг речовин і потоки енергії в агроекосистемах	63
2.3 Функціональна роль ґрунту в агроекосистемах.....	68
3 ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА...	73
3.1 Біогенне забруднення вод. Сільськогосподарські джерела біогенного навантаження	73
3.2 Екологічні проблеми меліорації земель	79
3.2.1 Екологічні наслідки зрошення.....	83
3.2.2 Екологічні аспекти вапнування ґрунтів.....	89
3.3 Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях.....	93
3.3.1 Джерела радіонуклідів в агросфері.....	94
3.3.2 Міграція радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюжках.....	96
3.3.3 Принципи ведення сільськогосподарського виробництва і комплекс захисних заходів на забруднених радіонуклідами територіях.....	103

3.4	Тваринницькі комплекси та охорона природи.....	107
3.4.1	Негативний вплив відходів тваринництва на довкілля	107
3.4.2	Використання біотехнології для переробки відходів тваринництва.....	110
3.4.3	Санітарно-захисні зони та зелені зони тваринницьких ферм і комплексів.....	114
4	ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОЛАНДШАФТІВ І ОРГАНІЗАЦІЯ СТІЙКИХ АГРОЕКОСИСТЕМ.....	117
4.1	Оптимізація агроландшафтів.....	117
4.2	Методологічні основи екологічної оцінки агроландшафтів	137
4.3	Організація агроекологічних систем.....	144
4.3.1	Стійкість агроекологічних систем.....	144
4.3.2	Реконструкція і створення агроекологічних систем	147
4.3.3	Стійкість агроecosистем при різних системах землеробства.....	152
5	УПРАВЛІННЯ АГРОЕКОСИСТЕМАМИ.....	163
5.1	Шляхи збільшення ресурсу органічної речовини ґрунту.....	163
5.1.1	Азотні добрива. Бобові рослини – чинники ефективності гуміфікації.....	164
5.1.2	Екологічна ефективність використання вермикультивування.....	166
5.2	Система удобрення – основа підтримання балансу біогенних елементів.....	171
5.3	Хімічні меліорації: види, значення, основи технології.....	179
5.3.1	Інтенсифікація землеробства на кислих ґрунтах.....	182
5.3.2	Хімічні меліорації на лужних ґрунтах.....	186
5.4	Захист ґрунту від ерозії – метод збереження його енергопотенціалу.....	188
5.4.1	Агротехнічні заходи щодо запобігання процесам ерозії ґрунтів.....	190
5.4.2	Ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства. Поняття, основні ланки.....	191
5.5	Екологічні напрями обробітку ґрунту.....	205

6	ВИРОБНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	211
6.1	Еколого-токсикологічні нормативи.....	211
6.2	Речовини, що забруднюють продукти харчування і корми..	213
6.2.1	Забруднення сільськогосподарської продукції важкими металами.....	213
6.2.2	Забруднення продуктів харчування нітратами та нітритами.....	222
6.2.3	Пестициди та їх залишкові кількості в продуктах	239
6.3	Способи виключення або мінімізації негативного впливу забруднень.....	244
6.3.1	Зв'язок «чистоти» сільськогосподарської продукції зі станом ґрунтового покриву.....	244
6.3.2	Прийоми зниження негативної дії токсикантів.....	246
6.4	Екологічна сертифікація та екологічне маркування харчової продукції.....	250
7	ПРИРОДООХОРОННА РОЛЬ БЕЗВІДХОДНИХ ВИРОБНИЦТВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ.....	255
7.1	Основні аспекти переведення процесів переробки сільськогосподарської сировини на безвідходний цикл виробництва.....	255
7.2	Екологічна оцінка відходів переробки рослинної сировини. Розширення можливостей переробки цих відходів.....	256
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	261
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	266

ПЕРЕДМОВА

Взаємодія суспільства з навколишнім природним середовищем викликала безліч негативних наслідків, що диктує необхідність послідовного формування врівноваженого природокористування. Тільки за цієї умови може бути досягнуто розумний баланс у взаємодії людини і природи, забезпечено грамотне використання природного базису розвитку продуктивних сил.

Відповідно до законодавства України про охорону навколишнього природного середовища істотно зростають вимоги до грамотності фахівців в області охорони природи і раціонального використання природних ресурсів. Спеціаліст будь-якої сфери діяльності повинен: розуміти суть сучасних проблем взаємодії суспільства і природи; розбиратися в причинній обумовленості можливих негативних наслідків тих чи інших виробництв на навколишнє природне середовище; вміти кваліфіковано оцінювати характер, спрямованість і наслідки впливу конкретної господарської діяльності на природу, пов'язуючи рішення виробничих завдань з дотриманням природоохоронних вимог; вміти планувати і організовувати природоохоронну роботу; генерувати і приймати науково обґрунтовані рішення з питань охорони природи.

Від екологічної грамотності фахівців (екологів практиків, екологів правників, екологів прикордонників) залежать: захист навколишнього середовища від прямого забруднення і руйнування; зниження ресурсо-, матеріало- та енергоємності сільськогосподарського виробництва; впровадження маловідходних технологічних систем і процесів; мінімізація втрат сільськогосподарської продукції; впровадження природно доречних систем ведення землеробства і тваринництва; оптимізація ландшафту сільськогосподарських районів; виробництво екологічно чистої продукції тощо.

Вимоги раціонального природокористування повинні враховуватися у всіх підсистемах сучасного агропромислового комплексу у галузях: виробництва засобів виробництва для сільського господарства; матеріально-технічного обслуговування сільського господарства; власного сільськогосподарського виробництва; заготівлі, зберігання, первинної переробки та реалізації сільськогосподарської продукції.

Дієвість і ефективність охорони природи в аграрному секторі (сільському господарстві) залежать від екологічного передбачення фахівців,

їх вміння пов'язувати питання розвитку виробництва з природоохоронними завданнями.

Прийнято вважати, що інтенсифікація сільського господарства - це послідовно зростаюче вкладення коштів виробництва та праці на одиницю земельної площі і на голову худоби. Вона здійснюється на основі зміцнення матеріальної бази, збільшення виробництва мінеральних і органічних добрив, хімічних засобів захисту рослин. Тим часом замінити сили природи людською працею неможливо. І в індустрії, і в землеробстві людина може тільки користуватися дією сил природи, якщо вона пізнала механізм їх дії. І не випадково результатом процесу інтенсифікації сільського господарства стали суттєві негативні впливи на природні комплекси і їх компоненти (вітрова і водна ерозія ґрунтів, забруднення ґрунтово-рослинного покриву хімічними речовинами, засолення і осолонцювання ґрунтового профілю і т.д.), негативні зміни в стані навколишнього природного середовища (опустелювання, евтрофування водойм, збільшення ярів і т.д.).

В умовах інтенсифікації склалося свого роду нігілістичне ставлення до необхідності послідовного осмисленого обліку природної основи виробництва. Тим часом аграрний сектор економіки пов'язаний з відтворенням живих організмів – рослин і тварин і тому зберігає специфіку виробничих процесів, обумовлену природними факторами. Виведення нових сортів і порід, створення прогресивних технологій, впровадження механізації, хімізації, меліорації спрямовані на підвищення рівня раціонального використання природного базису, його продуктивної сили. Більш високому рівню економічної активності повинні відповідати більш досконалі організація і регулювання процесів природокористування.

Сучасні процеси інтенсифікації характеризуються досить високою енерго- і ресурсомісткістю. У підсумку все більше зростає енергетична "ціна" кожної харчової калорії. Так, на виробництво їжі, що має енергетичну цінність 1 Дж, до початку 80-х років минулого століття витрачалося до 10 Дж енергії, а на зберігання і переробку ще 5-7 Дж. Підвищення врожайності з 2 до 4 т/га обумовлює десятикратне збільшення витрат енергії викопного палива. Існує природно-обумовлена межа допустимого привнесення в агроєкосистеми штучної енергії, та й можливості нарощування її виробництва не безмежні. А ось адаптовані (максимально враховуючі природний фон) системи сільського господарства менш енергоємні.

Між іншим, фермери дуже зацікавлено ставляться до доцільності і можливості всебічного врахування екологічних вимог при створенні та веденні своїх господарств.

Таким чином, "Екологізація" сільськогосподарського виробництва – об'єктивно зумовлена необхідність цілеспрямованого переходу від суто технократичної політики до грамотного поєднання досягнень науково-технічного прогресу з принципами природодоцільності для організації та здійснення виробничої діяльності в сфері агропромислового комплексу.

Викладений матеріал охоплює багато питань, якими ми особисто не займалися. У зв'язку з цим, при підготовці навчального посібника використані матеріали інших учених, що теоретично досить обґрунтовані, представляють наукову та практичну цінність і служать теоретичною базою для вивчення дисципліни «Екологія агропромислового комплексу». При цьому ми прагнули до ясного послідовного викладу матеріалу у стислій формі. З врахуванням цього в книзі наводиться список літературних джерел, використаних при написанні навчального посібника.

Розуміючи відповідальність, яку ми взяли при підготовці цього навчального посібника, ми з вдячністю приймаємо всі зауваження і побажання читачів.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку сільського господарства його негативний вплив на природу в багатьох випадках стає значно серйознішим, ніж вплив інших галузей виробництва. Саме з розвитком сільського господарства пов'язані зростання дефіциту водних ресурсів нашої країни, зменшення видового різноманіття рослинного і тваринного світу, засолення, заболочування та виснаження ґрунтів, накопичення у ґрунтах, водах і культурних рослинах особливо стійких та небезпечних забруднювальних речовин.

Кожна галузь сільського господарства по-різному впливає на навколишнє середовище: інтенсивне землеробство призводить до забруднення ґрунтів залишками мінеральних добрив і засобами захисту рослин, значно змінює водний баланс та гідрологічний режим агроландшафтів; створення великих відгодівельних комплексів супроводжується забрудненням ґрунтів і вод екскрементами тварин, накопиченням гною.

При веденні сільського господарства виникають такі основні екологічні проблеми: високий рівень розораності сільськогосподарських угідь; неефективне використання високого біопотенціалу родючих земель; необґрунтоване використання засобів захисту рослин, добрив, що з одного боку, підвищує урожайність сільськогосподарських культур, а з іншого – погіршує природні властивості ґрунтів; внаслідок змиву з полів добрив відбувається евтрофікація водойм; від водної та вітрової ерозії погіршується стан родючості ґрунтів та їхня природна структура; значний рівень забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами та радіонуклідами внаслідок техногенних катастроф; нераціональне використання прісної води для зрошення земель; забруднення ґрунтових вод через інтенсивне агровиробництво.

Виробництво екологічно безпечної та екологічно чистої продукції харчування є сьогодні чи не найважливішою проблемою у світі, яка значною мірою залежить від стану ґрунтів, а також від дотримання правил агротехніки і впровадження інноваційних технологій. Нині в світі 1% орних земель використовується для ведення органічного землеробства, що дозволяє відновлювати природні ресурси, а також отримувати екологічно чисту сільськогосподарську продукцію в галузях рослинництва та тваринництва.

Предметом екології агропромислового комплексу є посіви і насадження сільськогосподарських культур, тваринницькі ферми, а також аграрний ландшафт у взаємозв'язку з середовищем проживання. Екологія АПК розглядає системи землеробства та технології вирощування сільськогосподарських культур і тварин у світлі витрачення та відтворення природних ресурсів, оцінює екологічну обґрунтованість екологічних рішень. Вона повинна розробляти теоретичні основи для екологічного безвідходного та нешкідливого виробництва продукції рослинництва, тваринництва, для формування агроландшафтів так, щоб вони зберігали гармонійну рівновагу з біосферою.

1 ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬСТВА

1.1 Природні ресурси

Розвиток агропромислового комплексу базується на науково обґрунтованому обліку та раціональному використанні природних, техніко-економічних, суспільно-історичних і організаційно-господарських факторів сільськогосподарського виробництва. При цьому саме природні фактори є природною основою, базисом виробництва, а всі інші – породжені самим суспільним виробництвом. Найкращі результати досягаються в тому випадку, коли забезпечується близьке до оптимального або оптимальне співвідношення перерахованих факторів. У сільськогосподарському виробництві раціональна стратегія, доцільна спрямованість господарської діяльності істотно залежать від ступеня обліку природного базису (ґрунт, вода, клімат і т.д.).

Природні ресурси – частина всієї сукупності природних умов і найважливіших компонентів природного середовища, які використовуються або можуть бути використані для задоволення різноманітних потреб суспільства, підтримки умов існування людства і підвищення якості життя. Вони є головним об'єктом природокористування, в процесі якого в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь людей підлягають раціональній експлуатації. При цьому процес експлуатації повинен поєднуватися з діяльністю по збереженню і поліпшенню якості природного середовища, з комплексним вирішенням багатьох важливих проблем охорони природи в цілому.

Класифікація природних ресурсів. Природні ресурси умовно поділяють на невичерпні, вичерпні відновлювані та вичерпні невідновлювані, на замінні і незамінні (рис. 1.1). По відношенню до тих чи інших компонентів природи розрізняють наступні види і групи природних ресурсів: геологічні, мінеральні, кліматичні, водні, земельні, біологічні і т.д. В залежності від характеру використання у виробничій і невиробничій сферах виділяють мінерально-сировинні, паливно-енергетичні, промислові, сільськогосподарські, продовольчі, оздоровчі, ландшафтно-курортні, рекреаційні та інші природні ресурси. Безсумнівний пізнавальний і практичний інтерес, особливо з екологічних позицій, представляє

характеристика природних ресурсів за джерелами і місцезнаходженням. При цьому розрізняють ресурси: енергетичні, атмосферні газові, водні, літосфери, рослин-продуцентів, консументів, редуцентів, кліматичні, рекреаційні, пізнавально-інформаційні, простору і часу.

Основні відмінні ознаки природних ресурсів: здатність деяких важливих їх видів в певних межах і за певних умов до самовідтворення (саморегулювання) кількості та якісного стану; здатність переходити з одного якісного стану в інший в результаті природної еволюції і під впливом людини; зв'язок конкретних станів і оцінок природних ресурсів з умовами життєдіяльності людини, залежність якісних станів від технологічного способу, характеру, інтенсивності виробничої та невиробничої діяльності людей; залежність (кількісна та якісна) кожного природного ресурсу від інших.

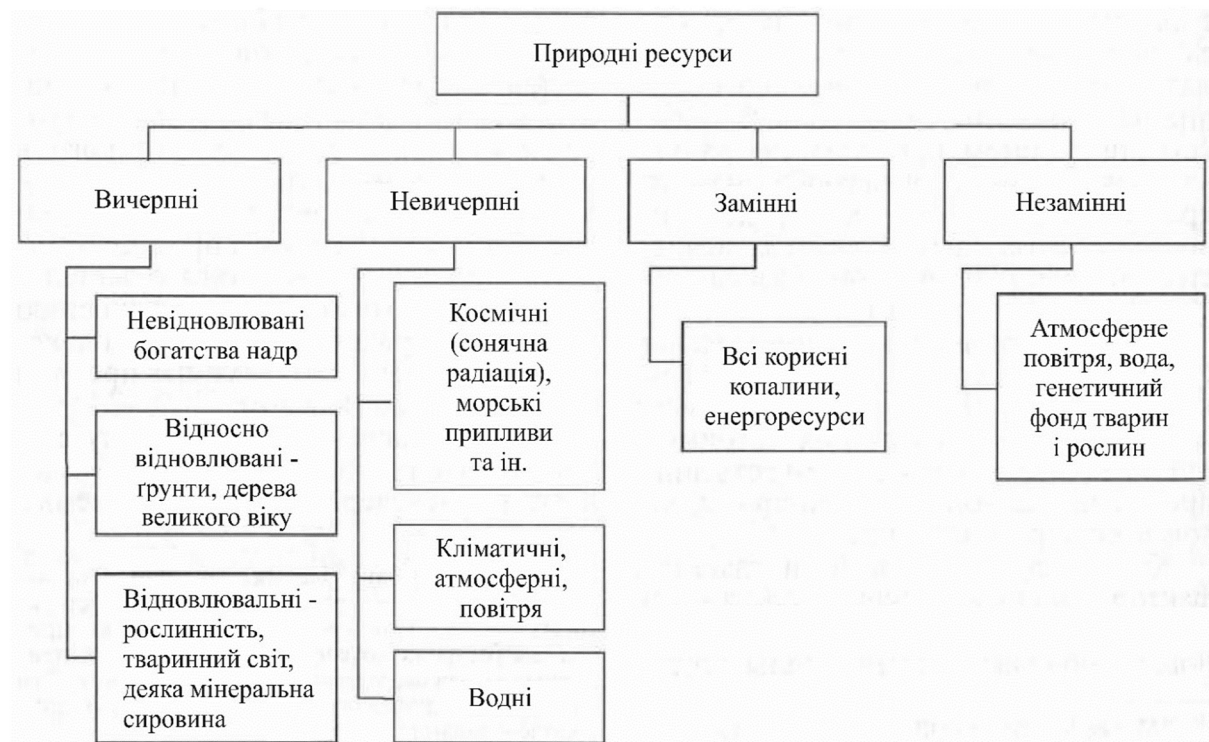


Рисунок 1.1 – Класифікація природних ресурсів (Черников та ін., 2000)

Принципи раціонального використання природних ресурсів: відповідність характеру і способів використання конкретних місцевих умов; передбачення і запобігання негативних наслідків природокористування; підвищення інтенсивності освоєння; збереження наукових і естетичних цінностей; дотримання доцільності, економічної обґрунтованості черговості

господарського освоєння; комплексне використання; зменшення або усунення втрат на всіх етапах природокористування; всебічна екологізація виробничих процесів.

Природний потенціал. Від природних ресурсів слід відрізняти природні умови - сукупність об'єктів, явищ і факторів природного середовища. Природні умови мають істотне значення для матеріально-виробничої і невиробничої діяльності людини, але безпосередньо в неї не залучаються. Людина може в певних масштабах змінювати або цілеспрямовано коригувати природні умови (головним чином окремі їх компоненти). Нерегульована антропогенна діяльність призводить до змін природних умов, в тому числі небажаних; при цьому зміни можуть охоплювати значні простори (приклад - опустелювання).

Поєднання природних умов і ресурсів формує природно-ресурсний (природний) потенціал. Природний потенціал – міра потенційної здатності будь-якої природної системи (території, біогеоценозу, природного об'єкта і т.д.) задовольняти різноманітні потреби суспільства. Стосовно до тієї чи іншої території про її природно-ресурсний потенціал судять головним чином за ступенем різноманітності природних умов, набору, за кількісним та якісним складом і доступністю природних ресурсів, ступеня відповідності показників якості середовища прийнятим нормам і стандартам.

Екологічний потенціал території – це здатність природного середовища відтворювати певний (заданий) рівень якості проживання протягом тривалого періоду. Екологічний потенціал – частина природно-ресурсного потенціалу.

У сільськогосподарське виробництво прямо або побічно залучені практично всі види природних ресурсів. При цьому виділяють групу базових ресурсів, куди в першу чергу входять кліматичні (агрокліматичні), водні, земельні, біологічні та генетичні ресурси.

Кліматичні ресурси. Погода завжди була і залишається лімітуючим фактором в сільському господарстві всієї земної кулі. Не випадково на Всесвітній конференції з клімату (1979) зазначалося, що прогрес в сільському господарстві в довготривалій перспективі буде визначатися науково-технічними досягненнями не тільки в біології і техніці, але і в області вдосконалення методів отримання та обліку в сільському господарстві інформації про погоду і клімат . Правомірно вважати, що з

підвищенням науково-технічного рівня сільського господарства роль метеорологічних факторів зростає.

Гідрометеорологічна (агрокліматична) інформація в сільському господарстві використовується в першу чергу при плануванні. Вона необхідна і при прогнозуванні (в тому числі при прогнозуванні врожаю). Поточне планування, при якому доцільно залучати кліматичну інформацію, спрямоване на вирішення таких завдань, як проведення польових робіт (сівба, обробка полів, внесення добрив, збирання врожаю, полив та ін.). В даному випадку необхідно знати, які умови складаються в період проведення певних робіт, чи потрібно переносити терміни їх проведення, які відхилення від норми можуть виникнути в темпах розвитку рослинних угруповань та ін. Оцінка кліматичних ресурсів на далеку перспективу пов'язана з організацією та проведенням великомасштабних меліоративних заходів, зі спеціалізацією сільського господарства, розміщенням сільськогосподарських культур, в тому числі і в тих районах, де раніше їх не вирощували, з впровадженням нових технологій і т. д.

При оцінці й обліку метеорологічних (агromетеорологічних) умов і кліматичних (агрокліматичних) ресурсів доцільно звертати увагу на наступне: облік повинен здійснюватися в єдиній системі природні ресурси - виробничі умови; агromетеорологічна інформація повинна бути диференційованою, тобто має задовольняти запити як центральних, так і місцевих сільськогосподарських та інших організацій; при підготовці інформаційних матеріалів необхідно враховувати місцеві умови (рельєф, фізичні і хімічні властивості ґрунтів, заліснені території, наявність поблизу великих водойм), що впливають на загальнокліматичні чинники; оскільки клімат, територіальні природні комплекси та сільськогосподарське виробництво тісно взаємопов'язані, то різні агрокліматичні показники умов зростання, розвитку, перезимівлі рослин повинні відображати цей зв'язок; для обліку та раціонального використання кліматичних ресурсів важливо дотримуватися відповідності класифікацій клімату класифікаціям сільськогосподарського виробництва, тобто класифікація клімату по теплозабезпеченості повинна бути адекватною класифікації культур за їхніми вимогами до тепла, класифікація продуктивності клімату - класифікації культур за їх продуктивністю і т. д.

Агрокліматичне районування повинно відображати існуючі природно-сільськогосподарські комплекси.

У нашій країні накопичена велика і багато в чому унікальна навчальна, наукова, довідкова та методична література, багатопланова статистична інформація з питань обліку погоди і клімату в сільському господарстві. Важливо вміло і конструктивно використовувати наявний інформаційний багаж.

Водні ресурси. Значення води на всіх стадіях виробництва сільськогосподарської продукції загальновідомо.

Запобігти виснаженню і забрудненню водних ресурсів покликані екологізація промислового і сільськогосподарського виробництва і міського господарства, очищення природних і стічних вод, меліоративні заходи.

Для екологізації виробництва слід: розміщувати нові об'єкти відповідно з існуючими водними ресурсами і допустимими екологічними навантаженнями на природне середовище (в тому числі на перспективу); скорочувати питоме водоспоживання; переходити до систем оборотного водопостачання та послідовного використання води в межах одного підприємства; використовувати відпрацьовані води для потреб інших підприємств; удосконалювати технологію виробництва (заміна водяного охолодження випарним і повітряним); впроваджувати окремі системи очищення стічних вод; добувати цінні складові з відходів виробництва та стічних вод; застосовувати заходи економічного впливу (вводити плату за споживану воду і за ту, що скидається).

Особливе місце в запобіганні виснаження і забруднення природних вод належить меліоративним заходам. Здійснення більшості з них вимагає значних коштів і часу. При проведенні меліорації необхідно досконало знати всі природні процеси і ступінь їх мінливості в залежності від видів і масштабів антропогенного впливу.

До найважливіших меліоративних заходів відносять: розміщення посівів культур з урахуванням водозабезпеченості річкових басейнів, областей і районів; оптимізацію використання добрив і пестицидів для запобігання забруднення поверхневих і підземних вод (особливо на знову освоєваних землях); скорочення зрошувальних і поливних норм; зменшення втрат води на фільтрацію, випаровування і непродуктивних скидів; впровадження найбільш прогресивних способів зволоження ґрунтів; подальший розвиток осушувальних систем двосторонньої дії, а

також розробку і впровадження меліоративних систем двосторонньої дії з частково замкнутою циркуляцією води; запобігання пересушенню меліорованих територій, особливо торфовищ; поліпшення водоприймачів із здійсненням комплексу природоохоронних заходів; розвиток польдерних систем осушення; проведення заходів з охорони малих річок, в тому числі підтримку в них необхідних санітарних витрат і забезпечення самоочисної здатності; раціональне використання водосховищ і підтримання в них належної якості води, багатоцільове використання мілководдя; здійснення комплексної програми по боротьбі з шкідливою дією вод (повені, селеві потоки, зсуви, переробка берегів, водна ерозія і т.д.); збереження ґрунтового покриву і його рекультивація на об'єктах меліоративного будівництва; створення комплексних меліоративних систем з урахуванням інтересів водопостачання, рибництва, рекреації і т. п., а також систем, що забезпечують утилізацію міжгалузевих відходів виробництва; проведення лісоохоронних заходів, спрямованих на кількісне і якісне регулювання водних ресурсів.

Земельні і ґрунтові ресурси. Земельно-ґрунтові ресурси нашої країни характеризуються вкрай неблагополучним станом. Рік від року зменшується їх якість, що викликано вилученням земель, порушеннями земельних площ і ґрунтового покриву, вторинним засоленням, ерозією і дефляцією, опустелюванням і заболочуванням, втратами гумусу, а також антропогенним забрудненням.

На непорушених територіях ґрунтовий шар деградує через випадання забруднюючих речовин, які деформують спільноти ґрунтових організмів. В результаті змінюються структура ґрунту, склад речовин в ньому, погіршується здатність мінералізації органічних залишків і т. д.

Структура земельного фонду України. Розподіл земель за основними власниками землі та землекористувачами свідчить про переважання земель сільськогосподарських підприємств, які становлять 28,7 % території. Лісгосподарські підприємства займають 14,2 % (табл. 1.1). У власності й користуванні громадян перебувають 34,0 % загальної площі земель країни. Інші власники землі та землекористувачі становлять 23,1 %.

Загальна характеристика ґрунтового покриву України. Основа сталого та ефективного сільськогосподарського виробництва – раціональне використання ґрунтових ресурсів. В аграрному секторі економіки використовується 71 % від загальної площі земель України, в тому числі,

орних - понад 32,4 млн. га. Різноманітність кліматичних, орографічних, літогранулометричних та інших екологічних факторів обумовили формування строкатого ґрунтового покриву. За матеріалами великомасштабних досліджень 1957-1961 рр. виділено понад 800 видів ґрунтів. Ґрунтовий покрив України характеризується значною неоднорідністю в генетичному розумінні (табл. 1.2). *Дерново-підзолисті ґрунти* легкого гранулометричного складу – фонові для зони **Полісся**. Вони характеризуються незначною акумуляцією гумусу, слабкою насиченістю основами і кислою реакцією ґрунтового розчину. *Дернові оглеєні ґрунти* залягають на знижених малодренованих територіях і характеризуються підвищеною акумуляцією гумусу у верхньому горизонті – 2,0-5,0 % залежно від гранулометричного складу, та ознаками оглеєння в профілі за рахунок застою підґрунтових вод. *Дерново-карбонатні ґрунти* характеризуються розвинутим до 50-60 см профілем, переважно нейтральною реакцією ґрунтового середовища – рН водн. = 6,7-7,5, значним гумусонакопиченням – 2,2-3,7 % залежно від умісту фізичної глини.

Таблиця 1.1 – Структура земельного фонду України (Держгеокадастр, 2015)

Види основних земельних угідь та економічної діяльності	Площа земель по роках							
	2003		2005		2011		2014	
	Усього, тис. га	Щодо загальної	Усього, тис. га	Щодо загальної	Усього, тис. га	Щодо загальної	Усього, тис. га	Щодо загальної
Сільськогосподарські землі	43057,7	71,3	42985,8	71,2	42791,8	70,9	42776,8	70,9
Ліси та інші лісовкриті площі	10413,5	17,2	10475,9	14,4	10601,1	17,6	10611,3	17,6
Забудовані землі	2456,3	4,1	2458,3	4,1	2512,5	4,2	2523,2	4,2
Відкриті землі	947,2	1,6	957,1	1,6	979,9	1,6	980,1	1,6
Води	1056,6	1,8	1056,6	1,7	1046,0	1,7	1040,6	1,7
Разом (територія України)	60354,8	100,0	60354,8	100,0	60354,8	100,0	60354,8	100,0

Світло-сірі та сірі лісові ґрунти залягають переважно в зоні **Лісостепу**. Мають гумусований до 45-55 см профіль з умістом гумусу в орному шарі 1,3-2,9 % залежно від гранулометричного складу та гідротермічних умов. Реакція ґрунтового розчину переважно кисла – рН сол. складає 4,8-6,1. Ступінь насиченості основами невисокий – в середньому

55-80 % з домінуванням катіонів кальцію. Гідролітична кислотність знаходиться в межах 2,0- 5,0 мекв/100 г. У підзоні з ГТК 1,48-1,84 ґрунти переважно поверхнево оглеєні, з підвищеною кислотністю. *Темно-сірі опідзолені ґрунти Лісостепу* характеризуються гумусованим на глибину 55-70 см профілем з умістом гумусу в орному (0-30 см) шарі від 2,0-2,5 % в легкосуглинкових різновидах до 3,0-3,5 % у важкосуглинкових. Запас гумусу в профілі складає 150-230 т/га. Реакція ґрунтового розчину переважно слабкокисла – рНсол. складає звичайно 5,5-6,5, гідролітична кислотність - в межах 2,0-4,2 мекв/100 г. Ступінь насиченості основами коливається в межах 75-90 %. *Чорноземи опідзолені* за параметрами властивостей подібні до темно-сірих опідзолених ґрунтів, проте відрізняються більшими гумусонакопиченням – на 15-30 % в орному (0-30 см) шарі й глибиною гумусованого профілю, яка сягає 70-115 см.

Таблиця 1.2 – Структура ґрунтового покриву України (Балюк та ін., 2010)

Ґрунт	Площа, тис. га	
	с.-г. угіддя	рілля
Дерново-підзолистий	2511,2	2209,9
Дерновий оглеєний	1674,2	691,0
Дерново-карбонатний	146,9	137,8
Сірий лісовий	2620,5	1985,6
Темно-сірий опідзолений	1952,0	1867,7
Чорнозем:		
опідзолений	2200,1	2048,0
типовий	7346,8	6997,8
звичайний	9250,0	7962,9
південний	3257,5	2993,8
інші	2844,2	1579,6
Темно-каштановий солонцюватий	1194,5	1090,3
Каштановий солонцюватий	100,9	79,8
Бурозем кислий	307,3	85,0
Буроземно-підзолистий кислий оглеєний	105,8	44,8
Лучно-буроземний кислий оглеєний	104,4	39,3
Коричневий	29,1	7,6
Лучно-чорноземний і лучний	2996,0	935,7
Лучно-каштановий солонцюватий	94,0	112,7
Лучно-болотний і болотний	729,7	115,4
Торфовища	595,8	100,8
Інші	1564,9	1387,9
Усього	41625,8	32473,4

Чорноземи типові Лісостепу характеризуються глибоким, добре гумусованим до 120-150 см профілем. Уміст гумусу в орному шарі (0-30 см) визначається гранулометричним складом і гідротермічними параметрами теплого періоду і становить від 2,5-3,5 % на легких суглинках до 5,5-6,0 % на важких суглинках і легких глинах. Відповідно, запас гумусу в профілі змінюється від 300-350 до 550-600 т/га. За гранулометричним складом чорноземи типові переважно середньосуглинкові (40 % площі), дещо менше поширені важкосуглинкові (35 %) та легкосуглинкові (25 %). Чорноземи типові характеризуються найвищою серед фонових ґрунтів Лісостепу ємністю поглинання – до 45 мекв/100 г на лесах важкого гранулометричного складу. Серед увібраних катіонів абсолютно домінує кальцій. Реакція ґрунтового розчину нейтральна – рНводн. складає зазвичай 6,7-7,3, гідролітична кислотність не перевищує 1-2 мекв/100 г.

Чорноземи звичайні становлять основний фон ґрунтового покриву в зоні **Степу Північного**. Їхні властивості визначаються гідротермічними особливостями та гранулометричним складом. У північній недостатньо зволоженій підзоні Степу з ГТК за травень-вересень 0,83-0,89 сформувались чорноземи звичайні глибокі з гумусованим до 100-130 см профілем. За гранулометричним складом вони переважно важкосуглинкові і легкоглинисті, вміст гумусу в орному (0-30 см) шарі становить 4,5-5,5 %, а його запас у профілі - 400-550 т/га. Чорноземи звичайні північно-центральної помірно посушливої підзони характеризуються розвинутим до 80-100 см профілем з умістом гумусу в орному (0-30 см) шарі 4,0-4,8 % та його запасом у профілі 330-420 т/га. У середньоглинистих чорноземах звичайних цієї підзони глибина профілю зменшується до 70-80 см, а вміст гумусу, навпаки, зростає до 5,3-5,7 %, внаслідок чого його запас сягає 480 т/га.

У південно-центральної посушливої підзони з ГТК 0,68-0,75 сформувались чорноземи звичайні переважно важкосуглинкові з профілем 65-85 см, за винятком Приазов'я, де за рахунок збільшення до 180–200 мм кількості опадів у холодний період глибина профілю досягає 100 см. Уміст гумусу переважно в межах 3,5-4,5 %, а його запас у профілі – 270- 340 т/га.

Для чорноземів зони **Степу Південного** з ГТК 0,61-0,67 властивий профіль глибиною 50-70 см. Уміст гумусу за важкосуглинкового гранулометричного складу становить 3,0- 3,5 %, а його запас у профілі – 200-250 т/га. Спільною особливістю чорноземів звичайних і південних Степу є сприятливі воднофізичні та фізико-хімічні властивості. Висока

насиченість ґрунтів кальцієм обумовлює близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища.

Лучно-чорноземні та лучні ґрунти залягають серед масивів чорноземів **Лісостепу** та **Степу** в зниженнях рельєфу. Внаслідок неглибокого рівня підґрунтових вод – відповідно 2- 4 м і 1,5-3 м – характеризуються кращою вологозабезпеченістю, за рахунок чого параметри гумусонакопичення в них на 20-40 % вищі порівняно з чорноземами. В умовах високої мінералізації підґрунтових вод формуються солонцювато-засолені види цих ґрунтів, часто в комплексі з солонцями лучними, що ускладнює їх використання. У засолених ґрунтах серед солей переважають хлориди і сульфати кальцію, магнію за значної участі натрію, а в Середньому Придніпров'ї зустрічається сода. Реакція ґрунтового розчину в незасолених ґрунтах нейтральна, солонцювато-засолених – лужна, рН складає 8-9.

Темно-каштанові і каштанові солонцюваті ґрунти становлять фон ґрунтового покриву в **Сухому Степу**. Гумусований профіль темно-каштанових ґрунтів складає за важкосуглинкового і легкоглинистого гранулометричного складу 55-70 см, легкосуглинкового – 70-80 см, каштанових – відповідно 45-65 і 60-75 см. Уміст гумусу за важкосуглинкового складу становить в орному (0-30 см) шарі темно-каштанових ґрунтів 2,3- 2,8 %, каштанових – 1,8-2,2 %, за легкоглинистого – відповідно 2,8-3,3 і 2,3-2,6 %. Запас гумусу в профілі досягає в темно-каштанових важкосуглинкових ґрунтах 190-210 т/га, каштанових – 130-150 т/га.

Різноманітність ґрунтів за генезисом, гранулометриєю і зволоженням обумовлює строкатість земельних ресурсів за властивостями і родючістю. В умовах використання ґрунтів без внесення добрив параметри їхньої природної родючості найменші у дернових опідзолених ґрунтів на пісках (7-9 ц/га за пшеницею озимою після зайнятого пару), найвищі – у темно-сірих опідзолених ґрунтів, чорноземів опідзолених та чорноземів типових важкосуглинкових (34-38 ц/га). За внесення оптимальних доз добрив параметри родючості зростають на 10-30 % для ґрунтів Сухого Степу та Південного Степу, 30-50 % – Лісостепу, до 100-200 % – на ґрунтах Полісся, до 300 % – на поверхнево-оглеєних ясно-сірих лісових ґрунтах Передкарпаття (табл. 1.3). Аналогічні закономірності зміни родючості та ефективності добрив знайдено також стосовно інших культур. Реалізація вказаних рівнів родючості можлива лише за умови високої культури

землеробства, атрибутом якої є впровадження досягнень агрохімічної науки. Розрахунки показують, що за рахунок природної родючості ґрунтів щорічно можливо зібрати 41,7 млн. т. зернових і зернобобових, а за внесення добрив в оптимальних обсягах – 64,2 млн. тон.

В Україні, залежно від регіону, до 30-60 % земель знаходиться на схилах. Погіршені умови ґрунтоутворення на них унаслідок акумуляції водного режиму знаходять відображення як у формуванні різних за параметрами профілю ґрунтів, так і суттєвому – на 15-50 %, залежно від ступеню ксероморфності, зниженні їхньої родючості. Крім цього, для них є характерним епізодичний розвиток ерозії, приуроченої до природної мікрорельєфної стокоскидної мережі у вигляді папілярів стоку. Реорганізація землевпорядкування в ході проведення земельної реформи призвела до збільшення кількості меж, доріг тощо, як штучних рубежів на шляху природного скидання поверхневого стоку, що обумовлює посилення водної ерозії.

За 40 років після закінчення великомасштабних обстежень земельних ресурсів 1957- 1961 р. ґрунтовий покрив зазнав змін. У зв'язку з цим оцінити реальний стан земельних ресурсів можливо лише за умови суцільного дослідження ґрунтового покриву. Україна запізнюється з вирішенням цього питання. Перехід до ринкових відносин, реформування аграрного сектору економіки та введення приватної власності на землю вимагають точної інформації про якісний склад земельних ресурсів для визначення їхніх агровиробничих можливостей, оцінки вартості, ведення податкової політики, моніторингу стану ґрунтів з метою недопущення їхньої деградації, підвищення ефективності виробництва шляхом впровадження адаптованих до ґрунтово-екологічних умов технологій землеробства тощо. На порядок денний постає питання про повторне великомасштабне дослідження ґрунтів України.

Природні біологічні ресурси. Для підтримки середовища проживання людини – забезпечення належної якості необхідних для його життя газового складу атмосфери, хімічного середовища, водного балансу, біологічної продуктивності та ін. – необхідне збереження генофонду всіх живих організмів. Живі організми служать джерелом задоволення потреб суспільства в продуктах харчування, одязі, лікарському і промисловій сировині, будівельних матеріалах і т.д. Відновлюваність ресурсів живої природи забезпечує принципову можливість (при розумній організації) нескінченного їх використання без виснаження.

Таблиця 1.3 – Природна та ефективна родючість ґрунтів України (Яцук та ін., 2015)

Зона, підзона	Урожайність сільськогосподарських культур, ц/га															
	озима пшениця		озиме жито		ячмінь		горох		кукурудза		кукурудза МВС		цукрові буряки		соняшник	
	1 ¹⁾	2 ²⁾	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Полісся	<u>20³⁾</u> 7-29 ⁴⁾	<u>34</u> 22-42	<u>22</u> 12-29	<u>35</u> 28-38	<u>15</u> 6-23	<u>31</u> 21-43	<u>18</u> 10-22	<u>30</u> 25-33	-	-	<u>165</u> 90-250	<u>375</u> 300-550	-	-	-	-
Закарпаття	<u>27</u> 26-28	<u>40</u> 38-43	-	-	<u>33</u> 28-36	<u>43</u> 40-50	<u>15⁵⁾</u> 13-18	<u>22⁵⁾</u> 20-25	<u>55</u> 45-60	<u>77</u> 65-90	<u>300</u> 250-350	<u>470</u> 450-520	-	-	-	-
Передкарпаття і Лісостеп вологий	<u>11</u> 10-16	<u>33</u> 30-37	-	-	<u>11</u> 10-15	<u>30</u> 28-35	-	-	-	-	<u>130</u> 100-150	<u>300</u> 200-430	-	-	-	-
Лісостеп північний	<u>34</u> 30-38	<u>45</u> 39-60	-	-	<u>27</u> 21-32	<u>38</u> 30-42	<u>21</u> 15-25	<u>27</u> 20-32	<u>44</u> 28-47	<u>53</u> 42-63	<u>300</u> 250-340	<u>410</u> 340-460	<u>285</u> 200-370	<u>450</u> 280-540	-	-
Лісостеп південний	<u>35</u> 31-38	<u>43</u> 38-45	-	-	<u>25</u> 23-27	<u>38</u> 36-42	<u>22</u> 18-26	<u>26</u> 22-30	<u>42</u> 35-44	<u>48</u> 40-56	<u>270</u> 250-310	<u>350</u> 320-430	<u>270</u> 210-300	<u>380</u> 330-400	<u>22</u> 19-24	<u>24</u> 20-27
Степ північний	<u>32</u> 26-39	<u>39</u> 31-45	-	-	<u>23</u> 20-24	<u>36</u> 30-39	<u>21</u> 20-22	<u>24</u> 23-25	<u>11</u> 35-45	<u>45</u> 40-50	<u>235</u> 190-260	<u>275</u> 230-300	<u>258</u> 230-290	<u>320</u> 300-350	<u>22</u> 19-25	<u>25</u> 22-26
Степ південний і сухий	<u>22</u> 18-25	<u>27</u> 21-32	-	-	<u>16</u> 13-18	<u>23</u> 19-26	<u>15</u> 13-17	<u>18</u> 16-20	<u>21</u> 11-26	<u>27</u> 16-33	<u>140</u> 90-160	<u>160</u> 110-190	-	-	<u>9</u> 8-11	<u>12</u> 11-14
Середня в Україні	28	38	-	-	21	33	19	24	36	43	225	300	275	400	17	20

Збереженню підлягають всі без винятку види і підвидові форми живих істот не тільки в якості незамінних частин механізму обміну речовиною і енергією в біосфері, а й як носії вже використаних або потенційно корисних для суспільства властивостей.

Величезне значення збереження генофонду живих організмів має для розвитку сільського господарства. Живі організми, забезпечуючи процеси обміну в біосфері, підтримують необхідні для сільськогосподарського виробництва умови – родючість ґрунтів, формування місцевого клімату, гідрологічний режим ґрунтів, регулюють чисельність шкідників.

Генофонд живих організмів служить вихідним матеріалом для введення в культуру і одомашнення нових форм і видів. Особливу цінність представляє фонд диких родичів культурних рослин. Рослинність земної кулі має в резерві багато цінних видів, які ще не використані людиною. Багато диких родичів культурних рослин не втратили значення для селекції. При схрещуванні з сортами культивованих рослин вони можуть дати початок більш життєздатним, врожайним, стійким до захворювань сортам. На земній кулі налічується близько 2000 видів безпосередніх диких родичів культурних рослин (тобто видів, що зустрічаються і в дикій природі, і в культурі). Серед них дикі родичі наших зернових, бобових, ягідних, плодових, горіхоплідних, олійних, технічних, багатьох кормових та інших культур.

Наприклад, існує 43 диких виду груші, 26 видів вишні і 26 - смородини, 24 - люцерни, 19 - конюшини, 18 - цибулі і 18 - яблуні, 9 - жита, 8 - пшениці і 8 - капусти, 6 - вівса і 6 - буряка, по 5 - абрикоса і винограду, 5 - вики, гороху і проса, 4 - редьки, 3 - ячменю і сочевиці і т.д. Більшість видів дикорослих родичів культурних рослин відносяться до сімейств Трояндові, Бобові та Злакові.

Особливу увагу необхідно приділяти охороні генофонду диких родичів культурних рослин і тварин. Для охорони генофонду застосовують різні методи: оголошення виду, що він знаходиться під охороною (заборона або суворе обмеження використання); утримання в розплідниках різного типу; збереження насіння і тканин в спеціальних сховищах; розселення за межі природного ареалу; взяття під охорону окремих екземплярів (генотипів).

Однак, ці методи не гарантують безстрокового збереження спадкоємного матеріалу. Перенесення в нові умови (розплідники, розселення) веде до втрати специфічності в зв'язку з адаптацією до нових умов. Насіння не всіх видів зберігають життєздатність при тривалому зберіганні. Крім того, якщо розраховувати на тривалу перспективу, то рослини, які вирощені з насіння,

зібраних багато років назад і пересівалися на одному агрофоні, можуть виявитися непристосованими до нових умов.

Єдиний метод, який гарантує безстрокове збереження генофонду, - збереження живих організмів в їх природному середовищі існування, тобто в заповідниках. В даному випадку зберігається вся система взаємозв'язків популяції виду з умовами її проживання. При цьому зберігаються специфічні властивості того чи іншого організму, які і є тим цінним для суспільства, що необхідно зберегти. Саме заради збереження специфічних особливостей окремих видів і форм, корисних для суспільства, і здійснюється охорона генофонду.

Основні причини втрати генофонду: пряме знищення, руйнування і знищення місць проживання, фізико-хімічне забруднення, генетичне забруднення, інтродукція чужих організмів.

Грамотне комплексне використання природно-ресурсного потенціалу сільського господарства – найважливіша передумова його екологізації. При цьому необхідні відповідне матеріально-технічне забезпечення, організація певної виробничої і соціальної інфраструктури. Наприклад, в Канаді в другій половині 80-х рр. XX ст. дотація з бюджету становила 96,7% фермерської ціни на молоко, а в США бюджетні асигнування сільському господарству рівні приблизно половині витрат населення на продукти харчування (близько 200 доларів США в місяць на людину).

1.2 Ресурсні цикли

При розгляді біосферних проблем основну увагу зазвичай звертають на дослідження переважно природних систем і процесів (природних і штучних), що в них відбуваються, а також на їх наслідки для людства. Діяльність же людини в зв'язку з цим розглядається переважно в формі зовнішнього впливу. Тим часом для досягнення необхідної збалансованості в розвитку природи і суспільства необхідно досліджувати характер і спрямованість взаємодії між цими специфічними різноякісними системами, які все більш глибоко проникають одна в одну.

При всьому різноманітті форм і сторін взаємодії природи і суспільства очолююча роль серед них належить процесу обміну речовин, який пов'язує людину з навколишнім природним середовищем. Оскільки людина в цій взаємодії виступає не просто як біологічна особа, а завжди як член суспільства, то і процес обміну речовин набуває форми взаємодії між

природою і суспільством. Очевидно, що зі становленням і розвитком суспільства пов'язано не просто поява ще однієї гілки біологічного кругообігу, а формування специфічної суспільної ланки в загальному круговороті речовин на Землі. Мова йде саме про ланку загального кругообігу, так як люди, витягуючи з природного середовища необхідні речовини і надаючи їм придатну для споживання форму, повертають їх в природу в тому чи іншому трансформованому (іноді радикально) вигляді і, як правило, не в місця колишньої локалізації, а в зовсім інші. Утримується лише частина отриманого природного матеріалу у вигляді знарядь праці або багаторазового використання оборотного фонду (лом металів, оборотна вода і т.п.). «Продукти повернення», які властиві різним стадіям різноманітних виробничих процесів, і є по суті речовинами, що забруднюють навколишнє природне середовище.

Поняття «ресурсний цикл» і види ресурсних циклів. Обмін речовин між суспільством і природою носить добре виражений характер поліциклічного процесу. Сумарний потік можна розчленувати на окремі ресурсні цикли.

Ресурсний цикл – це сукупність перетворень і просторових переміщень певної речовини (або групи речовин), що відбуваються на всіх етапах використання його людиною (включаючи виявлення, підготовку до експлуатації, вилучення з природного середовища, переробку, споживання, повернення в природу), що протікають в рамках громадської ланки загального кругообігу даної речовини (або речовин) на Землі. Ресурсні цикли розрізняються по виду головної речовини, що бере в них участь, або поєднання речовин. Причому кожен цикл зазвичай «обростає» низкою супутніх і побічних підциклів, які розвиваються на базі різнобічного використання основного ресурсу та додатково втягуються в господарський оборот первинних природних матеріалів. Слово «цикл» має на увазі замкнутість процесу. У природі, як відомо, всі речовини циркулюють в замкнутих біогеохімічних циклах. Ресурсний же цикл, який називають ще й «антропогенним круговоротом речовини», фактично не замкнутий; на кожному його етапі неминучі втрати.

Розрізняють 6 основних ресурсних циклів з підциклами: цикл енергоресурсів і енергії з енергохімічним і гідроенергетичним підциклами; цикл металорудних ресурсів і металів з коксохімічним підциклом; цикл неметалевої викопної сировини з групою підциклів – гірничо-хімічних, мінеральних будматеріалів, особливо цінних і рідкісних нерудних корисних

копалин; цикл лісових ресурсів і лісоматеріалів з лісохімічним підциклом; цикл ґрунтових і кліматичних ресурсів та сільськогосподарської сировини; цикл ресурсів фауни і флори з серією підциклів, що формуються на базі біологічних ресурсів, вод, ресурсів мисливського господарства та корисних дикоростучих рослин.

Серед перерахованих ресурсних циклів найважливіше місце належить циклу ґрунтових і кліматичних ресурсів та сільськогосподарської сировини, який забезпечує життя людини як біологічного виду, поставляючи продукти землеробства і тваринництва (з ув'язненою в їх органічній речовині енергією). Почасти ресурси, необхідні людині як соціальній істоті. Це один з найдавніших за часом виникнення циклів. Характерною особливістю цього циклу є перетворення залучених в результаті діяльності людини речовин і енергії вже на початкових стадіях, ще в рамках природних екосистем (які стали тепер в тій чи іншій мірі антропогенними), в форму, придатну для подальшого засвоєння.

Функціонування цього та інших циклів (лісових ресурсів, фауни і флори), які базуються на відновлюваних природних ресурсах, здійснюється при низькому коефіцієнті корисного використання первинних речовин і енергії. У всьому світі тільки 2...3% фіто-біомаси, що продукується щорічно шляхом фотосинтезу на суші, використовується людиною. З усієї біомаси, одержуваної на полях і пасовищах, в харчових цілях люди споживають лише близько 9%.

Ресурсний цикл ґрунтово-кліматичних ресурсів та сільськогосподарської сировини може бути істотно інтенсифікований шляхом підвищення коефіцієнта корисного використання речовин і енергії, що беруть участь в ньому, в тому числі водних ресурсів і енергії Сонця. Інтенсифікація може бути здійснена за рахунок залучення в цей круговорот нових кількостей поживних речовин та інших елементів, більш продуктивних рослин і тварин, максимального врахування специфіки географічного середовища та ін. По суті, екологізація сільського господарства і спрямована на оптимізацію циклу ґрунтово-кліматичних ресурсів та сільськогосподарської сировини.

Ефективність використання природних ресурсів. Удосконалювати прийоми освоєння природно-ресурсного потенціалу – значить підвищувати ефективність використання природних ресурсів по всьому ланцюгу, що з'єднує природні ресурси, продукцію, одержувану на їх основі, і кінцеві стадії технологічних процесів, пов'язаних з перетворенням природної

речовини. Важливий показник ефективності – є природоємність. На макрорівні, тобто на рівні всієї економіки, природоємність (E_m) розраховують, як відношення витрат використаних природних ресурсів або ресурсу (P) до валового внутрішнього продукту (ВВП) або національного доходу (НД):

$$E_m = P / \text{ВВП} \quad (1.1)$$

Витрати природних ресурсів (ресурсу) на одиницю валового внутрішнього продукту (національного доходу) можна виражати у вартісній (грн/грн.) або в натурально-вартісній формі (т/грн. і т. д.).

На галузевому рівні природоємність (E_0) розраховують, як витрати природного ресурсу (P) на одиницю кінцевої продукції (D), виробленої при використанні цього ресурсу

Приклад: кількість землі, необхідної для отримання 1 т зерна; кількість деревини, необхідної для виробництва 1 т паперу, та ін.:

$$E_0 = P / D \quad (1.2)$$

Чим менше природоємність, тим ефективніше процес перетворення природної речовини в продукцію, менше відходи і забруднення. Показник природної ресурсовіддачі (O), зворотний коефіцієнт природоємності:

$$O = D / P. \quad (1.3)$$

Природоємність і природну ресурсовіддачу можна розраховувати на рівні підприємств, фірм, концернів і т.д.

Ріст природоємності в першу чергу проявляється в дефіциті природних ресурсів. В результаті доводиться додатково залучати в виробничий процес нові природні ресурси (екстенсивне розширення природної бази економіки).

Крім того, обмеженість в можливостях залучення нових ресурсів, характерна для більшості галузей і регіонів країни, викликає різке зростання навантаження на ресурси, що знаходяться у використанні. Частим наслідком цього в умовах екстенсивного розвитку при збереженні технологічного рівня стають поступове виснаження і деградація ресурсів, що ще більше загострює

економічну і екологічну ситуацію. Найважливіше завдання - зниження природоємкості, її мінімізація:

$$E \rightarrow \min. \quad (1.4)$$

Для зменшення природоємкості, з одного боку, слід скорочувати або стабілізувати споживання природних ресурсів, а з іншого – збільшувати випуск продукції за рахунок вдосконалення технологій, впровадження маловідходного і ресурсозберігаючого виробництва, використання вторинних ресурсів і відходів. Таким чином повинен формуватися природозберігаючий вид діяльності. У нашій країні витрати природних ресурсів надмірно великі. Як свідчить досвід розвинених країн, природоємкість може бути істотно знижена.

Поряд з розглянутими представляють інтерес і інші показники. Екологоємкість(E) – рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище (H_n) в розрахунку на одиницю корисної продукції або послуги (Π_n), отриманої за допомогою даного процесу:

$$E = H_n / \Pi_n. \quad (1.5)$$

Ресурсоємкість процесу – витрата енергії, води, повітря, земельних та інших природних ресурсів (P_n) в розрахунку на одиницю корисної продукції або послуги, що отримується на основі даного процесу:

$$M = P_n / \Pi_n. \quad (1.6)$$

За змістом ресурсоємкість близька до галузевої (продуктової) природоємкості.

Коефіцієнт екологічності об'єкта представляє собою відношення чисто корисного ефекту ($\Pi_n - H_n$) до витрачених природних ресурсів:

$$K_e = \frac{\Pi_n - H_n}{P_n}. \quad (1.7)$$

Коефіцієнт екологічності при матеріально-енергетичному підході до визначення параметрів екологічної ефективності характеризує ступінь

замкнутості даного технічного процесу. Так, при $K_e \leq 1,0$ відбувається руйнування природного потенціалу без будь-якого корисного ефекту.

1.3 Кадастри

Необхідні умови науково обґрунтованого освоєння природно-ресурсного потенціалу, раціонального використання природних ресурсів – наявність всебічної інформації. Джерелом такої інформації служать кадастри.

Кадастр – систематизований звід відомостей, кількісних і якісних, який характеризує певний вид природних ресурсів або явищ, в ряді випадків з їх економічною або соціально-економічною характеристикою і оцінкою змін під впливом перетворюючої діяльності людини, з рекомендаціями щодо раціоналізації використання ресурсів і необхідних заходів їх охорони.

Земельний кадастр – звід відомостей про природний, господарський і правовий стан земель. Ведеться за єдиною системою. Включає дані реєстрації землекористування, обліку кількості та якості земель, бонітування ґрунтів і економічної оцінки земель. Наведені дані необхідні для організації ефективного використання та охорони земель, прогнозування змін кількісного та якісного стану земельних ресурсів, планування, розміщення і спеціалізації сільського господарства, меліорації земель і вирішення інших господарських завдань.

Водний кадастр – систематизований звід відомостей про водні ресурси країни. Містить дані обліку вод за кількісними і якісними показниками, їх споживання і використання. Складається по регіонах або басейнах. Матеріали його використовуються при плануванні, проектуванні та управлінні об'єктами водного господарства, знаходять широке застосування в прогнозуванні змін і практиці охорони водних ресурсів.

Лісовий кадастр – систематизований звід достовірних відомостей про природний, господарський і правовий стан лісів. Він містить дані обліку лісового фонду за кількісними та якісними показниками, включаючи прямі і побічні користування. Ці матеріали необхідні при плануванні та організації раціонального лісокористування, при проведенні інших господарських заходів, пов'язаних з використанням лісів і земель лісового фонду, знаходять широке застосування в прогнозуванні змін і практиці охорони лісових ресурсів.

Промисловий кадастр – звід даних про ті чи інші об'єкти промислу, що містить їх якісну і кількісну характеристику, відомості про динаміку відновлення, допустимі норми вилучення і т.п. Складають кадастри мисливських, рибних ресурсів і т.п.

Детеріораційний кадастр – звід відомостей про погіршення складу і стану навколишнього природного середовища (рівнях і джерелах забруднення атмосфери, вод і ґрунтів, порушених землях, інших негативних змінах, що виникли в природі). Складається по регіонах. Вміщені в кадастр матеріали особливо цінні для розробки заходів по раціоналізації використання природних ресурсів, оптимізації втручання в природне середовище, визначення кола необхідних природоохоронних заходів і шляхів поліпшення якості навколишнього середовища.

Відповідно до Державної цільової науково-технічної комплексної програми «Кадастри природних ресурсів» формуються комплексні територіальні кадастри природних ресурсів (КТКПР). У такій кадастр входить, по-перше, банк територіально-організованих даних про природно-ресурсний потенціал конкретної адміністративної одиниці і про екологічну ситуацію (в заданий момент часу) і, по-друге, автоматизована система зіставлення цих даних для прийняття управлінських рішень в сфері природокористування (форми користування, обмеження, плата за ресурси, податки і ін.). Виходячи з функцій, які виконуються КТКПР, його структуру можна представити у вигляді наступних умовних блоків:

1. Блок кількісної та якісної оцінки, в якому показані натурально-речовий склад кожного природного ресурсу і його кількість за відповідними категоріями якості, а також динаміка використання ресурсу по контурах.

2. Блок адресно-правовий. У ньому міститься інформація про структуру розміщення ресурсів, статус і про суб'єктів володіння, розпорядження та користування природним ресурсом (об'єктом).

3. Блок оцінки стану навколишнього середовища, в якому показані динаміка екологічної обстановки всередині регіону, її зв'язок з використанням природних ресурсів, а також якісні і кількісні параметри стану різних природних ресурсів. Іншими словами, показані екологічні обмежувачі використання кожного природного ресурсу.

4. Блок оцінки стану навколишнього середовища, в якому показані динаміка екологічної обстановки всередині регіону, її зв'язок з використанням природних ресурсів, а також якісні і кількісні параметри стану різних природних ресурсів. Іншими словами, показані екологічні

обмежувачі використання кожного природного ресурсу.

5.Зведений блок соціально-економічної оцінки природно-ресурсного потенціалу території з критеріями вибору варіантів його використання і формування сценаріїв розвитку екологічної ситуації в залежності від обраних варіантів.

Ведення комплексних територіальних кадастрів природних ресурсів здійснюється на комп'ютерній основі. Територіальна орієнтація кадастрових робіт пов'язана зі значним розширенням обсягу аерокосмічних і картографічних відомостей. Важливо також адаптувати розроблювану кадастрову інформацію до вимог геоінформаційних технологій.

1.4 Гострота продовольчої проблеми

У всі часи забезпечення людей продуктами харчування залишалося найважливішим завданням постійно зростаючого населення Землі. І хоча виробництво продовольства в світі неупинно збільшується, ця проблема залишається гострою в багатьох країнах.

Зростання населення планети, з одного боку, викликає необхідність в значному збільшенні кількості продуктів харчування, з іншого – посилює антропогенний тиск на природні екосистеми.

Сільськогосподарська діяльність людини – найдавніша форма використання природних ресурсів. У своєму прагненні взяти від цих ресурсів якомога більше для забезпечення зростаючих потреб суспільства людина в процесі сільськогосподарського виробництва все енергійніше вторгається в складену тисячоліттями екологічну рівновагу в природі. XX століття ознаменувалося різким прискоренням і посиленням такого вторгнення: вирубка лісів, стрімке збільшення площ розораних територій, перевипасання, будівництво гігантських гідротехнічних споруд, що змінюють екологічні умови існування біоти, зростаючі обсяги застосування хімічних засобів в рослинництві (добрива, пестициди)тощо. Внаслідок отримали розвиток процеси деградації ґрунтового та рослинного покривів, забруднення повітря, ґрунту, водойм, опустелювання, скорочення біологічного різноманіття на Землі та ін. Людство в своїй господарській діяльності вийшло на глобальний рівень впливу на біосферу.

Незважаючи на деяке збільшення виробництва продуктів харчування в розрахунку на душу населення в цілому на Землі, в багатьох країнах сотні мільйонів людей недоїдають і сотні тисяч гинуть від голоду. У матеріалах

Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992) наводяться дані про те, що в світі живе 1,1 млрд людей, дохід яких становить менше 1 долара США в день.

У той же час модель національного розвитку, яка призвела до нинішнього добробуту розвинені країни, була визнана на конференції згубною для планети.

У різних регіонах земної кулі умови для життя людей складаються неоднаково, оскільки історично сформувалися ґрунтово-кліматичні зони і висотні пояси в горах мають різні можливості для продукційного процесу рослин і виробництва біологічної продукції. Отримання необхідної кількості продовольства залежить від сформованих ґрунтово-кліматичних і погодних умов, технологій виробництва продуктів харчування і прийнятих в кожній країні соціально-економічної і політичної систем їх розподілу. Природні умови конкретних територій в формі ресурсів сонячної енергії, тепла, вологи, земельних угідь складають першооснову процесу формування органічної речовини, частину якої люди використовують у вигляді продуктів харчування.

Населення земної кулі. Чисельність населення земної кулі систематично зростає, темпи його зростання збільшуються (табл. 1.4).

В період 1965-1970 рр. темп зростання населення Землі досяг безпрецедентного в історії піку – 2,1% на рік. Фахівці-демографи пов'язують це з успіхами охорони здоров'я, поліпшенням санітарно-гігієнічних умов життя в країнах, що розвиваються, відсутністю в ці роки великих військових конфліктів. Наслідками стали зниження смертності та збільшення тривалості життя людей.

Таблиця 1.4 – Населення земної кулі (ВааЛе, 1968)

Період	Ріст, млн. осіб	Час подвоєння чисельності, роки
7000-4500 до н. е.	з 10 до 20	2500
4500-2500 до н. е.	з 20 до 40	2000
2500-1000 до н. е.	з 40 до 80	1500
1000-0 до н. е.	з 80 до 160	1000
0-900 н.е.	з 160 до 320	900
900-1700	з 320 до 600	800
1700-1850	з 600 до 1200	150
1850-1950	з 1200 до 2500	100
1950-1990	з 2500 до 5000	40

У 1982 році населення планети збільшувалося з середньою швидкістю 146 осіб на хвилину, або 210 тис. В день, або 77 млн в рік. У 1986 р загальна чисельність людей на Землі досягла 5 млрд чоловік, в 1993 р - 5,5 млрд. У 90-і рр. темп приросту населення на планеті знизився до 1,7% на рік.

У 1990 році більшість людей в країнах світу ще жило в сільській місцевості. За даними ФАО, в 70-і рр. помітно посилювався процес скорочення сільського населення за рахунок постійно зростаючого переміщення людей в міста: в країнах Азії в середньому 0,8% на рік, в Африці – 0,7, в Європі – 0,6, в країнах Північної і Центральної Америки – по 0,2%. На початку ХХІ ст. зростання міського населення в світі складе в середньому 1,6% на рік. До 2030 року, за розрахунками, міське населення в світі буде в 2 рази перевищувати за чисельністю сільське.

До 2100 року населення країн Африканського континенту збільшиться в порівнянні з 1985 р в 6 разів, країн Південної Азії - в 3,5 рази, Латинської Америки - в 3,2 рази, Північної Америки - в 1,3 рази, Європи - в 1,1 рази (Ковда, 1971). Однак темпи зростання світового населення в середньому будуть знижуватися з 1,7% в 1990 році до приблизно 1% в 2030. Чисельність людей на планеті до 2050 р стабілізується на рівні 12,5 млрд людей, причому близько 95% приросту населення буде відбуватися за рахунок країн, що розвиваються. Зниження темпів зростання населення планети фахівці пов'язують зазвичай з об'єктивними причинами: зростанням загальнолюдської культури, зростанням частки міських жителів, скороченням площі землі (в тому числі ріллі), що припадає в середньому на людину, якісним погіршенням навколишнього середовища, виснаженням копалин енергетичних ресурсів і епідеміями.

Причини нестачі продовольства. Проблеми забезпечення людей продуктами харчування пов'язані не тільки з ресурсами біосфери, історично сформованими на тих чи інших територіях, а й тісно переплітаються з соціальними і політичними умовами кожної конкретної країни. Останні значною мірою визначають розвиток продуктивних сил і виробничих відносин, рівень науково-технічного прогресу, обсяг і якість продукції, що випускається, а також характер її розподілу між членами суспільства.

За умов рівномірного розподілу між людьми земельних ресурсів планети на кожного жителя довелося б по 3 га, а валовий збір всіх зернових культур в світі дав би можливість повністю забезпечити біологічні потреби людини в їжі.

Однак, резерви орних земель вичерпуються, освоєння нових земель стримується несприятливими для рослинництва природними умовами (наприклад, на сибірських рівнинах через вплив вічної мерзлоти, в пампасах Південної Америки через посушливості клімату, в деяких регіонах світу через дуже пересічений гірський рельєф і т. д.).

У 80-х рр. стала скорочуватися і площа зрошуваних земель в світі в розрахунку на одну людину: з 0,053 га в 1980 році до 0,049 га в 1990 році. Фактичні відмінності в рівні харчування людей на Землі дуже великі (табл. 1.8); більше 1 млрд людей як і раніше живуть в умовах запеклої злиднів, а сотні мільйонів голодують.

В середньому за 1995-1997 рр. енергетична цінність добового раціону населення України становила 2228 ккал (з них тваринного походження – 664 ккал); в середньому українець споживав 58 г білків, 75 г жирів і 327 г вуглеводів в день (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Харчування в різних регіонах світу (Черников та ін., 2000)

Регіон	Споживання на душу населення в день	
	продуктів в цілому	білка
Азія	$\frac{2244}{161}$	$\frac{55,3}{9,6}$
Африка	$\frac{2238}{171}$	$\frac{56,8}{12,2}$
Західна Європа	$\frac{3327}{1042}$	$\frac{95,2}{51,8}$
США	$\frac{3514}{1301}$	$\frac{105}{71,0}$
Південна Америка	$\frac{2541}{453}$	$\frac{65,5}{27,9}$

Примітка. В чисельнику – загальна кількість продуктів і білка, в знаменнику – те саме тваринного походження.

З 1990 по 2030 роки населення світу збільшиться на 3,7 млрд чоловік, що потребує подвоїти виробництво продовольства, в 3 рази збільшити випуск промислової продукції і вироблення енергії. Витрати енергії на одиницю виробленої сільськогосподарської продукції (добрива, вода, електроенергія, паливо для сільськогосподарських агрегатів і т.д.) за останні

15...20 років XX ст. зросли в 10...15 разів, у той час як врожайність збільшилася всього на 20...35%.

Виробництво зерна в світі (табл. 1.6) з 1950 по 1990 р збільшилось більш ніж в 2,6 рази, середня врожайність основних зернових культур (пшениці, кукурудзи, рису, жита, ячменю, сої, проса і сорго) також зросла, але темпи її зростання сповільнилися. Це зростання забезпечувався інтенсивним застосуванням добрив в поєднанні з розвитком іригації і досягненнями селекції сільськогосподарських культур, найбільш чуйних до зрошення і мінеральному підживленню. Однак, на думку фахівців, ефективність використання добрив в світі близька до своєї межі; крім того, сумарна площа, зайнята зерновими культурами, стабілізувалася на рівні середини 80-х рр.

Таблиця 1.6 – Виробництво зернових культур у Світі (Brown at al.,1994)

Показник	Роки								
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
Урожайність, т/га	1,06	1,18	1,28	1,34	1,58	1,77	1,96	2,19	2,40
Валовий збір, млн т	631	759	847	878	1055	1218	1408	1570	1665

За даними ФАО, зростання валових зборів зерна в світі до середини 70-х рр. XX століття на 75% забезпечувався за рахунок зростання врожайності сільськогосподарських культур і тільки на 25% завдяки розширенню посівних площ (ФАО, 1981). У наступні роки збільшення виробництва продуктів харчування забезпечувалося на 90% в результаті підвищення врожайності сільськогосподарських культур і лише на 10% в результаті розширення посівних площ. При цьому стало очевидно, що інтенсивна хімізація сільськогосподарського виробництва створює і нові екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням ґрунту, водойм, атмосфери (особливо в умовах застосування сільськогосподарської авіації), внаслідок чого знижується якість продуктів рослинництва і тваринництва.

Якщо за 1950-1990 рр. підвищилось забезпечення середнього жителя Землі зерном на 40%, то в подальшому виробництво зерна на душу населення стало падати. Значно скоротилися світові запаси зерна. Це призвело до підвищення цін на світовому ринку до початку 90-х рр. В результаті в країнах

Африки середнє споживання продуктів харчування (в розрахунку на душу населення) знизилося на 17%, в Латинській Америці - на 7%.

Зниження обсягів виробництва продуктів харчування для людей за останні роки пояснюється наступними причинами: скороченням придатних для виробництва зерна земель; нестачею прісної води для зрошення; зниженням ефективності мінеральних добрив; падінням вмісту гумусу в кореневмісному горизонті ґрунту; повільним розвитком нових сільськогосподарських технологій, в тому числі зі створення високоврожайних і невибагливих сортів; значним скороченням біологічних ресурсів океанів і морів; глибокою деформацією навколишнього середовища (забруднення, ерозія ґрунтів, опустелювання, аридизація клімату та ін.).

За підрахунками експертів, тільки через деградацію сільськогосподарського середовища, без урахування інших причин, щорічний недобір урожаю зернових культур становить 14 млн т.

Зниження валових зборів зернових культур відразу віддзеркалюється на продуктивності тваринництва, оскільки в середньому на виробництво 1 кг м'яса витрачається 6 ... 8 кг кормового зерна, а в усьому світі для відгодівлі худоби його витрачається понад 600 млн т.

Очевидно, що збільшення населення Землі, науково-технічний прогрес, економічні відмінності між країнами привели до поглиблення екологічної кризи на Землі: руйнування природної біоти, скорочення біорізноманіття, деградації екосистем, збільшення споживання поновлюваних і невідновлюваних ресурсів біосфери. Таким чином, на порозі ХХІ ст. людство зіткнулося з проблемами посилення деградації екосистем, що збільшують злиденність і нерівність між промислово розвиненими і країнами, що розвиваються.

Основні напрямки подолання екологічної кризи, поліпшення соціально-економічних умов життя людей. Серйозним міжнародним актом занепокоєності світової спільноти розвитком екологічної та соціально-економічної криз на Землі стала Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку, що відбулася в Ріо-де-Жанейро в 1992 році. Конференція чітко сформулювала головні тези – про єдність навколишнього середовища і соціально-економічного розвитку людської спільноти на Землі. Декларація, прийнята на конференції, містить головні принципи, на яких держави повинні засновувати свої майбутні рішення і політику, що стосуються наслідків соціально-економічного розвитку для навколишнього середовища.

«Порядок денний на ХХІ століття», розроблений на конференції представниками 179 держав світу, - це суперпрограма роботи для всього людства на наступне століття, програма всесвітнього співробітництва, спрямована на гармонійне досягнення двох цілей – високої якості навколишнього середовища і здорової економіки для всіх народів світу. Цю програму часто називають концепцією сталого і сприятливого розвитку.

Багато дослідників з різних країн світу намагаються розробити моделі, які висвітлюють можливі тенденції майбутнього соціально-економічного розвитку та екологічних наслідків як для окремих регіонів, так і для світу в цілому. Наприклад, Міжнародний інститут прикладного системного аналізу (МІПС) в 1985 р почав розробку проекту «Майбутнє довкілля в Європі» (на період до 2030 р). Зокрема, в цьому проекті автори наводять ймовірну динаміку сільського господарства в європейських країнах і на континенті в цілому (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Прогноз розвитку сільського господарства в Європі та її регіонах на період до 2030 р. (Лосєв та ін.,1993)

Регіони Європи	1980 р.			2000 р.			2030 р.		
	ПЗ	СП	У	ПЗ	СП	У	ПЗ	СП	У
Країни Скандинавії	3	10	3,3	2	9	4,5	2	10	5,0
Країни ЄС	27	120	4,5	18	98	5,4	13	82	6,3
Східна Європа і європейська частина к. СРСР	84	189	2,3	68	200	3,0	60	216	3,6
Австрія, Швейцарія	1	5	4,5	1	6	5,5	1	6	5,8
Албанія, Греція, Португалія, Іспанія	15	42	2,8	14	46	3,3	11	44	4,0
Європа в цілому	130	366	2,8	103	359	3,5	87	378	4,2

Примітка ПЗ – площа сільськогосподарських земель, млн га; СП – сумарна продукція, млн т; У – урожайність зернових, т/га.

Щорічний приріст врожайності зернових культур становив приблизно 1% до 2000 р.; передбачається, що в період 2000-2030 рр. з

сільськогосподарського обороту буде вилучено більше 40 млн га земель (3% площі, зайнятої посівами зернових в кінці 90-х рр.). У країнах ЄС це скорочення складе близько 50%. Все це станеться, на думку авторів проекту, за рахунок розвитку нових біотехнологій та інформаційних технологій, що зробить сільськогосподарські культури більш стійкими до захворювань і шкідників, до можливих змін клімату. Передбачено значне скорочення застосування всіх видів пестицидів і мінеральних добрив.

Життєдіяльність людини як біологічного виду пов'язана зі споживанням певної кількості енергії, одержуваної ним з продуктами харчування, і характеризується працездатністю і тривалістю життя. Фахівці виділяють три рівня життєдіяльності людини в залежності від кількості споживаної за добу енергії: оптимальний – 3500 ... 2500 ккал, недостатній – 2500 ... 1500 ккал, критичний – 1500 ... 1000 ккал.

В середньому при споживанні енергії менше 1000 ккал на добу тривалість життя людей становить 35...60 років, при споживанні понад 1500...2000 ккал на добу – 75 ... 80 років.

До групи основних продуктів, що забезпечують 90% калорійності харчування, входять молочні, м'ясні, хлібні вироби, а також картопля, жири, цукор. Найгострішою як і раніше залишається проблема дефіциту білка. Задоволення потреби людини в білку, потенційно придатному в їжу, відноситься до проблеми якості харчування. Медично обґрунтована добова норма споживання білка – 100 г, оптимальна річна норма – 35 кг, в тому числі 21 кг тваринного білка. Світове виробництво білка, за даними ФАО, за 18 років (з 1961 по 1978 рік) зросла з 177 до 262 млн т, в тому числі тваринного з 37 до 52 млн т. Виробництво тваринного білка в світі відстає від виробництва зернових на кілька років. Максимум його виробництва в середньому на одного жителя Землі був відзначений в 1988 році.

На Всесвітній зустрічі на вищому рівні з проблем продовольства (Рим, 1996) було відзначено, що в світі регулярно недоїдає 800 млн чоловік, в основному з країн, що розвиваються. На зустрічі, зокрема, зазначалося, що рівень сучасних наукових знань про погоду, клімат, водні ресурси і агрономії дозволяє в значній мірі вирішити проблему продовольчої безпеки переважної більшості країн світу. У Китаї, де проживає 22% населення Землі (понад 1,1 млрд чоловік), а частка орних земель складає всього 7% всієї ріллі в світі, стійко вирішується проблема харчування людей. Країна вийшла на перше місце по валовому

виробництву пшениці (100 млн т на рік). Цілком очевидно, що забезпечення продовольством людей все більше стає проблемою не тільки сільськогосподарської, а й торгової політики.

Продовольча безпека. За оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) практично кожний дев'ятий житель планети (795 млн людей у світі) потерпає від голоду. Резолюцією, прийнятою Генеральною асамблеєю ООН 25 вересня 2015 року, серед 17 цілей сталого розвитку на період до 2030 року на першому плані визначені завдання щодо подолання бідності й голоду, забезпечення продовольчої безпеки та здорового способу життя. Поліпшення харчування й сприяння сталому розвитку сільського господарства.

Продовольча безпека – це стан економіки, при якому гарантується забезпечення доступу всіх жителів країни і в будь-який час до продовольства в кількості, необхідній для активного і здорового життя. В середньому вважається, що держава не може гарантувати продовольчу безпеку населення, якщо сумарний імпорт продуктів перевищує 15%. Критичною межею продовольчої безпеки країни вважається 50%-ва частка імпорту продуктів, оскільки при припиненні імпорту споживання продуктів харчування населенням скоротиться вдвічі.

Показники індикатора достатності споживання основних для населення України продуктів харчування у 2016-2017 роках показують (рис.1.2) достатній чи майже достатній рівень забезпеченості населення України хлібопродуктами, яйцями, картоплею, овочами та баштанними. Певний дефіцит визначається щодо цукру й олії (І.Г. Кириленко з співавт., 2017). Разом із тим ці дані також переконують, що ситуація, яка складалася у 2013-2015 роках у частині забезпечення населення України м'ясними та молочними продуктами, а також плодами, ягодами, виноградом, рибою й рибопродуктами, продовжує суттєво погіршуватися, що є підтвердженням того, що населення України все більше потерпає від дефіциту білків, браку продуктів тваринного походження, а також рибної продукції, що є надзвичайно важливими для повноцінного харчування, а отже – для здоров'я нації.

Повноцінне, збалансоване по різним фізіологічним критеріям харчування людей в умовах наростаючого забруднення біосфери залежить не тільки від кількості продуктів, що споживаються, але і в значній мірі від їх якості. Здоров'я і добробут людей, надійне забезпечення їх продуктами харчування, соціально-економічний розвиток людської

спільноти, а також стан екосистем планети піддаються дедалі зростаючому ризику.

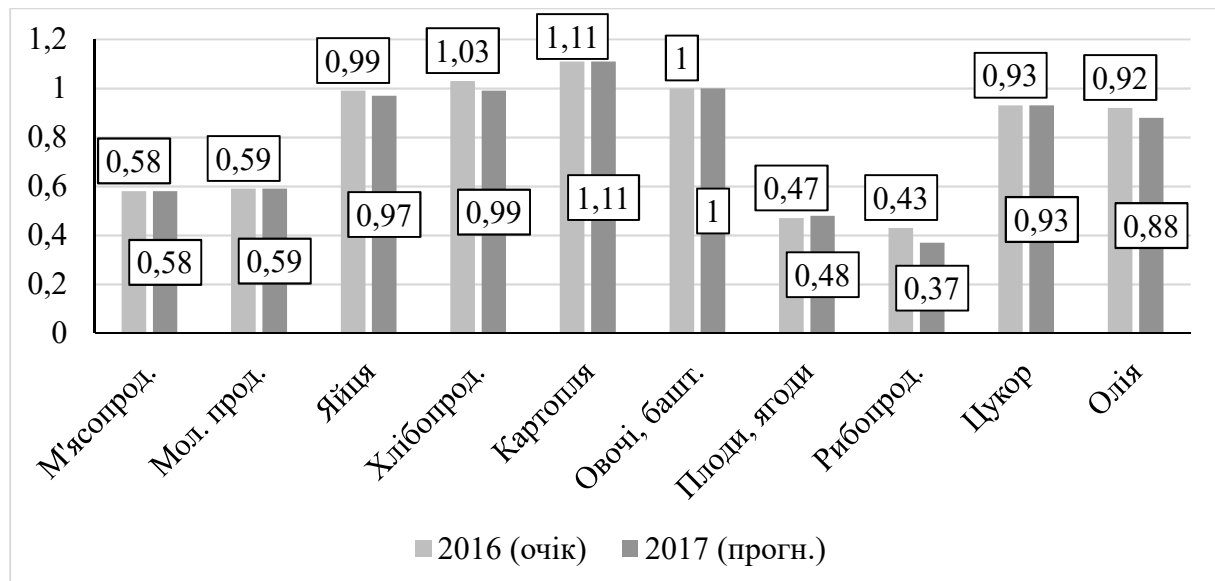


Рисунок 1.2 – Достатність споживання основних продуктів харчування в Україні у 2016 -2017 рр. (Кириленко та ін., 2017)

Вирішення екологічних проблем, особливо в умовах можливої глобальної зміни клімату, як і способи забезпечення сталого розвитку суспільства людей на національному, регіональному та світовому рівнях, залишаються актуальними завданнями для нинішнього і майбутніх поколінь людей на Землі.

Оцінка екологічної стабільності землекористування в межах регіонів України шляхом розрахунку коефіцієнта екологічної стабільності свідчить про те, що екологічна стабільність землекористування на території України все ще належить до стабільно нестійкої (К. ек. ст. становить 0,40). В межах регіонів України цей показник коливається від 0,71 в Закарпатській області до 0,27 в Запорізькій та Кіровоградських областях.

Крім того, тільки одна область є екологічно стабільною (Закарпатська обл.), а 6 перебувають у межі середньої стабільності (Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Чернівецька). Всі інші території області є стабільно нестійкими та екологічно нестабільними.

Коефіцієнт антропогенного навантаження (К.а.н.) характеризує ступінь впливу діяльності людини на стан довкілля, зокрема земельні ресурси. Високий ступінь антропогенного навантаження на земельні ресурси мають забудовані землі, промисловість, транспорт; значний ступінь

навантаження мають рілля, багаторічні насадження; середній ступінь антропогенного навантаження мають природні кормові угіддя (сінокоси, пасовища), залужені балки; незначний – лісосмуги, чагарники, ліси, болота, під водою; низький – мікрозаповідники. Так, загалом по країні антропогенне навантаження складає 3 та 4 бали і характеризується середнім та значним ступенем навантаження. Такий стан обумовлений високою розораністю території України.

Згідно з даними реєстру спеціальних сировинних зон станом на 2013 рік статус спеціальних сировинних зон отримали землі України загальною площею 222,6 тис. га, на яких здійснювали діяльність 77 сільськогосподарських підприємств різних форм власності. Найбільша кількість їх зосереджена в Полтавській, Вінницькій, Дніпропетровській та Київській областях. Лише по одному суб'єкту господарської діяльності, що мають відповідний статус, перебуває в Херсонській, Рівненській та Хмельницькій областях. Середній розмір підприємства зі статусом спеціальних сировинних зон у 2013 році складає 2 890,9 га, що майже на 30% більше, ніж мають підприємства, що здійснюють виробництво органічної продукції (сировини).

Одним з ефективних шляхів зниження негативних впливів аграрного виробництва є надання відповідним територіям статусу спеціальних сировинних зон, що може стати певною гарантією постійного контролю за станом навколишнього природного середовища загалом та земельних ресурсів зокрема, а також використання безпечних технологій у процесі виробництва.

Контрольні запитання

1. Дати визначення природним ресурсам.
2. Яка існує класифікація природних ресурсів?
3. Що розуміють під природним та екологічним потенціалом території?
4. Охарактеризуйте кліматичні, водні, природні біологічні ресурси.
5. Дати оцінку земельним і ґрунтовим ресурсам України.
6. Опишіть структуру земельного фонду України.
7. Яка структура ґрунтового покриття України?
8. Надайте загальну характеристику ґрунтовому покриттю в Україні.
9. Що таке «ресурсний цикл»? Види ресурсних циклів.
10. В чому полягає ефективність використання природних ресурсів?
11. Що таке кадастр (земельний, водний, лісовий, промисловий,

детеріораційний)?

12. Які причини нестачі продовольства у світі?

13. Що таке «продовольча безпека»?

14. Оцінка екологічної стабільності землекористування в Україні.

15. Які основні напрямки подолання екологічної кризи та поліпшення соціально-економічних умов життя людей?

2 АГРОЕКОЛОГІЧНА СИСТЕМА (СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОСИСТЕМА)

2.1 Роль сільського господарства у формуванні первинної біологічної продукції

Біопродуктивність агроєкосистем. Людство, в процесі взаємодії з природою, постійно вирішувало найпершу задачу життєзабезпечення – виробництво продуктів харчування (єдине джерело отримання людиною енергії).

Доречно згадати, що однією з найдавніших галузей не тільки сільськогосподарського виробництва, а й виробничої діяльності людини в цілому - є землеробство. У Стародавній Греції і Римі поняття «культура» стосувалося вмілої і правильної обробки ґрунту, обробітку землі. Термін «культура» походить від обробітку, культивування рослин.

Процес переходу від збирання до примітивних, а в подальшому і до більш досконалих систем землеробства, до більш досконалого ведення сільського господарства в цілому, стимулюючи зростання виробництва продовольчих ресурсів, сприяв збільшенню значення аграрного сектора у формуванні первинної біологічної продукції. Це сприяло зростанню чисельності населення планети (рис. 2.1). Біомаса людей в порівнянні з доагрокультурною епохою значно зросла завдяки сільськогосподарському виробництву, інтенсивність якого залежить від акумульованої енергії.

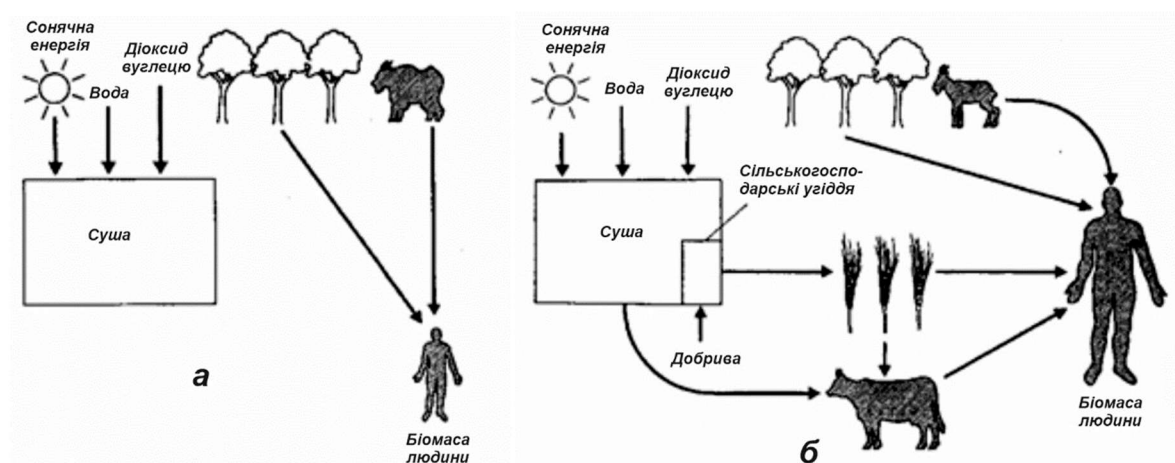


Рисунок 2.1 – Зміна співвідношення між людиною і біосферою в результаті появи і розвитку сільськогосподарського виробництва: а - період полювання і збирання; б - епоха агрокультури (Браун, 1972)

В сучасній біосфері в антропогенний канал, утворений людьми і тваринами, надходить близько $1,6 \cdot 10^{13}$ Вт, що відповідає приблизно 25% загальної первинної продукції рослин. Настільки вагоме збільшення первинної продукції, що споживається людством, відбувається вже не тільки за рахунок сонячної енергії, а й під впливом додаткових енергетичних джерел, так званої «антропогенної енергії».

Слід згадати також істотне розширення спектра рослин, вирощуваних для одержання харчових ресурсів.

Людство щорічно споживає 8,76 млрд т продуктів сільськогосподарського виробництва, які містять близько $1,5 \cdot 10^{20}$ Дж енергії. Близько 90% закладеної в цих продуктах енергії забезпечується рослинницькою продукцією (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Енергетичний еквівалент сільськогосподарської продукції (Андерсон, 1985)

Продукти	Енергетичний еквівалент	Продукти	Енергетичний еквівалент
Рис	21	Кукурудза	5
Пшениця	20	Картопля	5
Інші злаки	10	Маніок	2
Фрукти, горіхи, овочі	10	Продукти тваринництва	11
Жири й олія	9	Всього	100
Цукор	7		

На земній кулі культивується трохи більше 80 видів головних сільськогосподарських культур. На зернові припадає близько 60% світового виробництва продуктів харчування (з них понад 40% - на рис і пшеницю). Злакові культури дають майже 50% білка, що споживається людиною.

Певне уявлення про світове виробництво продовольчих ресурсів дають матеріали таблиці 2.2.

Управління сільськогосподарськими екосистемами для збільшення первинної біологічної продуктивності, розширення видового різноманіття вирощуваних культур, забезпечення необхідного якісного складу продуктів, що виробляються, наявності в них потрібних людині білків, вітамінів, мінеральних речовин та інших необхідних інгредієнтів, а також відсутність або мінімізація небажаних компонентів – першорядні функціональні

завдання. Їх рішення пов'язане з використанням як невідновлюваних, так і відновлюваних природних ресурсів, що певною мірою служить першопричиною загострення екологічних проблем.

Таблиця 2.2 – Світове виробництво деяких видів сільськогосподарської продукції на початку 21 століття (Черников та ін., 2000)

Продукція	Об'єм виробництва	
	млн т	% до 1990 р.
Зернові та зернові бобові культури	2106	104,8
В тому числі:		
Пшениця	585	98,6
Соняшник	25	110,9
Картопля	295	110,1
Цукровий буряк	258	83,5
Плоди, ягідні, цитрусові, виноград	419	119,0
Овочеві та бахчеві	566	123,0
М'ясо (забійна маса)	213	122,4
Молоко	466	96,6

У 19-му столітті та першій половині 20 століття відзначається активне заселення і освоєння родючих ділянок планети. Досить складні для освоєння землі, що вимагають великих витрат, а також виконують надзвичайно важливу екологічну функцію підтримки стабільності біосфери (наприклад, тропічні ліси) залишаються відносно вільними від антропогенного впливу. Таким чином, збільшення виробництва продуктів харчування в першу чергу повинні забезпечувати вже оброблювані землі, тобто процес отримання первинної біологічної продукції свідомо носить інтенсивний характер.

Встановлено, що в цілому для планети теоретичний максимум продукування органічних речовин за рахунок кліматичного потенціалу фотосинтезу можна прийняти в межах 330 млрд т на рік.

Якщо прийняти коефіцієнт використання посівами сонячної енергії на фотосинтез за 5% і оцінити середню енергетичну цінність біомаси в $(0,157 \dots 0,167) \cdot 10^8$ Дж/кг, то можлива в майбутньому врожайність на хорошому агрофоні виявляється досить високою (табл. 2.3).

Водночас, частка зазначеної маси (330 млрд т), придатна для харчування, виявляється на виході істотно нижчою. Практично навіть з оброблюваних земель менше 50% одержуваної біологічної продукції

трансформується в харчовий ресурс. Виробництво продуктів землеробства, придатних в їжу, в середньому в рік дорівнює 14 млрд т (максимальна теоретична величина). У формуванні первинної біологічної продуктивності не меншу роль, ніж кліматичний фактор, грають значні відмінності в зональному розподілі ґрунтових різниць. При врахуванні цього чинника з'ясовується, що біологічна продуктивність суші планети ще нижче.

Таблиця 2.3 – Очікувана урожайність біомаси, т/га (Архангельський, 1971)

Географічна широта, градуси	Можлива урожайність біомаси, т/га	Географічна широта, градуси	Можлива урожайність біомаси, т/га
0...10	113...75	40...50	40...25
10...20	100...62	50...60	27...25
20...30	88...60	60...70	25...15
30...40	60...40		

Світове сільськогосподарське виробництво поки що досягло приблизно 15% максимально можливого обсягу, тобто є значні резерви нарощування первинної біологічної продукції, що формується в сфері сільського господарства. При цьому потрібно привнесення додаткової «антропогенної енергії» (засоби хімізації, технології механізації, прийоми меліорації і ін.). Тут-то, як свідчить багаторічна практика, виникають і розвиваються суперечливі відносини. З одного боку, використання досягнень науки і техніки, масштаби виробництва – необхідна умова задоволення потреб людини. З іншого боку, все це негативно впливає на природу, що проявляється у виснаженні і знищенні природних ресурсів, порушенні механізмів саморегуляції і стабільності екосистем, забрудненні середовища.

Границі втручання в природу. По мірі розвитку сільськогосподарських екосистем, створюваних для отримання максимуму продукції, вплив на природу постійно зростає. Удосконалення знарядь праці, впровадження високоврожайних культур і сортів, що вимагають великої кількості поживних речовин, стали різко порушувати природні процеси. Необґрунтовані землеробські прийоми і системи землеробства діють спустошливо. До них відносяться: ерозія ґрунтів і втрата родючості

внаслідок нераціонального використання і недотримання запобіжних заходів і технологій охорони ґрунтів; засолення і заболочування зрошуваних масивів; зміна структури ґрунтів через надмірне переущільнення верхніх горизонтів; зниження біологічного різноманіття природних ландшафтів в результаті тривалого вирощування рослин одного виду; наростання дефіциту підземних прісних вод через виснаження водоносних горизонтів при інтенсивному заборі води на зрошення; забруднення поверхневих і підземних вод залишками пестицидів і нітратів, що надходять з сільськогосподарських угідь; зникнення диких тварин в результаті руйнування місць їх проживання сільськогосподарською діяльністю та багато іншого.

На фоні зростання технічних можливостей людства з освоєння природних систем для цільового формування первинної сільськогосподарської продукції економіка виступає в якості своєрідного фільтра доцільності і допустимості проведених заходів. Технічні можливості та технологічні рішення (обводнення, зрошення, терасування та ін.) неухильно розширювали, а економічні обмеження звужували діапазон господарського використання ґрунтового покриву планети.

В останні десятиліття на більш високий рівень виходять екологічні обмеження. Існує об'єктивна природна межа – поріг зниження природної родючості, при наближенні до якого вся технічна міць людини, створені ним високопродуктивні штучні засоби стають менш ефективними, але при цьому надмірно нарастають за масштабами і глибиною прояви негативних екологічних наслідків.

Сформована тенденція «наповнення» агроєкосистем штучними засобами, створюючи ілюзорність благополуччя, лише вуалює фактичне виснаження їх природного потенціалу. Наприклад, мінеральні добрива не можуть служити довготривалим засобом забезпечення сталого виробництва різних культур, оскільки при широкомасштабному застосуванні інтенсифікують витрати капітальних ґрунтових резервів, сприяючи тим самим падіння природної родючості, що підтверджується значним зменшенням запасів гумусу.

Характерною особливістю другої половини 20-го століття стало суттєве збільшення первинної біологічної продукції в сфері сільськогосподарського виробництва за рахунок підвищення врожайності в результаті так званої «зеленої революції» – впровадження нових високоврожайних сортів зернових культур, застосування в високих дозах

мінеральних добрив, використання економічно ефективних (але екологічно небезпечних) засобів захисту рослин. В результаті з 1950 по 1970 рік значно зріс вихід основного продукту харчування - зерна. Однак, як відзначають вчені, цей показник перестав рости, що стало відображенням дії закону зниження енергетичної ефективності природокористування. Даний закон звучить так – при інших рівних умовах додаткове збільшення вкладень енергії дає більш низький ефект, ніж раніше витрачена енергія (підняти врожайність з 2 до 2,5 т/га енергетично дешевше, ніж з 5 до 5,5 т/га).

Останнім часом особливого значення набуває якість виробленої продукції. Аналізуючи в ретроспективному плані досвід інших країн, слід констатувати, що поки не буде ліквідовано пресинг дефіциту сільськогосподарської продукції, питання екології незмінно матимуть підлегле значення. Лише в міру насичення ринку продовольством екологічні вимоги і обмеження виходять на перший план. Тому при оцінці проблем сільськогосподарського формування біологічної продукції необхідно розрізняти завдання найближчих років і більш віддалену перспективу.

2.2 Агроекологічна система

Сільське господарство істотно трансформує природні комплекси. В результаті сформувалися різноманітні антропогенні сільськогосподарські утворення: рілля, садові насадження, луки, пасовища і т.д. Вони займають близько третини суші, з них майже 1,5 млрд га ріллі.

1. **Сільськогосподарські утворення польового типу** підлягають щорічному переорюванню, вимагають внесення добрив, регулярного формування штучних (керованих) фітоценозів.

2. **Садові утворення:** сади, ягідники, виноградники, плантації чаю та кавового дерева, являють собою багаторічні фітоценози.

3. **Луки і пасовища** займають найбільшу територію в якості бази для отримання сільськогосподарської продукції та простягаються від тропічних саван до субарктичної зони на площі понад 3 млрд. га. У цих угіддях процес формування первинної біологічної продукції йде природним шляхом, і використовується вона для отримання вторинної біологічної продукції (розведення і утримання різних видів одомашнених тварин, що розмножуються під наглядом і управлінням людини). Площі пасовищ в два рази більше площі ріллі. Тут необхідно зазначити, що при пасовищному утриманні тварин витрати енергії на виробництво 1 кг білка м'ясної великої

рогатої худоби, наприклад, на 65...70% нижче, ніж при згодовуванні кормового зерна.

4. Молочні і відгодівельні комплекси, свинокомплекси, птахофабрики є особливою формою сільськогосподарського виробництва, що створюються для отримання вторинної біологічної продукції на промисловій основі. Висока концентрація поголів'я, суміщення процесів одержання та переробки тваринницької продукції на обмежених площах вимагають ретельних екологічних рішень.

5. Угруповання рослин і тварин штучно створювані людиною в морському та прісноводному середовищі також відносяться до категорії сільськогосподарських екосистем.

У сфері сільського господарства первинною структурною ланкою, де відбувається взаємодія людини з природою, є функціональна одиниця – агроєкосистеми (або агробіогеоценози).

Існує кілька понять агроєкосистеми. На думку Ю. Одума (1987), агроєкосистеми – це одомашнені екосистеми, які у багатьох відношеннях займають проміжне положення між природними екосистемами (луки, ліси) і штучними (міста). Агроєкосистеми схожі з урбанізованими і промисловими системами своєю залежністю від зовнішніх чинників, тобто від навколишнього середовища на вході і виході системи. Однак, на відміну від них агроєкосистеми переважно автотрофні.

За визначенням Р.А. Полукетова (1991), агроєкосистемою називається спеціальний вид екосистеми – екологічна система сільськогосподарського поля, на якому ростуть культурні рослини, знаходяться інші види рослин і тварин та відбувається складна низка фізичних й біогеохімічних трансформацій енергії і речовини.

В світі сучасних уявлень агроєкосистеми (агробіогеоценози) вторинні, змінені людиною біогеоценози, що стали значними елементарними одиницями біосфери; їх основу складають штучно створені збіднені видами живих організмів біотичні спільноти. Ці спільноти формують і регулюють люди для отримання сільськогосподарської продукції. Агроєкосистеми відрізняються високою біологічною продуктивністю і домінуванням одного або кількох обраних видів (сортів, порід) рослин або тварин. Вирощувані культури і тварини, що розводяться людиною, піддаються штучному, а не природному відбору. Як екологічні системи агроєкосистеми нестійкі: у них слабо виражена здатність до саморегулювання, без підтримки людиною вони швидко розпадаються або

дичавіють і трансформуються в природні біогеоценози (наприклад, меліоровані землі – в болота, насадження лісових культур – в ліс).

Агроєкосистеми з переважанням зернових культур існують не більше одного року, багаторічних трав – 3...4 роки, плодових культур – 20...30 років, а потім вони розпадаються і відмирають. Полезахисні лісові смуги, які є елементами агроєкосистем, у Степовій зоні існують не менше 30 років. Однак без підтримки людиною (рубки, догляду, доповнення) вони поступово «дичавіють», перетворюючись в природні екосистеми, або гинуть.

Переважні різновиди агроєкосистем (штучні фітоценози): окультурені (планомірно експлуатовані луки і пасовища); напівкультурні (не постійно регульовані штучні насадження - сіяні, багаторічні луки); культурні (постійно регульовані багаторічні насадження, польові і городні культури); інтенсивно культурні (парникові і оранжерейні культури, гідропоніка, аеропоніка та інші, що вимагають створення і підтримки особливих ґрунтових, водних і повітряних умов).

Управління агроєкосистеми здійснюється ззовні і підпорядковане зовнішнім цілям. На рисунку (рис. 2.2) наведена схема функціонування агроєкосистеми.

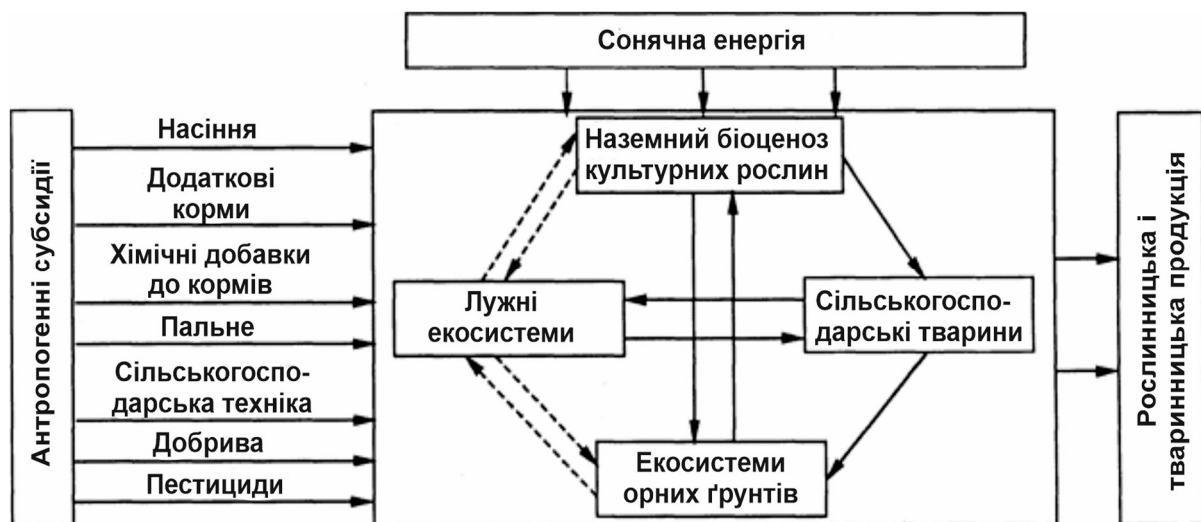


Рисунок 2.2 – Схема функціонування агроєкосистеми (Миркин, 1995)

2.2.1 Типи, структура, функції агроєкосистем

Структура агроєкосистем. На даний час існує наступна структура агроєкосистем: агросфера – глобальна екосистема, яка об'єднує всю територію Землі, перетворену сільськогосподарською діяльністю людини; аграрний ландшафт – екосистема, що сформувалася в результаті сільськогосподарського перетворення ландшафту (степового, тайгового і т.д.); сільськогосподарська екологічна система (або сільськогосподарська екосистема) - екосистема на рівні господарства; агробіогеоценози - поле, сад, баштан, теплиця, оранжерея; пасовищний біогеоценоз - природне або культурне пасовище, яке використовується для випасу сільськогосподарських тварин; фермерський біогеоценоз - стайня, корівник, свинарник, кошара, пташник, тваринницький комплекс, зоопарк, віварій.

Наведена структуризація, з одного боку, відображає багатоплановість взаємодії людини з навколишнім природним середовищем в процесі сільськогосподарського виробництва, а з іншого - переконує в необхідності вироблення цілісної методології досліджень, що відбиває сутність агроєкології як інтегративного міждисциплінарного комплексу.

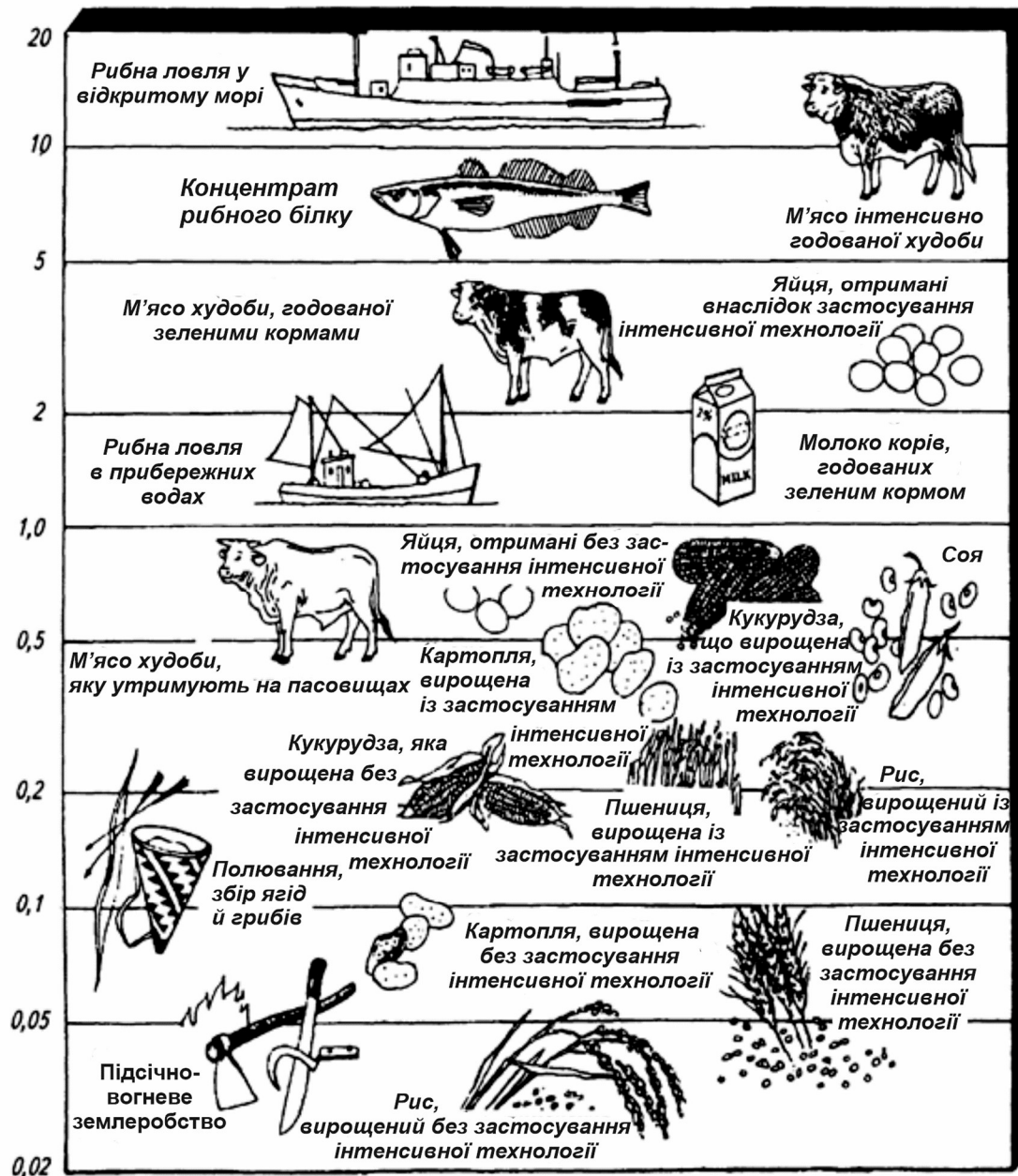
На відміну від індустріальних або урбанізованих екосистем початковий процес формування агроєкосистеми з природною екосистемою простий – досить розпушити поверхню ґрунту і закласти необхідне для майбутнього врожаю насіння, знищивши попередньо в достатній мірі природну рослинність. Але і при такому досить примітивному перетворенні природної екосистеми відчутно змінюється круговорот речовин. Так, після оранки території активізуються процеси масообміну, які проявляються в інтенсифікації кругообігу біогенних елементів.

Якщо умовно розглядати агроєкосистему як з'єднання природної екологічної системи та антропогенної енергії, слід зазначити, що питомі затрати енергії в доіндустріальному сільському господарстві можна було порівняти з енергопотоками в природних екосистемах. В інтенсивному сільському господарстві енергоспоживання набагато вище (рис. 2.3), що в кінцевому підсумку урівнює його за ступенем впливу на навколишнє природне середовище з іншими антропогенними впливами.

Природні екосистеми і агроєкосистеми подібні за автотрофністю. Але при цьому природна екосистема являє собою область з замкнутим циклом і елементами живлення, і первинною продукцією, тобто потоки речовини реалізуються переважно всередині системи, а виніс їх з системи майже

відсутній (рис. 2.4). Агроекосистеми же створюються для переважного виносу продукції з системи, причому іноді за тисячі кілометрів від початкового джерела формування цієї продукції.

На рисунку 2.4 показано відміну природних екосистем від агроекосистем.



Примітка. Цифри показують, скільки енергетичних одиниць потрібно для виробництва однієї енергетичної харчової одиниці.

Рисунок 2.3— Енергетичні витрати на виробництво продуктів харчування (Міллер, 1994)

Біотична спільнота природної екосистеми різноманітніша (як це показано наявністю безлічі осередків в просторі ніші), ніж в агроекосистемі, і повніше використовує доступний їй простір ніші.

Характеристики окремих індивідуумів (генетика, вік, стан) всередині певного виду (показані цифрами всередині осередку для цього виду) мають тенденцію до зміни в природних екосистемах, але відносно постійні в агроекосистемах. Природні екосистеми більш безперервні в просторі і в часі; основна частина отриманої в них продукції використовується для різних цілей в цих екосистемах. Експорт продуктів харчування з агроекосистем лімітує використання отриманої продукції всередині цих систем і робить їх залежними від витрат матеріалів і праці людини.

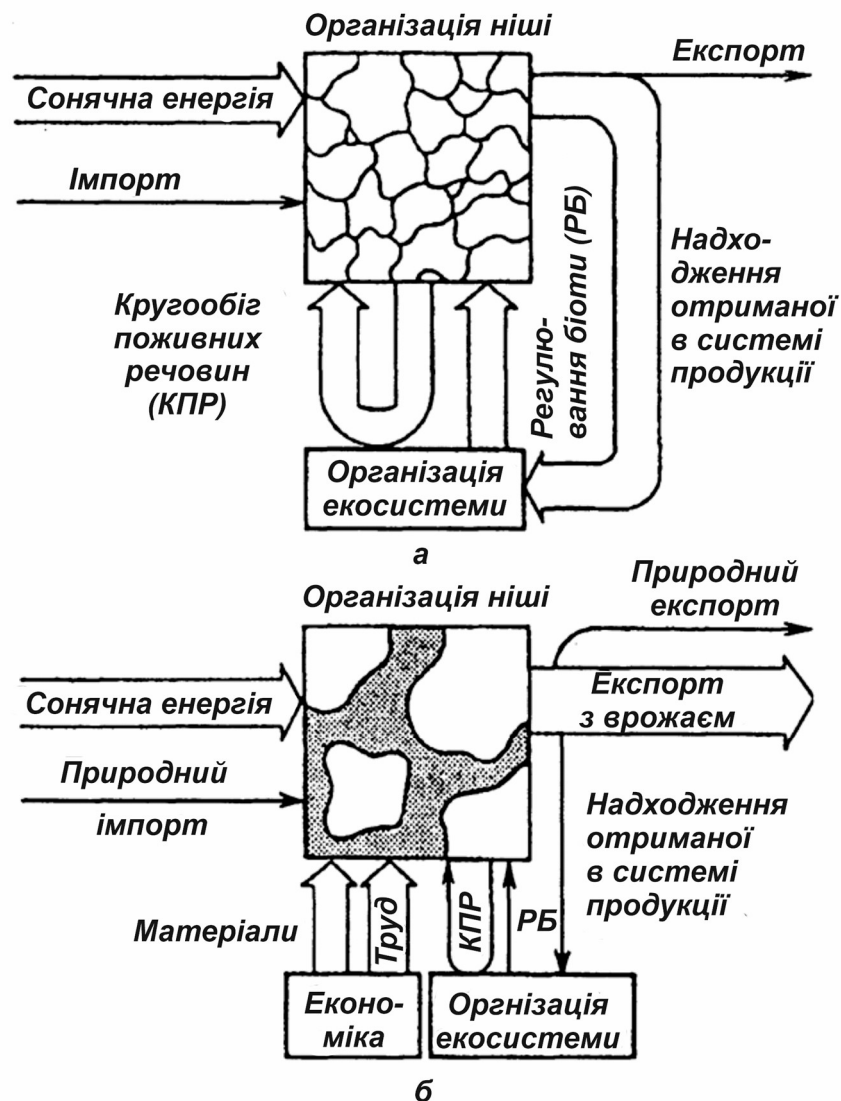


Рисунок 2.4 – Порівняльна характеристика природної екосистеми (а) і агроекосистеми з високим рівнем механізації (б) (Кокс, 1987)

Агроекосистеми, як і природні екосистеми, складаються з безлічі взаємозалежних біологічних, фізичних і хімічних компонентів. Будь-яка група компонентів, між якими встановилися функціональні зв'язки, утворює систему (система характеризується взаємозумовленістю компонентів, а не їх сумою, набором).

Класифікація агроекосистем. Процесами виробництва харчових ресурсів на основі використання ґрунтово-кліматичного потенціалу охоплені величезні площі планети, які представлені різномасштабними (від парцел до великих оброблюваних масивів) агроекосистемами. Значна різноманітність їх за розмірами, цільовим призначенням, використовуваними технологічними системами поки що обмежує можливість розробки універсальної схеми типізації цих утворень.

В даний час для класифікації агроекосистем застосовується типізація структур землеробства ФАО. Відповідно до цієї типізації, виділено п'ять видів землекористування, по кожному з яких класифіковані агроекосистеми.

1. Землеробське, або польове, землекористування - богарні, зрошувані агроекосистеми (ротації зернових, бобових, кормових, овочевих, баштанних, технічних і лікарських культур).

2. Платаційно-садове землекористування – платаційні агроекосистеми (чайний куц, дерево какао, кавове дерево, цукрова тростина), садові агроекосистеми (плодові сади, ягідники, виноградники).

3. Пасовищне землекористування – пасовищні агроекосистеми (відгінні пасовища: тундрові, пустельні, гірські; лісові пасовища; поліпшені пасовища; сінокоси; окультурені луки).

4. Змішане землекористування – змішані агроекосистеми, що характеризуються рівнозначним співвідношенням і поєднанням кількох видів землекористування, а також процесів отримання як первинної, так і вторинної біологічної продукції.

5. Землекористування з метою виробництва вторинної біологічної продукції – агропромислові екосистеми (території інтенсивного «індустріалізованого» виробництва молока, м'яса, яєць та іншої продукції на основі переважаючих процесів постачання системи речовиною і енергією ззовні).

Основні типи агроекосистем. Сучасні агроекосистеми включають складні взаємопов'язані матеріальні, енергетичні, економічні й екологічні

процеси виробництва біологічної продукції. При цьому забезпечуються відтворення природно-ресурсного потенціалу та ефективне використання антропогенних субсидій енергії.

Науково обґрунтована організація агроєкосистем передбачає створення раціональної природної та природно-господарської інфраструктури (дороги, канали, лісові насадження, сільськогосподарські угіддя та ін.), адекватної особливостям місцевого ландшафту і господарського користування територією в цілому.

Організація агроєкосистем повинна бути наближена до контурів природних комплексів, що досягається оптимізацією агроландшафту. Це, однак, тільки видима частина екологічно обґрунтованої агроєкосистеми. Значно складніші «внутрішні» процеси масо- і енергообміну, що підтримують ландшафтно-екологічну рівновагу.

Характеристика основних типів агроєкосистем, приведена в таблиці 2.4. До екологічно організованої агроєкосистеми ставляться вимоги сестайнінга (від англ., sustainable - підтримує). Сестайнінг забезпечується на основі екологічного імперативу, який передбачає систему заборон на ресурсоруйнуючі методи природокористування (грунти, пасовища, гідрологічний режим території, біологічне різноманіття і тощо). Для того, щоб здійснити вимоги сестайнінга, необхідна оптимізація агроєкосистеми. Для цього пропонується розрахунковим шляхом встановлювати доцільне співвідношення врахованих компонентів, основними з яких є рілля, природні кормові угіддя, сільськогосподарські тварини (худоба). Так, (табл. 2.1) в одних і тих же природних умовах можуть реалізовуватися різні функціональні варіанти агроєкосистеми - рослинницька, тваринницька та комплексна, що залежить від економічної доцільності. Сестайнінг може бути досягнутий при будь-якій кількості внесеної енергії (екстенсивний, інтенсивний і адаптивний варіанти). Разом з тим при інтенсивних варіантах екологічний імператив набуває глибоке протиріччя з енергетичним імперативом, відбувається порушення останнього.

Для будь-якого варіанту агроєкосистеми сестайнінг означає наближення до екологічної безпеки за рахунок забезпечення максимальної замкнутості циклів речовини, мінімізації кількості антропогенної енергії, підвищення біологічного різноманіття та його потенційної здатності до формування корисних симбіотичних зв'язків. Реалізація вимог оптимізації

Таблиця 2.4 – Характеристика основних типів агроecosистем и тактик досягнення сестайнінга (Хазиахметов,1996)

Групи по розміру антропогенної енергетичної субсидії (а.е.с.)	Продуктивність	Ступінь адаптивності	Спеціалізація	Схема потоків речовин і енергії	Тактика сестайнінга
Екстенсивні (низькі а.е.с.)	Низька	Висока	Рослинницька	← Луг ↔ Рілля	Забезпечення достатньої тривалості залежно-перелогової стадії
			Тваринницька	Луг ↔ Худоба →	Забезпечення балансу між продуктивністю кормових угідь і поголів'ям
			Комплексна	← Рілля ↔ Худоба ↘ Луг ↗	Забезпечення балансу між площами ріллі і луги і поголів'ям худоби
Інтенсивні (високі а.е.с.)	Висока	Низька	Рослинницька	Рілля →	Застосування сівозмін з травами і сидератами
			Тваринницька	Рілля ↔ Худоба →	Утилізація безпідстилкового гною, повернення його на рілля
			Комплексна	← Рілля ↔ Худоба ↘ Луг ↗	Утилізація безпідстилкового гною, повернення його на рілля
Адаптивні (помірні а.е.с.)	Помірно висока	Висока	Рослинницька	Рілля →	Сидерація і сівозміни
			Тваринницька	Рілля ↔ Худоба ↘ Луг ↗	Забезпечення адаптивної структури АЕС, збереження біологічного різноманіття
			Комплексна	← Рілля ↔ Худоба ↘ Луг ↗	Сівозміни, повна утилізація гною, застосування біометоду

агроекосистеми, як правило, призводить до зменшення площі ріллі, підвищення частки природних кормових угідь, посилення значення лісомеліорації, скорочення поголів'я худоби, удосконалення сівозмін шляхом підвищення частки ґрунтововідновлювальних культур. Це слід враховувати при вирішенні проблем вдосконалення природокористування в сільському господарстві.

У процесі формування, розвитку і експлуатації агросистемних утворень принципово важливо враховувати природну родючість ґрунтів і умови його відтворення.

Виділяють такі типи агроекосистем: I тип –природоємний; II тип – природоохоронний; III тип – природополіпшуючий.

Природоємні агроекосистеми характеризуються неповним відтворенням природної родючості, що призводить до зниження її рівня.

Для *природоохоронного* типу агроекосистем характерне просте відтворення природної родючості і, як наслідок, збереження його рівня.

Природополіпшуючий тип спрямований на розширене відтворення та підвищення рівня природної родючості.

Останнім часом домінує природоємний тип. Пропорційно типу відтворення ґрунтової родючості змінюється й ефективність привносимої в агроекосистеми антропогенної енергії. Ґрунт - це базис для створення будь-якої агроекосистеми, своєрідний осередок процесів видозміни речовин і трансформації потоків енергії, головна ланка управління агроекосистемами. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються в агроекосистемах, як відомо, істотно відрізняються від фізико-хімічних процесів в природних екосистемах внаслідок привнесення елементів антропогенного регулювання. Принципова відмінність навіть спрощених агроекосистем від природних полягає в переважному виносі з врожаєм поживних речовин, що акумулюються в вирощеній продукції (рис. 2.5). Це явна відмінна ознака агроекосистем, але вона не єдина. Ґрунтова родючість, яка визначається в основному запасами гумусу, є не тільки головною економічною, а й екологічною характеристикою агроекосистеми. Так, зменшення вмісту гумусу погіршує умови розвитку корисної мікрофлори, в тому числі і «ґрунтовоочисної»; призводить до втрати запасів ґрунтової енергії; до втрати елементів мінерального живлення; посилення процесів змиву і вимивання, тобто обумовлює деградацію базису.

Деякі процеси в агроекосистемах відбуваються не так, як в природних системах. Так, швидкість інфільтрації води в природних екосистемах вище,

що істотно знижує і поверхневий стік, і ймовірність розвитку ерозії ґрунту. У природних умовах ерозію стримує також рослинний покрив, що зберігається протягом усього року.

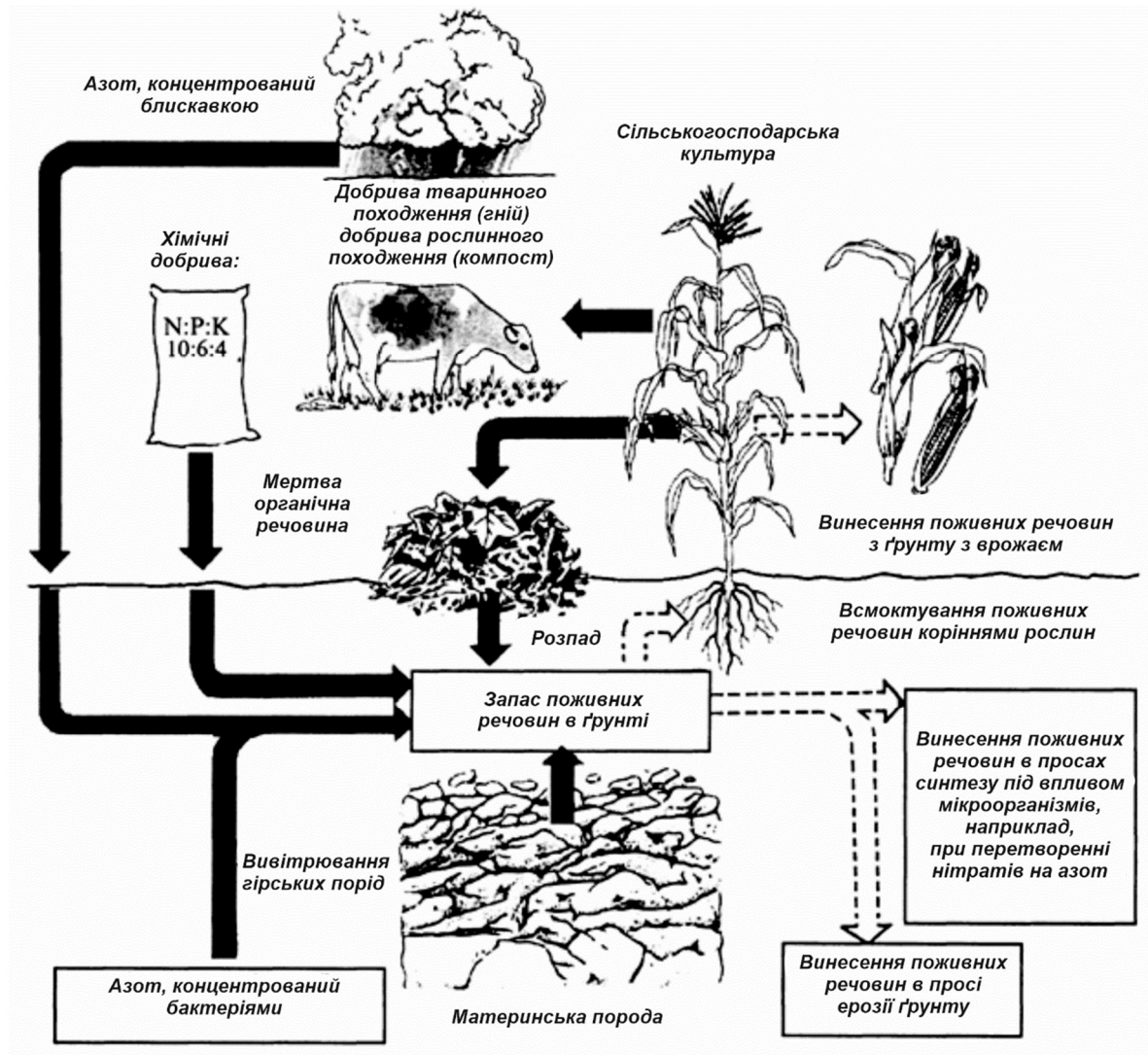


Рисунок 2.5 – Спрощена схема надходження поживних речовин в ґрунт і виносу їх з ґрунту (Набел, 1993)

Втрати вологи в природній екосистемі зазвичай вище. Внаслідок великих втрат вологи по ґрунтовому профілю переміщується менший обсяг води, що знижує вимивання і надходження в ґрунтові води поживних речовин.

У природних екосистемах у великих кількостях містяться органічні колоїди, які забезпечують іонообмінну і водоутримуючу здатність ґрунту. Втрати ґрунтом колоїдів в агроекосистемах викликані окисленням і руйнуванням органічної речовини, що відбувається в результаті тривалої

обробки ґрунту, а також при зрошенні. Паралельно з окисленням органічної речовини відбувається і інтенсивна мінералізація, що веде до значних втрат її рухливої частини. В агроєкосистемах процеси окислення і мінералізації посилюються внаслідок зниження густоти рослинного покриву і підвищення температури ґрунту.

Цикл кругообігу біогенних елементів в природних екосистемах більш закритий, ніж в агроєкосистемах, де значна їх частина відчужується з урожаєм. Газоподібні втрати азоту з ґрунту в агроєкосистемах значно вище, ніж в природних екосистемах, внаслідок більшої активності денітрифікуючих мікроорганізмів.

У природних екосистемах здатність рослин поглинати елементи живлення вище, ніж швидкість утворення доступних їх форм в ґрунті. Рослини природних екосистем мають більш різноманітну кореневу систему, що дозволяє повніше використовувати ґрунтовий профіль. Агротехніка, при якій зменшується різноманітність вирощуваних культур, не тільки знижує ефективність використання вологи, а й збільшує загрозу втрати поживних речовин при вимиванні їх за межі кореневого шару ґрунту.

Природні екосистеми виконують три основні життєзабезпечуючі функції – це місце, засіб, умови життя. Агроєкосистеми на відміну від природних формуються для отримання максимально можливої кількості продукції, що служить джерелом харчових, кормових, лікарських і сировинних ресурсів, тобто функції агроєкосистем в основному обмежуються наданням засобів життя. У цьому головна причина переважання ресурсоємного і природоруйнуючого типів агроєкосистем. Перспектива за природовідповідними агроєкосистемами. Домогтися цього можна лише при виконанні агроєкосистемами повною мірою функцій відтворення та збереження умов життя. Формування агроєкосистем має відповідати головним вимогам – вони повинні бути природоохоронними. Послідовна реалізація екологічної функції, що підтримує сприятливі умови середовища для людини, органічної і неорганічної частин агроєкосистеми і суміжних територій, є настільки ж важливою, як і виробництво засобів життя. Поки що традиційно зберігається розділення єдиного процесу виробництва біопродукції на два супідрядних блоки: безпосередньо процес виробництва і процес збирання, транспортування, переробки, зберігання і споживання продукції. На кожній стадії можливе виникнення негативних екологічних наслідків, що вимагає специфічних охоронних заходів. Прийнято вважати ці заходи додатковими, що носять витратний характер.

Тим часом слід дотримуватися принципу рівнозначної пріоритетності як основи системного управління агроєкосистемами.

2.2.2 Шляхи підвищення продуктивності агроєкосистем

Земна поверхня представлена величезною різноманітністю природних і перетворених (антропогенних) екосистем. Загальною властивістю для кожної з них є автотрофність в результаті фотосинтезу під дією односпрямованого потоку енергії Сонця, що проходить через речовини і живі організми як природних, так і змінених екосистем.

Для всіх рослинних об'єктів акумуляція енергії Сонця супроводжується формуванням або накопиченням біомаси, яка служить структурним матеріалом для утворення органів рослин і енергетичним матеріалом для біосинтезу, забезпечує існування не тільки окремої рослини, але і всієї складної біологічної структури.

Ріст і розвиток рослин як органоутворюючий процес і процес продукування біомаси починаються після формування оптико-фотосинтетичної системи листа і подальшого здійснення реакцій фотосинтезу. Фотосинтез – це єдиний процес на Землі, в ході якого накопичення і перетворення енергії простих неорганічних речовин в енергію хімічних зв'язків органічних речовин забезпечуються поглинанням енергії природного джерела – променевою енергією Сонця.

Найвища продуктивність агроєкосистеми (як і екосистеми), тобто максимальне накопичення біомаси у вигляді різних вегетативних і репродуктивних органів вирощуваних видів рослин, визначається адаптованістю оптичного апарату до сонячної енергії. Одна з ознак такої адаптованості – максимальне акумулювання енергії, тобто біомаси, рослиною за одиницю часу. При умові, що інші екологічні чинники, які забезпечують процес фотосинтезу, не лімітовані. За рахунок поглиненої енергії світла утворюється 95...97% органічних сполук, представлених рослинною біомасою. При цьому, зрозуміло, частина енергії витрачається на дихання.

Отже, для максимального використання енергії, що надходить на земну поверхню, у екосистем еволюційно сформувався ряд адаптивних властивостей (наприклад, різноманітність видового складу). За аналогією повинні створюватися і агроєкосистеми, оскільки вони мають таку саму першооснову виробництва біологічної продукції.

Як приклад розглянемо культуру землеробства народності майя. Стародавні майя вирощували різні деревні плодові рослини в поєднанні з польовими культурами. Такого роду комбінації забезпечували отримання стабільних і досить високих врожаїв. Змішана культура є пануючою в Мексиці. Професор Г.Л. Тишкевич обґрунтовано приходить до висновку про екологічну доцільність формування стійких агробіогеоценозів як продуманого поєднання штучних природних утворень з природними компонентами ландшафтів.

Одним з реальних і дієвих шляхів підвищення продуктивності і ефективності витрат в агроєкосистемах є створення високопродуктивних поєднань сільськогосподарських культур. Змішані і спільні посіви можна використовувати в агроєкосистемах при високому рівні механізації робіт. Сільськогосподарські культури висівають смугами, що чергуються або рядами, а також підсівають в міжряддя зернових. У районах з помірним кліматом використовують різні комбінації культур: горох і сою з вівсом і кукурудзою, сою і квасоллю з кукурудзою, сою з пшеницею, горох з соняшником, ріпак з кукурудзою. При оптимальному підборі злакових і бобових компонентів істотно підвищуються продуктивність посівів, вихід білка, причому не тільки за рахунок зерна бобових, а й за рахунок підвищення вмісту білка в зерні злакових, які використовують азот, що фіксується бобовою культурою.

Численними дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених конкретизовані оптичні властивості майже 1500 видів рослин (мезофітів, ксерофітів, гігрофітів і сукулентів трав'янистих, чагарникових і деревних форм) і отримана середня спектральна крива поглинання променевої енергії. Відповідно до встановленого розподілу найменше (до 20%) поглинання променевої енергії «середнім» листом спостерігається в діапазоні довжини хвиль 0,75...1,30 мкм, а найбільше (70% і більше) – в діапазонах 0,30...0,70; 1,80...2,10 і 2,23...2,50 мкм. Енергетичний баланс екосистем, який змінюється в залежності від кліматичної зони, об'єктивно обумовлює формування у екосистем пристосованості до «оптимального» поглинання променевої енергії, можливого в конкретних умовах. Адаптованість енергетичного балансу екосистеми, відповідна енерговитратам на теплообмін і транспірацію, повсюдно визначає продукційну ефективність як природних, так і штучних ценотичних утворень. Енергетичні особливості різних природних зон планети дозволяють виділити 5 основних (глобальних) типів агроєкосистем.

Тропічний тип характеризується високою забезпеченістю теплом, яка сприяє безперервній вегетації. Землеробство базується головним чином на основі функціонування агроєкосистем з переважанням багаторічних культур (ананаси, банани, какао, кава, багаторічний бавовник та ін.). Однорічні культури дають кілька врожаїв на рік. До особливостей цього типу агроєкосистем відноситься потреба в безперервному вкладенні антропогенної енергії в зв'язку з постійним протягом року проведенням польових робіт. Агроєкосистемам цього типу властива фактично рівнозначність природного і антропогенного процесів масо-і енергообміну.

В агроєкосистемах **субтропічного типу** інтенсивність антропогенних потоків речовин і енергії менше; проявляються дискретність і дисперсність цих потоків. В основному характерна наявність двох вегетаційних періодів – літнього та зимового. Зростають багаторічні рослини, які мають добре виражений період спокою (виноград, волоський горіх, чай та ін.). Однорічні рослини літнього періоду представлені кукурудзою, рисом, соєю, бавовником, зеленими і т. д.

Агроєкосистеми **помірного типу** характеризуються лише одним (літнім) вегетаційним періодом і тривалим («неробочим») періодом зимового спокою. Дуже висока потреба у вкладенні антропогенної енергії припадає на весну, літо і першу половину осені.

Землеробство в агроєкосистемах **полярного типу** носить осередковий характер. Агроєкосистеми істотно обмежені територіально і за видами вирощуваних культур (листові овочі, ячмінь, деякі коренеплоди, рання картопля).

Агроєкосистеми **арктичного типу** у відкритому ґрунті відсутні. Обробіток культурних рослин виключено через дуже низьких температур теплого періоду: в літні місяці бувають тривалі похолодання з від'ємними температурами. Можливе використання закритого ґрунту.

На території України агроєкосистеми належать до третього типу (агроєкосистеми помірного типу). При організації агроєкосистем важливо забезпечити більш повноцінне використання променевої енергії. Резерви тут невеликі. Для більшості типів рослинного покриву ККД поглиненої ФАР становить в середньому 1...2%. Пустельні чагарники мають ККД 0,03%, альпійські трав'янисті рослини - 0,15...0,75%. Найбільш високий ККД у лісових екосистем - 2...4%. В цілому рослинний покрив України характеризується ККД ФАР близько 0,70%. У агроєкосистемах, зайнятих світлолюбними і високоврожайними культурами, ККД ФАР може досягати

5...7%, а при зрошенні зростає до 10%. В цілому ж ККД ФАР доброго посіву за вегетаційний період не перевищує 1...4%. Нарощування продуктивності агроєкосистем залежить від прогресу в селекції, спрямованої на виведення високоврожайних і стійких сортів. Разом з тим при організації агроєкосистем є й інший шлях підвищення продуктивності – створення багаторівневої агроєкосистеми (подібної природної у вигляді лісового багаторівневого ценозу), в якій по вертикальному профілю світлова ніша зайнята відповідною все більш низькорослою і тіньолюбною культурою. Перехід від одновидових агроєкосистем до полікультурних – одне з перспективних завдань оптимізації природокористування.

2.2.3 Кругообіг речовин і потоки енергії в агроєкосистемах

Масо-і енергообмін на планеті включає різноманітні процеси речовин та енергетичних перетворень і переміщень в літосфері, гідросфері, атмосфері. З появою життя ці кругообіг і потоки інтенсифікувалися, зазнавши суттєві якісні зміни в результаті розвитку біогенної міграції.

Виробнича діяльність людини вносить помітні корективи в процеси масо-і енергообміну, зачіпаючи і змінюючи їх територіальні і тимчасові характеристики. Причотними до цих змін (і часом в чималому ступені) є і агроєкосистеми, сприяючи, зокрема, роз'єднаності кругообігу речовин і ін. Отже, внаслідок роз'єднаності кругообігу азоту під впливом хімізації агроєкосистем планети в воді і ґрунтах накопичується і не повертається в атмосферу орієнтовно близько 10 млн т цього елемента. Надлишок біогенних речовин – причина забруднення природних вод, розвитку небажаних процесів в ґрунтах і т.д. Порушення природних кругообігів речовин - не єдиний наслідок втручання людини в природні цикли. Сільське господарство змінює в круговороті речовин і потоків енергії інтенсивність і траєкторії їх переміщення. Особливо небезпечно залучення в кругообіг штучно синтезованих речовин, в тому числі і ксенобіотиків (рис. 2.6).

Краще зрозуміти особливості формування кругообігу речовин в агроєкосистемах дає можливість досить спрощена схема (рис. 2.7).

В природних системах внутрішній колообіг поживних речовин за обсягом значно перевищує їх надходження з атмосфери і втрати на вимивання з ґрунту (блок а).

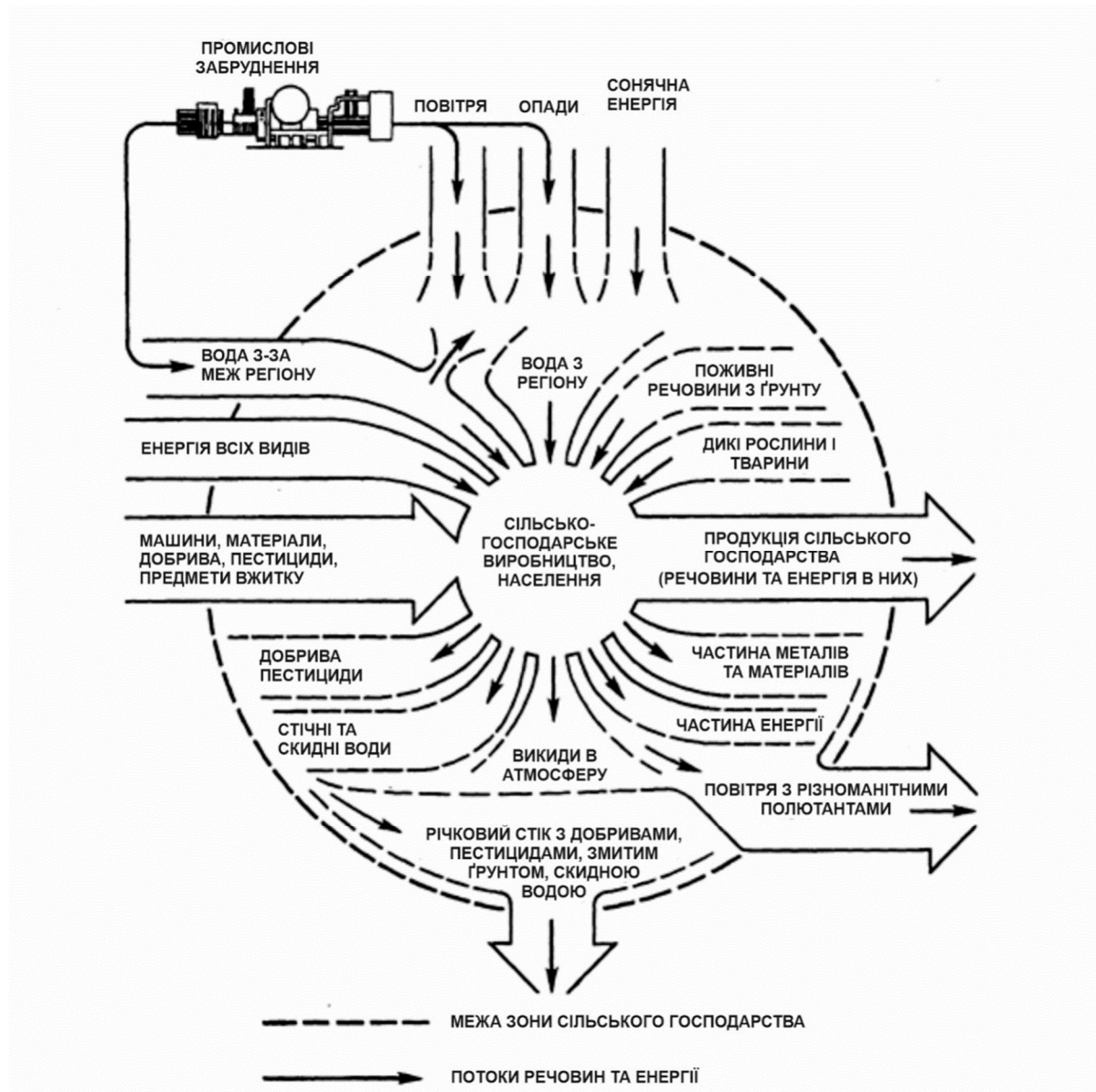


Рисунок 2.6 – Основні процеси обміну речовин та енергії в зоні сільськогосподарського виробництва (Лаптєв, 1982)

В сільськогосподарській екосистемі (блок б), якою управляє людина, розподіл поживних речовин змінюється. Це проявляється в зниженні їх перенесення від первинних продуцентів до споживачів (консументів), а також в подальшій закономірній зміні режиму надходження цих речовин до редуцентів. Такі обставини викликані застосуванням в агроекосистемах пестицидів, здійсненням агротехнічних заходів (регулюючого чинника). Характерно, що після закладення рослинних залишків при подальшій обробці ґрунту активність редуцентів підвищується. Важливо, що в результаті управління агроекосистеми спостерігається зміна звичайного («консервативного») кругообігу

поживних речовин і збільшення швидкості їх переходу в абіотичний стан. В агроекосистемах змінюються або придушуються властиві природним системам властивості саморегулювання, що веде до зниження біотичної стійкості. Всі екосистеми функціонують на основі проходження біогеохімічних циклів – еволюційно сформованих універсальних природних процесів. Відповідно до принципів гомеостазу помітні зміни будь-якого з формуючих екосистему функціональних компонентів можуть послужити першопричиною істотних змін інших компонентів; при цьому порушується колишня внутрішня будова системи (склад рослинних і тваринних співтовариств, домінування органічної речовини і т.д.). Стабільність екосистеми зберігається і в тому випадку, якщо вона переходить на новий рівень гомеостазу. Якщо ж виключається або стає неефективним будь-який з функціональних компонентів, екосистема може зруйнуватися під дією абіотичних факторів, наприклад, під дією ерозії.

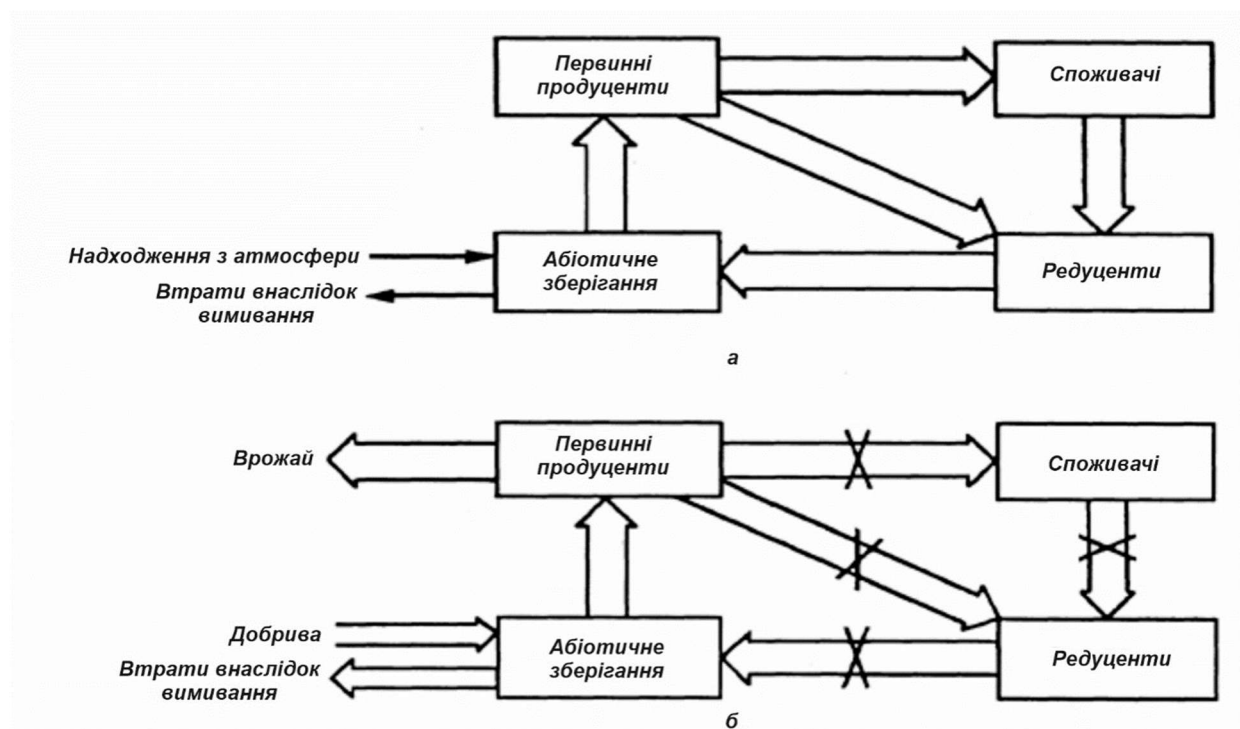


Рисунок 2.7 – Перенесення поживних речовин в основні компоненти природних екосистем (а) і агроекосистем (б) (Кросли та ін., 1987)

Досягнення стабільного функціонування агроекосистем, запобігання виникненню та розвитку деградаційних процесів вимагають постійної цілеспрямованої роботи: наукового осмислення особливостей біологічного продукування, формування доцільних напрямків практичної діяльності. Принципово важлива порівняльна оцінка

властивостей природних і культивованих систем (табл. 2.5). У перспективі повинно бути забезпечене максимальне наближення властивостей штучних утворень до властивостей природних – до цього повинні зводитися агроекологічні рішення, що ґрунтуються на врахуванні особливостей масо- і енергообміну в агроєкосистемах (рис. 2.8).

Таблиця 2.5– Властивості природних і культивованих екосистем, що безпосередньо впливають на їх стабільність і здатність накопичувати поживні елементи (Видменси,1987)

№ п/п	Властивості	Екосистеми	
		Природні	Культивовані
Абіотичні властивості			
1	Швидкість інфільтрації	Висока	Низька
2	Об'єм стоку	Низький	Високий
3	Ерозія	Низька	Висока
4	Рослинний покрив	Значний	Малий
5	Опад та інші рештки	Багато	Мало
6	Каміння	Багато	Мало
7	Втрати ґрунтової вологи	Високі	Низькі
8	Ґрунтові колоїди	Багато	Мало
9	Втрати на вимивання	Низькі	Високі
10	Температура ґрунту	Нижча	Вище
Біотичні властивості			
11	Внутрішній кругообіг речовин, що виконується рослинами	Вище	Нижче
12	Синхронізація активності рослин і мікроорганізмів	Висока	Низька
13	Різноманіття біологічної активності за часом	Високе	Низьке
14	Співвідношення рослин і мікроорганізмів	1	Менш 1
15	Різноманіття рослинних популяцій	Високе	Низьке
16	Генетичне різноманіття	Високе	Низьке
17	Потенціал відтворення	Високий	Низький

Продукційний процес агроєкосистеми залежить від комплексу чинників. Від абіотичних (місце розташування, сонячна радіація,

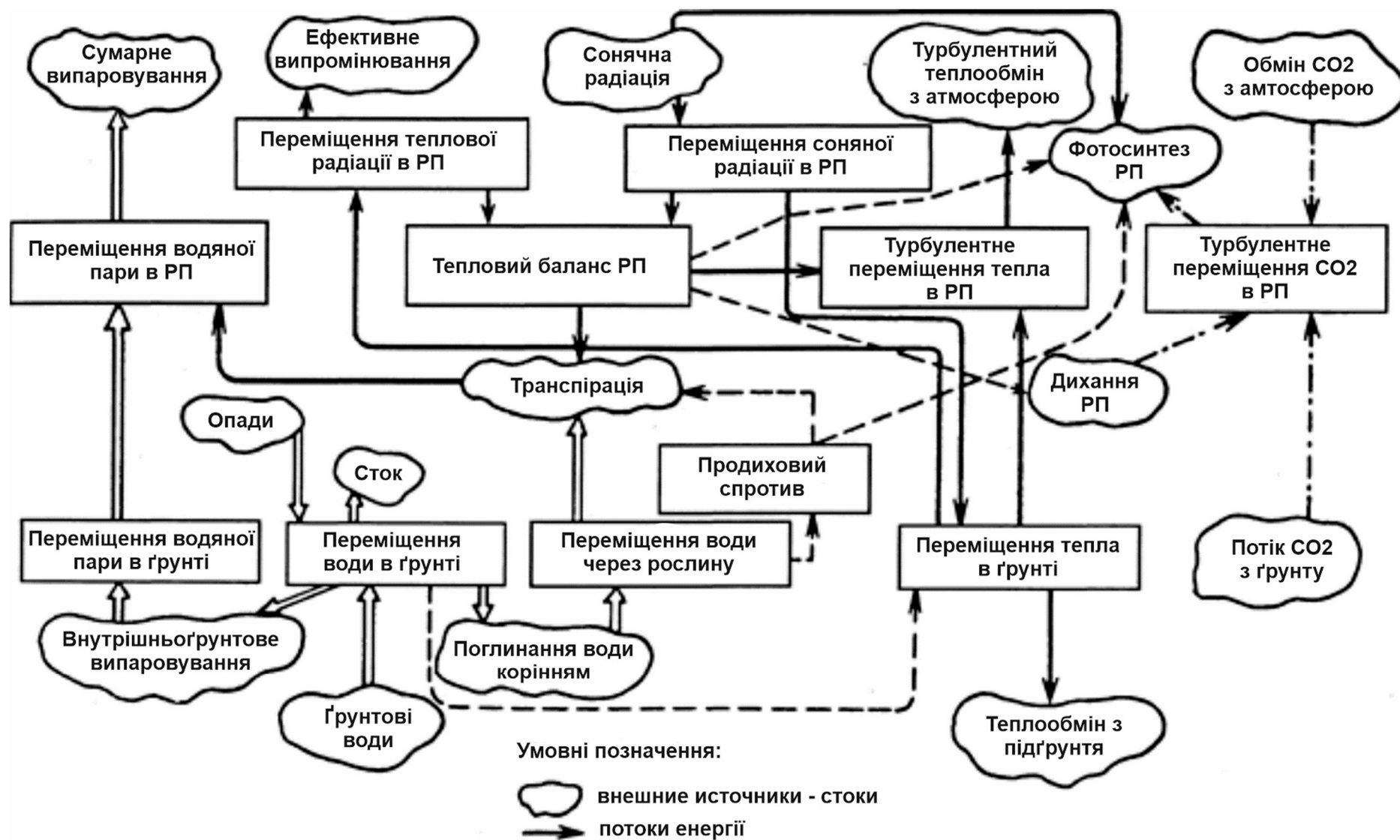


Рисунок 2.8 – Енерго- і масообмін в агроєкосистемі: РП – рослинний покрив (Сиротенко, 1986)

тепловий і водний режими, мінеральне живлення і ін.), біотичних і антропогенних. Продуктивність агроєкосистеми забезпечується інтенсивністю і спрямованістю процесів обміну речовин і перенесення енергії між оброблюваною культурою і навколишнім природним середовищем, що знаходяться під управлінням людини. Від якості управління залежить в кінцевому підсумку екосистемний рівень біологічної організації агроєкосистем.

2.3 Функціональна роль ґрунту в агроєкосистемах

Функції ґрунту. Ґрунт як компонента біосфери бере участь одночасно в процесах біогеоценотичного, літосферного і біосферного структурних рівнів. При цьому в біогеоценозах ґрунт виконує інтегруючі і керуючі функції. Кругообіг речовин в біоценозі залежить від фотосинтезу рослин, а в ґрунті знаходиться керуюча система біогеоценозу. З одного боку, ґрунт є середовищем існування, годувальником та фізичною опорою для величезного числа організмів, а з іншого - регулює кругообіг всіх елементів в біосфері (біогеохімічні цикли), здійснює глобальні екологічні функції[25].

Забезпечення життя на Землі – головна функція ґрунту. Реалізація цієї функції залежить від концентрації в ґрунті в доступних формах хімічних сполук біогенних елементів, необхідних організмам. Ґрунт – своєрідне депо, яке утримує найважливіші біогени (вуглець, азот, фосфор, сірку, кальцій, калій та ін.) від швидкого змиву їх у Світовий океан. Ґрунт акумулює вологу, забезпечуючи в період вегетації потреби в ній автотрофної ланки біогеоценозів. Він служить сферою проживання рослин, тварин, мікроорганізмів і т.д.

Ґрунт впорядковує всі потоки речовин в біосфері, виступаючи в якості сполучної ланки і регулюючого механізму в процесах біологічної та геологічної циркуляції елементів: по суті, він «замикає» всі біогеохімічні цикли.

Ґрунт регулює склад атмосфери та гідросфери. В результаті постійного газообміну між ґрунтом і атмосферою в повітряний басейн трансформуються різні гази (в тому числі і «парникові»), мікрогази. Наприклад, при розкладанні мертвих рослинних залишків у середньому на 1 га суші продукується 84 кг діоксиду вуглецю на добу. Встановлено, що 40...70% цього газу, використовуваного в процесі фотосинтезу, забезпечується «диханням ґрунту». Інша кількість привноситься шляхом

горизонтального і турбулентного переміщення повітряних мас. У свою чергу, ґрунт одночасно поглинає атмосферний кисень. Збагачуючи (вибірково) поверхневі і підземні води хімічними речовинами, ґрунт впливає на гідрохімічний стан вод суші і прибережних акваторій морів і океанів.

Найважливіша глобальна функція ґрунту – є накопичення в поверхневій частині кори вивітрювання, в ґрунтових органогенних горизонтах специфічної органічної речовини – гумусу і пов'язаної з ним хімічної енергії.

Процеси біогенного накопичення, трансформації і перерозподілу енергії, що надходить від Сонця на Землю, протікають в ґрунті безперервно. (Ґрунт виконує своєрідну космічну функцію). Запаси цієї енергії є джерелом життєво важливих процесів. Зосереджена потенційна біогенна енергія в ґрунтовому покриві головним чином у вигляді коренів рослин, біомаси мікроорганізмів і гумусу. Як свідчать експертні оцінки, сумарні запаси енергії, пов'язаної в гумусі ґрунтового покриву всієї суші планети, досягають $4,2 \cdot (10^{15} \dots 10^{16})$ Дж. Вони рівні запасам енергії, що накопичені надземною частиною фітомаси, або перевищують їх. Характерно, що запаси потенційної енергії цілинних чорноземів в гумусовому горизонті на 1 га становлять приблизно $4,2 \cdot 10^2$ Дж. Очевидно, що ґрунтовий покрив, особливо гумусова оболонка суші, служить загальнопланетарним накопичувачем і розподільником енергії, що утворюється в процесі фотосинтезу.

Ґрунт захищає літосферу від впливу екзогенних факторів і регулює інтенсивність геологічної денудації.

Ґрунт виступає як регулятор поширення живих організмів, виконуючи функцію генерування і збереження біологічного різноманіття. Будучи місцем існування безлічі організмів, вона обмежує діяльність одних і сприяє активності інших. Надзвичайна різноманітність ґрунтових різниць зумовлює досить різні умови життєдіяльності організмів. Від цього, зокрема, залежать родючість ґрунтів і стійкість агроєкосистем. Наприклад, чорноземні ґрунти, які характеризуються високою чисельністю мікробного населення, мають високу родючість і кращою стійкістю до несприятливих факторів середовища. Дерново-підзолисті, а особливо підзолисті ґрунти, - відрізняються більш низьким обміненням ґрунтовими мікроорганізмами, невисокою родючістю і слабкою стійкістю до різних токсикантів. Отже, північні ценози відрізняються більшою вразливістю, ніж південні, і це необхідно враховувати в процесі виробничої діяльності.

Значення ґрунту в агроекосистемах. Ґрунт – головний засіб сільськогосподарського виробництва та основа агроекосистем. Людство отримує з ґрунту близько 95% всіх продуктів харчування. Турбота про збереження ґрунтової родючості, «здоров'я» ґрунту повинна бути пріоритетною в сільськогосподарському виробництві.

Ґрунт являє собою життєвий простір, що забезпечує проживання живих організмів.

Ґрунт є механічною опорою для рослин, що на ній зростають.

Незамінна роль ґрунту як зберігача насіння. Здатність ґрунту зберігати насіння протягом декількох років без втрати схожості пояснюється наявністю речовин, що пригнічують проростання насіння. Тим самим в природі підтримуються біорізноманіття та здатність до оновлення рослинних популяцій.

Ґрунт акумулює необхідні для життєдіяльності організмів, що його населяють, воду, поживні та енергетичні речовини, що в значній мірі визначає його родючість.

Ґрунт - своєрідний склад ферментів. У ньому знаходяться всі відомі в живих організмах ферменти, що визначають ґрунтову родючість і його «здоров'я» – пероксидази, нітрогенази, нітратредуктаза, каталаза та ін. Робота цих ферментів визначає азотний режим ґрунту, доступність елементів живлення, а також здатність ґрунту до детоксикації різних поллютантів.

Ґрунт регулює гідротермічний режим. Це дозволяє організмам, що його населяють, зберігати свою життєдіяльність при певних значеннях температури і вологості.

Ґрунт виконує санітарну функцію. Здатність ґрунту до самоочищення за рахунок біоти, яка в ньому мешкає, забезпечує знешкодження багатьох патогенів та токсикантів. Це позитивно впливає на якість сільськогосподарської продукції, стан навколишнього природного середовища.

Ґрунту властива інформаційна функція. Наприклад: перехід навесні температури ґрунту через +5°C стимулює активізацію (збільшення рухливості) азоту, фосфору, калію, тобто зазначена межа температури служить «сигналом» до початку споживання поживних елементів в зв'язку з настанням вегетаційного періоду. Від особливостей ґрунтового покриву залежать «достигання ґрунту», тривалість вегетаційного періоду в різних екологічних умовах. Ґрунт виступає в якості біохімічного бар'єру. Здатність

поглинати різні сполуки, в тому числі токсичні, дозволяє йому виконувати роль хімічного санітара навколишнього середовища і тим самим запобігати надходженню забруднень до сільськогосподарської продукції.

Ґрунт має «пам'ять» (здатність зберігати довгострокову інформацію про екологічний стан території). Це дуже важливо для моніторингу, для прогнозування та ін. Наприклад, за зразками ґрунту, відібраним на початку 20-го століття і в наступні роки, була встановлена динаміка забруднення екосистем токсичними важкими металами приблизно за столітній період.

Було встановлено (1909-1910 рр.), що концентрація одного з найбільш небезпечних важких металів - свинцю - у верхньому 10-сантиметровому гумусовому шарі дерново-підзолистого ґрунту на Лісовій дослідній дачі МСГА становила 6 мг / кг. Останнім часом рівень забруднення ґрунту з цього токсиканту збільшився в 40...50 разів, незважаючи на віддаленість території від напружених міських магістралей.

Ґрунтостомлення. Розглядаючи функціональну роль ґрунту в еко- і агроєкосистемах, не можна залишати поза увагою певну її обмеженість. Тобто, ці функції не безмежні і внаслідок виробничої діяльності можуть порушуватися. Один із прикладів таких порушень – так звана «стомлюваність ґрунтів». Показником ґрунтового стомлення може бути різке зниження врожайності сільськогосподарських культур, що спостерігається при беззмінному обробітку (або частому поверненні на колишнє поле сівозміни) рослин одного і того ж роду. Найбільш часто це відзначається при повторних посівах льону, соняшнику, цукрових буряків, бавовнику і деяких інших культур.

Основні причини ґрунтостомлення - накопичення в ґрунті токсичних речовин, що виділяються корінням рослин і мікроорганізмами, розкладання специфічних шкідників, збудників хвороб і бур'янів. Встановлено, що коренева система вівса виділяє ськополетін (речовина, близька до кумарину), що володіє інгібуючою дією. У продуктах виділення кореневої системи льону є ряд ароматичних з'єднань (агликон, ферулова, п-кумаринова і п-гідробензойна кислоти), які мають певну токсичність. У коренях люцерни акумулюються алкалоїди, які дифундують в ґрунт.

Через можливість продукування мікотоксинів при ґрунтостомленні і сформованих екологічних умов, сприяючих прояву цього процесу, стає реальною небезпека зараження ґрунтів, що представляє серйозну загрозу.

Запобігти ґрунтовому стомленню досить просто. Необхідно дотримуватися сівоzmіни, оздоровлювати ґрунти шляхом внесення органічних добрив, сидератів, вирощувати стійкі сорти і т.д.

В зарубіжних країнах є спеціальні служби, які призовані стежити за станом ґрунтової родючості. За їх висновками регулярно вилучаються з сільськогосподарського обороту землі для оздоровлення та відновлення родючості, що забезпечує збереження екологічних функцій ґрунтів.

Контрольні запитання

1. Охарактеризувати біопродуктивність агроєкосистем.
2. Дайте визначення агроєкосистеми.
3. Що розуміють під структурою агроєкосистем?
4. Класифікація агроєкосистем?
5. Які виділяють типи агроєкосистем за природною родючістю ґрунту і умовами його відтворення?
6. Розкрити поняття сестайнінгу.
7. У чому схожість і відмінності природних - і агроєкосистем ?
8. Шляхи підвищення продуктивності агроєкосистем.
9. Типи агроєкосистем за енергетичними особливостями природних зон Земної кулі.
10. Основні процеси обміну речовин та енергії в зоні сільськогосподарського виробництва.
11. Які особливості формування кругообігу речовин в агроєкосистемах?
12. Функції ґрунту в біосфері.
13. Охарактеризувати значення ґрунту в агроєкосистемах.
14. Що таке ґрунтостомлення? Основні причини ґрунтостомлення.

3 ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Біогенне забруднення вод. Сільськогосподарські джерела біогенного навантаження

Підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів в результаті накопичення в воді біогенних елементів під впливом антропогенних або природних чинників отримало назву *евтрофікація водойм*. Початковим етапом процесу евтрофікації визнано надмірне надходження біогенних елементів в водотоки і водойми.

У геологічних масштабах часу водойми поступово збагачуються біогенами, іншими наносами з суші, тобто евтрофікація є складовою частиною природного процесу. Проте господарська діяльність людини значно прискорює цей процес: за кілька десятиліть антропогенний фактор евтрофікації призвів до змін, які в природному ритмі відбулися б у водоймах за десятки тисяч років. Цьому сприяло будівництво каскадів ГЕС і водосховищ, рекреаційні заходи, судноплавство, скиди промислових, комунально-побутових та тваринницьких стічних вод, злизові стоки житлових територій і т.д.

Найбільш швидко процес антропогенного евтрофування розвивається в водоймах, площі водозборів яких освоюються сільськогосподарським виробництвом. Фактори інтенсифікації рослинництва і тваринництва (механізація, меліорація і особливо хімізація і промислове виробництво) стали потужним прискорювачем процесу евтрофікації вод.

Вплив сільського господарства як джерела надходження біогенних речовин у водні ресурси зростає в зв'язку зі збільшенням розораності територій, трансформації угідь потужною технікою і гідромеліорації, розвитком процесів хімізації на основі як мінеральних, так і органічних добрив. Ці чинники викликають зміну величини і спрямованості потоків біогенних елементів в агроландшафтах.

Основними джерелами біогенного навантаження в межах аграрних територій є сільськогосподарські угіддя (рілля, сіножаті, пасовища), об'єкти тваринництва (приміщення для утримання худоби, відстійники стічних вод, гноєсховища та гноївкозбірники), склади мінеральних добрив, сільські населені пункти і території садово-городніх товариств, а також природний рослинний покрив (ліси, луки, болота) і атмосферні опади

(рис. 3.1). Ці джерела підрозділяються на розсіяні (дифузні, або площеві) і точкові (сконцентровані в межах обмеженого простору).

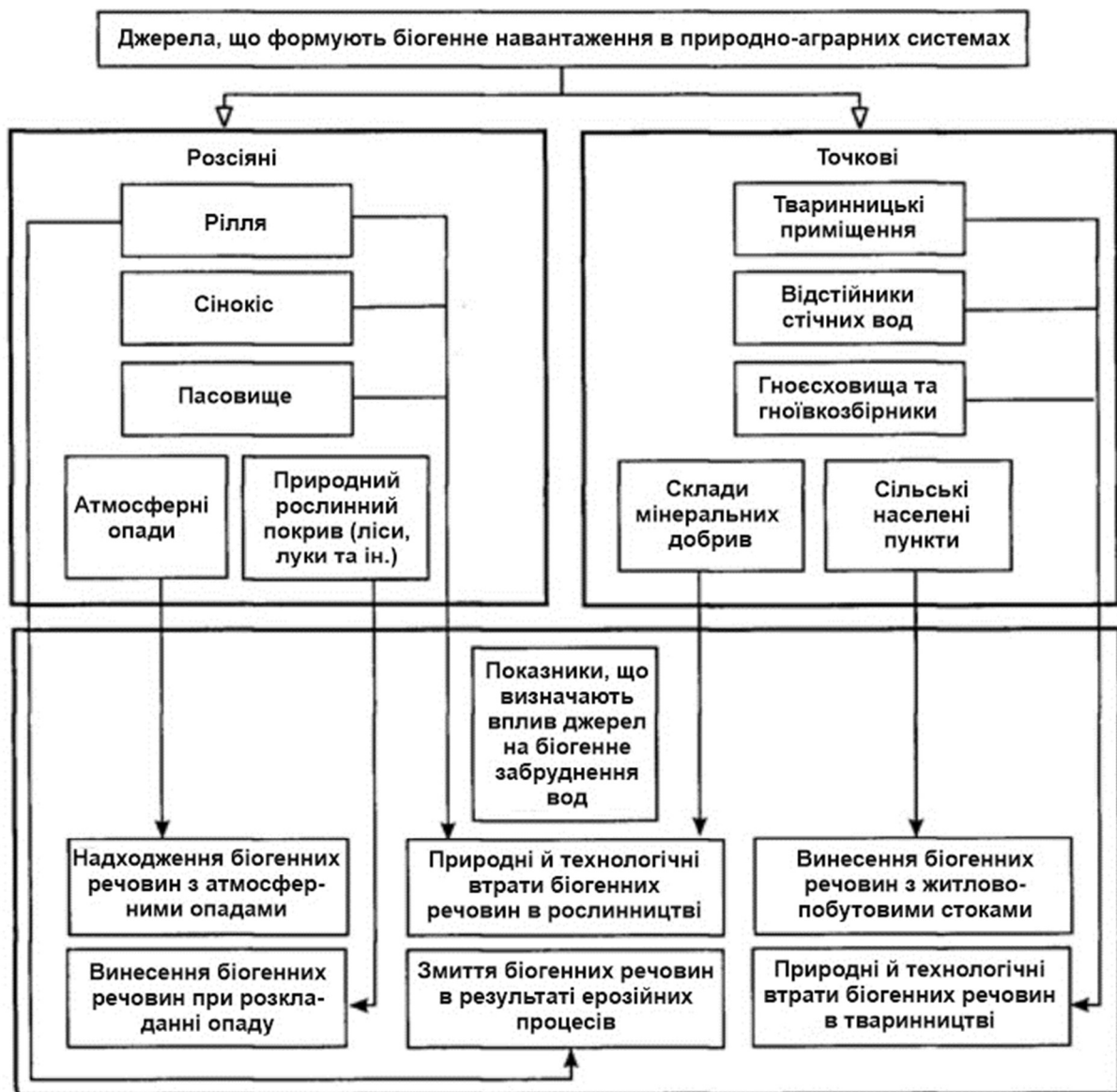


Рисунок 3.1 – Основні джерела формування біогенного навантаження (Хрисанов, Осипов, 1993)

Вплив розсіяних і точкових джерел біогенного навантаження агроєкосистем на забруднення вод визначається наступними показниками: втрати біогенних речовин в рослинництві і тваринництві; змив біогенів в результаті ерозійних процесів; винос поживних речовин з комунально-побутовими стоками сільських населених пунктів; надходження біогенних речовин в природне середовище з атмосферними опадами і з природним рослинним опадом, що розклався.

Втрати біогенних речовин в рослинництві умовно можна розділити на природні і технологічні. Перші в основному залежать від інтенсивності оранки території, прийомів землеробства, кількості внесених мінеральних добрив і обсягу поживно-коренових залишків, що утворюються після збирання врожаю культурних рослин, а другі – від різних порушень, що відбуваються під час доставки і внесення добрив на сільськогосподарські угіддя.

Рослинництво – один із значущих і складних елементів агроєкосистем, що здійснює неординарний вплив на формування біогенного навантаження.

Оранка території, змінюючи умови формування водного стоку, сприяє активному виносу біогенних речовин в природне середовище і водотоки. Розорані ґрунти в порівнянні з їх природними аналогами мають зовсім інші водно-фізичні властивості. Для них характерні низька водопроникність і значний поверхневий стік.

Інтенсивний розвиток процесів фізико-механічного вивітрювання і змиву ґрунтоутворюючих порід сприяє підвищенню мінералізації поверхневих вод. У той же час рослини відіграють значну роль в стримуванні і зниженні змиву і вимивання біогенів.

Площа ерозійно небезпечних і схильних до ерозії сільськогосподарських угідь становить в Україні близько 18 млн га. Щорічно близько 25 тис. га чорноземів виводиться зі сфери сільськогосподарської діяльності в результаті зростання ярів. На багатьох розчленованих територіях з чорноземними ґрунтами більше 50% розораних земель еродовані і є потужним джерелом надходження біогенних речовин у водні об'єкти.

Додатковий транспорт біогенів пов'язаний і з агротехнічними прийомами. Так, осіння підготовка ґрунту під ярі та просапні культури замість весняної сприяє зменшенню поверхневого схилового стоку і в підсумку призводить до скорочення виносу біогенних речовин. Однак, разом з тим зяблева оранка порушує протиерозійну стійкість ґрунтового покриву і сприяє збільшенню виносу біогенів з продуктами ерозії.

При тривалому застосуванні великих доз добрив винос біогенних речовин з поверхневим стоком зростає внаслідок їх накопичення в орному шарі ґрунту. Аналогічна картина спостерігається при внесенні добрив по мерзлому ґрунту і особливо навесні по талому снігу. Це підтверджують наведені нижче дані по виносу біогенних речовин (мг/л) з

сільськогосподарських угідь з поверхневим стоком при внесенні 1 кг діючої речовини на 1 га (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Винос біогенних речовин (мг/л) з с.-г. угідь з поверхневим стоком (Хрисанов, Осипов, 1993)

Спосіб внесення добрив	Азот	Фосфор
Восени під оранку	0,010	0,0013
Восени поверхнево	0,085	0,0310
Восени поверхнево по мерзлому ґрунту	0,216	0,0510
Навесні по талому снігу	0,866	0,5940

Ерозія ґрунтів, стимулюючи винос біогенних речовин з водозбору, активно впливає на біогенне забруднення вод, в першу чергу фосфором. Оранка, особливо зяблева, призводить до того, що втрати фосфору з твердим стоком стають переважаючими і досягають більше 90% його загальних втрат. Масштаби впливу ерозійних процесів на біогенне забруднення вод дуже великі. Наприклад, з кожною тонною твердого стоку з 1 га сільськогосподарських угідь виноситься близько 1 кг загального фосфору (рис. 3.2).

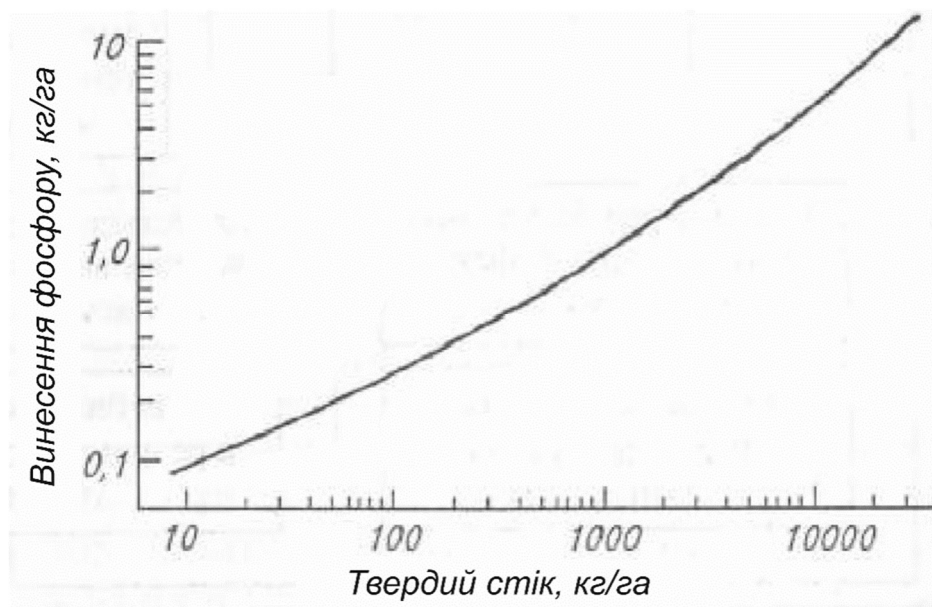


Рисунок 3.2 – Внесення загального фосфору в залежності від твердого стоку (Хрисанов, Осипов, 1993)

Територіальні особливості змиву біогенів добре простежуються при розгляді умов поверхневого змиву дощовими водами. Промивний тип водного режиму, при якому кількість опадів, що випадають перевищує кількість випаровування з ґрунту вологи, є важливим фактором вимивання елементів з ґрунту. Чим більше води просочується через кореневмісний шар ґрунту, тим вище втрати рослинами елементів живлення і тим більше їх кількість потрапляє в підземні води. Інфільтрацію атмосферних опадів в зв'язку з процесом посилення біогенного навантаження досліджують в різних умовах, що дозволяє виявити фактори зниження інтенсивності даного процесу.

Просочування, а отже, і вимивання елементів залежать від багатьох факторів: пори року, кількості опадів, їх інтенсивності та виду, температури повітря і ґрунту, властивостей ґрунту, виду рослин, їх врожайності і ступеня забезпеченості добривами.

Найбільша кількість інфільтраційних вод утворюється в ранньовесняний період, коли насиченість ґрунту вологою перевищує повну польову вологоємність. Аналогічна ситуація складається в осінньо-зимовий період, коли ґрунт вільний від рослинності. У пізньовесняний і літній періоди основна маса опадів, що випадають витрачається на транспірацію і створення фітомаси. Ця закономірність атмосферно-ґрунтово-водних процесів, як і використання протиерозійної функції рослин, є визначальною при обґрунтуванні агрохімічних прийомів.

Чіткий зв'язок між стійкістю агроєкосистем і станом водних ресурсів виявляється і при розгляді інфільтраційних процесів: кількість води, яка просочується по профілю ґрунту змінюється в залежності від його гранулометричного складу, що обумовлено відмінностями у вологоємності і водоутримуючої здатності. Чим вище родючість ґрунту та вміст в ньому гумусу, тим більше його гігроскопічність, а отже, і такі показники, як вологоємність і водоутримуюча здатність. У той же час забезпеченість рослин біогенами і вологою в найбільш критичні фази розвитку сприяє максимальному засвоєнню поживних речовин і зниження їх вимивання, тобто стан рослин відіграє досить важливу роль у розвитку процесів змиву і вимивання. Важливу роль у розвитку цих процесів відіграє також вдосконалення посівних площ шляхом введення травосіяння, використання проміжних і поживних культур і т.д. *Поживні посіви* в сівозміні зменшують вимивання азоту на 50%, фосфору – на 30%; на площах, зайнятих під *багаторічні трави*, втрати азоту знижуються на 30-40%.

В умовах використання інтенсивних технологій в рослинництві зниження вимивання досягається комплексом заходів.

Наприклад: оптимальне внесення добрив в періоди активного споживання біогенів рослинами; застосування слаботорозчинних, повільнодіючих видів мінеральних добрив; використання таких форм мінеральних добрив, які не містять несорбованих ґрунтом іонів; застосування інгібіторів нітрифікації; дотримання нормативів по дозам і способам внесення добрив, особливо рідких органічних, і т.д.

В табл. 3.2 представлені кількісні показники середнього щорічного виносу біогенів в водні об'єкти для різних типів ґрунтів.

Таблиця 3.2 – Середній щорічний винос біогенів в водні джерела, кг / га (Черников та ін., 2000)

N- NO ₃	10 ... 30	K	10 ... 20
Ca	140 ...180	P ₂ O ₅	0,4 ... 1,0
Mg	25 ... 40	S -SO ₄	40 ... 60

Тваринництво поряд з рослинництвом є важливим джерелом біогенного забруднення вод. Ступінь його впливу на водні об'єкти залежить від загального поголів'я худоби, від особливостей розташування тваринницьких ферм і комплексів на водозборах, від технології утримання тварин.

На значній частині території України більшу частину року худоба знаходиться в стійлах. При стійловому утриманні худоби накопичуються великі маси гною. Через недосконалу утилізацію в водні системи виносяться чималі кількості грубодисперсної малорозкладеної органіки і біогенних речовин. Втрати органічних відходів на фермах і комплексах становлять 20 -40% їх обсягу.

У пізньовесняний і літній періоди тварин переводять на пасовища. При випасі худоби на пасовищах також відбувається винос біогенних речовин в водотоки, оскільки пасовищні угіддя найчастіше розміщують в річкових долинах.

Вплив тваринництва на біогенне забруднення вод обумовлене і тим, що ферми і комплекси розташовуються переважно в безпосередній близькості від річок і озер. Оскільки тривалість міграційного шляху біогенів від їх джерел до водних об'єктів невелика, вони не встигають закріпитися в

ґрунті і їх концентрація залишається високою (табл. 3.3, рис 3.3).

Втрати біогенних речовин на всіх стадіях виробництва рослинницької і тваринницької продукції відбуваються також за рахунок порушення використовуваних технологій, що істотно збільшує винос біогенів в водотоки. Фактори, що сприяють збільшенню втрат міогенів такі: відсутність (недостатня ємність) гноєсховищ і гноївкозбірників при фермах і комплексах; розміщення ферм і комплексів в безпосередній близькості від урізу води; несвоєчасне переорювання вивезених на поля добрив; недосконала технологія компостування і зберігання гною; доставка добрив на поля на необладнаній для цієї мети техніці; відсутність підготовлених складів для мінеральних добрив.

Таблиця 3.3 – Вміст біогенних речовин у відходах тваринництва, г/доб. на голову (Черников та ін., 2000)

Вид худоби	Азот	Фосфор	Калій
КРХ	180	87	190
Свині	38	16	50

3.2 Екологічні проблеми меліорації земель

Природні властивості ґрунтів різних районів найчастіше не дуже сприятливі для ефективного сільськогосподарського використання. Кислотність підзолистих ґрунтів, засоленість ґрунтів аридних (посушливих) областей, а також мезо- і мікрорельєф окремих земельних ділянок (круті схили, яри, наявність валунів, купин, каменів і т.д.) вимагають застосування певних зусиль людини по перетворенню природних властивостей не тільки ґрунту, але і рельєфу, клімату, рослинності.

Направлене поліпшення несприятливих властивостей природного середовища з метою максимально повного використання природно-ресурсного потенціалу називають меліорацією.

Меліорація – система науково обґрунтованих організаційно-господарських, технічних, біологічних та інших заходів, спрямованих на поліпшення природних умов використовуваних територій.

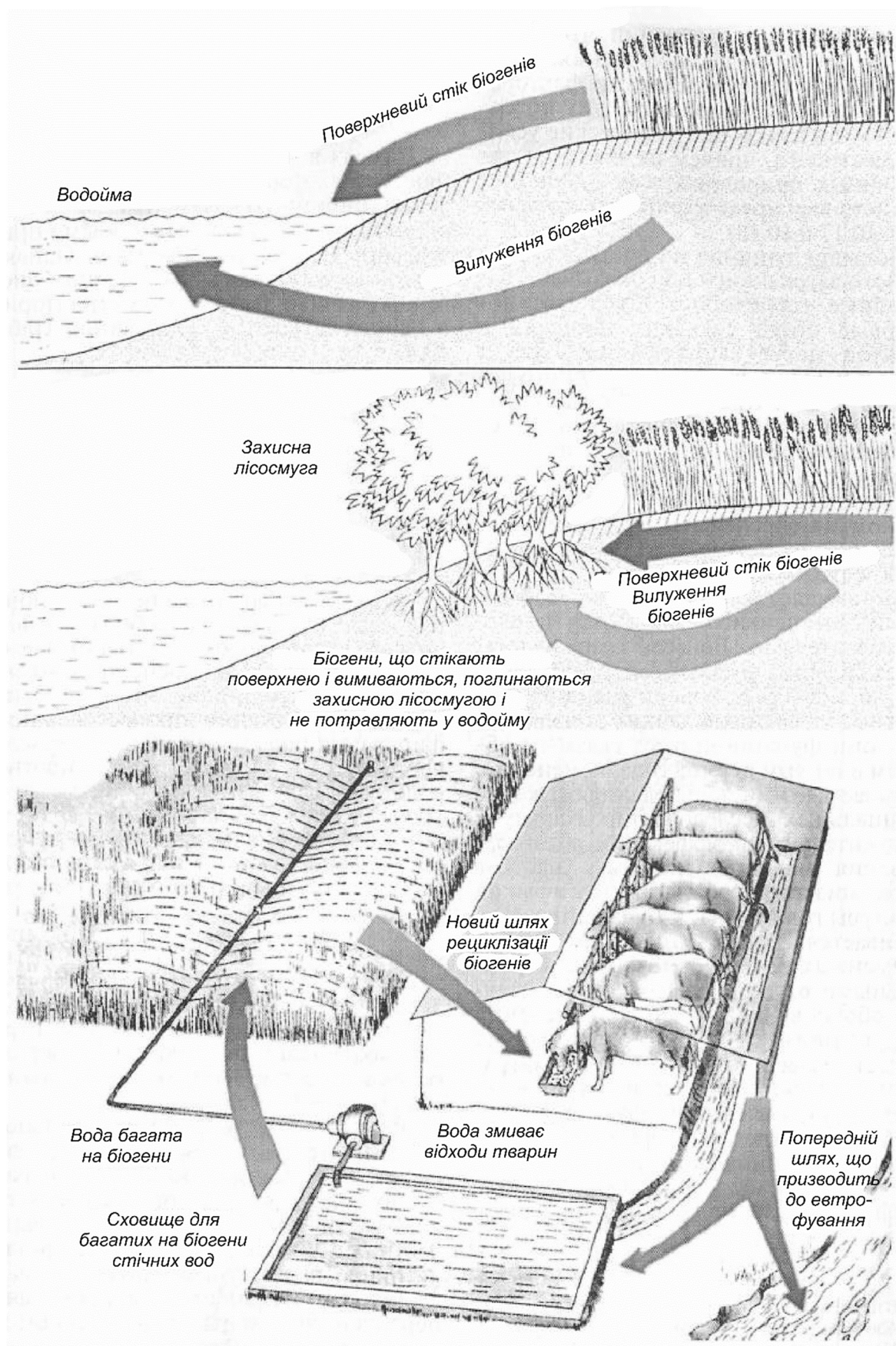


Рисунок 3.3 – Процес рециклізації біогенів в агроландшафті (Небел, 1993)

Сільськогосподарська меліорація переважно орієнтована на поліпшення ґрунтових, гідрологічних і кліматичних умов сільськогосподарських угідь і включає зрошення, обводнення, осушення земель, протиерозійні заходи, розсолення ґрунтів і т. д. Об'єктами меліорації можуть бути також ліси, ландшафти, клімат, водні об'єкти, порушені землі і ін. В зв'язку з цим виділяють різні види і способи меліорації (табл. 3.4). Екологічно обґрунтовані меліоративні роботи дозволяють одночасно вирішувати істотні питання охорони природи і поліпшення якості середовища.

Таблиця 3.4 – Зведена таблиця деяких основних видів і способів меліорації (Черников та ін., 2000)

Види меліорації	Підвиди	Способи
Кліматичні	Мікрокліматичні Мезо- і макрокліматичні	Обігрів плантацій димленням; укриття; полив. Виклик опадів з хмар; розсіювання хмар; знищення граду; виклик танення льодовиків; зміна течій річок; створення гідротехнічних споруд і штучних водойм
Водні	Зрошувальні	Поверхневе, підґрунтове, лиманове зрошення, дощування
	Осушувальні	Відкритий спосіб; закритий дренаж; обвалування
Снігові		Снігозатримання, снігонакопичення, ущільнення снігу, затримання талих вод
Фітомеліорації	Лісомеліорації	Лісонасадження на полях гірських схилах, зрошуваних землях і пісках
	Чагарникові та трав'янисті	Використання псамофітів і чагарників для закріплення пісків
Земельні	Боротьба з ерозією	Регулювання поверхневого стоку, випасу худоби; закріплення ярів; ґрунтозахисні заходи
	Культурно-технічні	Знищення механічних перешкод при обробці ґрунту; знищення дикої рослинності, хімічна меліорація незручних і малопродуктивних земель; терасування схилів
	Підвищення родючості оброблюваних земель	Вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів; внесення добрив; боротьба з бур'яном рослинністю; створення потужного рослинного покриву

Найчастіше меліорації спрямовані на зміну якого-небудь одного компонента екосистеми. Наприклад, заходи щодо створення нових та вдосконалення існуючих джерел отримання води або, навпаки, усунення надмірної зволоженості, регенерації порушених процесів самовідновлення природної якості поверхневих і підземних вод (такого роду роботи об'єднуються під загальною назвою – гідромеліорація.)

В цілому ж, на думку фахівців, в процесі господарської діяльності необхідно проводити більш ніж 35 видів меліорації. Одна з основних серед них – меліорація ґрунтів, здійснювана шляхом штучного регулювання їх водного, повітряного, сольового, теплового, біохімічного та фізико-хімічного режимів. Як свідчить багаторічна практика, для регулювання і зміни перерахованих властивостей ґрунту застосовується близько 30 видів меліорації ґрунтів (зрошення і осушення, гідромеліорація і фітомеліорація, піскування глинистих ґрунтів і глинування легких і торф'яних, гіпсування та вапнування, внесення поверхнево-активних сполук і т.д.).

Кожен вид меліорації, діючи на основний «меліорований» компонент, безпосередньо або опосередковано впливатиме на суміжні території та компоненти, що з екологічної точки зору не завжди бажано, а часом і вкрай небезпечно. Такі небажані процеси найчастіше супроводжують гідромеліорацію, будучи переважно її наслідком. Це характерно як для осушення, так і для зрошення. Дані види меліорації зазвичай кардинально змінюють природні гідрологічні процеси. Масштабність їх використання на планеті обумовлена тим, що аридні (посушливі) і семиаридні (напівпосушливі) землі займають понад 50% поверхні суші. Володіючи родючими властивостями, вони зазнають нестачу вологи. У нашій країні близько 75% орних земель розташовано в зонах нестійкого або недостатнього зволоження.

Меліорація земель покликана сприяти отриманню високих і сталих урожаїв, підвищення родючості ґрунту і раціональному використанню земельних ресурсів.

До неї відносяться: зрошення і осушення земель; обводнення пасовищ; регулювання течії річок і поверхневого стоку вод; промивка водою засоленого ґрунту; вентиляція ґрунтів, що погано проводять повітря, за допомогою підземних дренажів; пристрій гідротехнічних споруд і валів для запобігання ерозії ґрунтів; видалення вимоїн та закріплення ярів; зміцнення сипучих пісків, заліснення, сидерація і внесення органічних добрив; ґрунто- і полезахисне лісонасадження; докорінне поліпшення хіміко-фізичних

властивостей ґрунту шляхом вапнування, гіпсування і внесення органічних і мінеральних добрив; усунення солонцевих плям на полях, пасовищах і сінокосах; корчування пнів, зведення чагарнику, прибирання валунів і каменів з полів, луків і пасовищ, знищення купин, вирівнювання мікрорельєфу. Кожен вид цих робіт виконують в залежності від господарської необхідності та доцільності з урахуванням природних умов даної місцевості. При цьому найбільш повний господарський і економічний ефект меліорація дає при комплексному здійсненні системи меліоративних заходів. Наприклад, використання мінеральних добрив на полях з підвищеною кислотністю ґрунтів обов'язково повинно супроводжуватися вапнуванням; зрошення полів дає належний ефект в поєднанні з внесенням мінеральних і органічних добрив, обробітком на полях спеціально виведених сортів рослин, перестроюванням дренажної мережі при строгому дотриманні норм поливу.

Зміни водного балансу різних територій і річкового стоку під впливом господарської діяльності, ймовірність негативних наслідків в результаті цілеспрямованих і ненавмисних відхилень антропогенних процесів від їх складеної природної динаміки вже давно цікавили дослідників. Основи комплексних воднобалансових досліджень, результати яких дозволяють виявити роль ґрунтового і рослинного покриву річкових водозборів в зміні водоносності річок і процесів, що визначають вологообмін в ґрунтах, були закладені В.В. Докучаєвим, А.І. Воєйковим, А.А. Ізмаїльським, П.А. Костичевим ще в кінці дев'ятнадцятого століття.

Наступні роботи з вивчення проблем зрошення (А. М. Алпасьєв, А.Н. Кістяков, Н.А. Мосієнко, С.І. Харченко, В.В. Шабанов, І.А. Шикломанов, Б.Г. Штепа та ін.) дозволили створити досить реальну картину можливих екологічних змін природних комплексів під впливом зрошення.

3.2.1 Екологічні наслідки зрошення

Зрошення – один з найдавніших способів підвищення продуктивності ґрунтів, а в даний час - один з найважливіших напрямків інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в регіонах з недостатнім і нестійким природним зволоженням.

Зрошуване землеробство спирається на певні природні закономірності, які повинні лежати в основі будь-якого комплексу

природоперетворюючих заходів: закон мінімуму; закон рівнозначності і незамінності факторів росту; закон оптимуму; закон взаємодії (сукупної дії) факторів. Прояви цих законів при проведенні заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунту і продуктивності вирощуваних культур, вивчені і представлені В.Р. Вільямсом як основи наукового ґрунтознавства.

Застосування сучасних методів досліджень на зрошуваних масивах, проведення багатфакторних стаціонарних польових дослідів, які забезпечують комплексний підхід до вивчення змін, що супроводжують процес зрошення, а також є його наслідком, дозволяють встановити закономірності, характерні для різних умов аридності. Отримані до теперішнього часу результати свідчать, що в зрошуваному землеробстві в зв'язку з інтенсивним застосуванням поливів, добрив і засобів захисту рослин проявляються нові закономірності у взаємодії екологічних факторів. Виникає необхідність розробки спеціальних заходів з охорони навколишнього природного середовища.

Одне з найбільш небезпечних наслідків зрошення – **засолення земель** (табл. 3.5). Щорічно через засолення на планеті випадає з обігу понад 300 тис. га зрошуваних земель, а загальна площа засолених земель і, що стали безплідними сягає 25 млн га.

Засолення широко поширене в районах, де здавна використовували зрошення (Єгипет, Ірак, Індія, Пакистан і ін.). Так, в долині р. Ніл засоленню піддано 1,2 з 1,7 млн га (більше 70%); в Іраку близько 50% зрошуваних площ; в долині р. Інд 10 з 15 млн га (67%). У США засолені масиви займають більше 27%. У колишньому СРСР з 1960 по 1980 р в середньому з кожної тисячі зрошуваних гектарів засолені 184 га (в тому числі 141 га ріллі). Загальна ж площа засолених земель досягала 3,5 млн га (в тому числі понад 2,5 млн га ріллі), що становило близько 20% сумарної площі зрошуваних земель.

Засолення ґрунтів є підвищення вмісту в них легкорозчинних солей (*карбонату натрію, хлоридів, сульфатів*). Якщо процес засолення обумовлений засоленістю ґрунтоутворюючих порід, привносом солей ґрунтовими і поверхневими водами, то засолення називають первинним або залишковим.

У природних умовах засолення відбувається за рахунок випадання солей з засолених ґрунтових вод, а також в результаті еолового привнесення ззовні (моря і океани, солоні озера). Важливим джерелом солей в ландшафті, в тому числі в ґрунтових водах і ґрунтах, є засолені материнські породи

(особливо соляні куполи). Деяка кількість солей може надходити в верхні горизонти ґрунту з опадом рослин-галофітів (солянок). На зрошуваних масивах істотним джерелом солей в ґрунтах можуть бути *зрошувальні води*.

Таблиця 3.5 – Класифікація ґрунтів за ступенем та якістю засолення (Черников та ін., 2000)

Стан сільськогосподарських рослин який характеризується середньою солестійкістю	Ґрунти	Тип засолення						
		Содовий	Хлоридно-содовий і содово-хлоридний	Сульфатно-содовий і содово-сульфатний	Хлоридний	Сульфатно-хлоридний	Хлоридно-сульфатний	Сульфатний
		вміст водорозчинних солей (щільний залишок) в горизонті максимального скупчення (шар 0...60 см),%			вміст водорозчинних солей (щільний залишок) в шарі (0...100 см),%			
Хороші зростання і розвиток; випадів немає; урожай нормальний	Незасолені або слабо засолені	<0,10	<0,15	<0,15	<0,15	<0,20	<0,25	<0,30
Слабке пригнічення; випадів рослин; зниження врожаю на 10 ... 12%	Слабо засолені	0,10... 0,20	0,15... 0,25	0,15... 0,30	0,15... 0,30	0,20... 0,30	0,25... 0,40	0,30... 0,60
Середнє пригнічення; зниження врожаю на 20 ... 25%	Середньозасолені	0,20... 0,30	0,25... 0,40	0,30... 0,50	0,30... 0,50	0,30... 0,60	0,40... 0,70	0,60... 1,00
Сильне пригнічення; зниження врожаю на 50 ... 80%	Сильно засолені	0,30... 0,50	0,40... 0,60	0,50... 0,70	0,50... 0,80	0,60... 1,00	0,70... 1,20	1,00... 2,00
Вживають поодинокі рослини; врожаю практично немає	Солончак	>0,50	>0,60	>0,70	>0,80	> 1,00	> 1,20	>2,00

Один з основних методів оцінки процесу засолення – складання *сольового балансу* для даного ґрунту або земельного масиву. Баланс являє собою сумарний запас легкорозчинних солей в ґрунті, рівний різниці між *прибутковими статтями балансу* (надходження солей з ґрунтових вод, еолове привнесення солей, надходження солей із зрошувальних вод, рослинних залишків, що мінералізуються, з добрив) і його *витратними статтями* (відтік солей з ґрунту в ґрунтові води з атмосферними опадами, що просочуються, винос із зрошувальними водами, видування солей вітром з поверхні ґрунту, винос солей з урожаєм сільськогосподарських культур).

Прийнято виділяти три типи сольового балансу ґрунтів: стабільний (запас солей в ґрунтовій товщі не змінюється); баланс засолення (запас солей в ґрунті зростає); баланс розсолення (запас солей у ґрунтовій товщі зменшується).

Несприятливий вплив засолення ґрунту на розвиток сільськогосподарських культур пов'язаний не тільки з підвищеним осмотичним тиском ґрунтового розчину, погіршенням водно-фізичних властивостей ґрунтів, особливо в провінціях содового засолення, і несприятливим сольовим складом, але і з підвищеною концентрацією сполук бору, яка може досягати токсичного для рослин рівня – 0,3...1,0 мг/л. Найбільш чутливі до бору майже всі плодові культури.

У солончаках солевмісні мінерали і легкорозчинні солі накопичуються на поверхні ґрунту, а в автоморфних, полугідроморфних і гідроморфних солонцях – відповідно в нижній, верхній і середній частинах ґрунтового профілю.

Присутність в ґрунтах легкорозчинних солей несприятливо впливає на ріст і розвиток рослин. Велика частина зернових культур знижує врожайність при електропровідності, що становить 4...6 мСм/см. Для овочевих і плодових культур ці величини набагато нижче (1...2 мСм/см).

Негативний вплив легкорозчинних солей на рослини пов'язаний з сукупною дією трьох різних факторів. Переважну роль зазвичай грає *високий осмотичний тиск ґрунтового розчину*, обумовлений збільшеним вмістом розчинених солей і призводить до погіршення поглинання вологи рослинами. Тому на засолених ґрунтах рослини часто страждають від посухи навіть при високій вологості ґрунту.

Ще один фактор, що перешкоджає нормальному росту рослин, - *специфічний вплив іонів Cl , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , іноді NO_3^- і K^+* . Коли в листі накопичується більше 0,5% Cl або більше 0,2% Na

(в розрахунку на суху масу), відбувається обгорання листя, вони набувають бронзового забарвлення, виникають некрози. Передбачається, що при високій концентрації в розчині іонів Na^+ і Cl^- в рослинах порушується процес транспірації. Найбільш чутливі до хлору рослини проявляють ознаки гноблення при концентрації Cl в витяжці з насиченою грунту, що становить 5...10 мг екв/л. Висока концентрація в ґрунтовому розчині іонів Ca^{2+} призводить до порушення живлення рослин катіонами Mg^{2+} і K^+ , а високий вміст Na^+ – катіонами Ca^{2+} і Mg^{2+} . Присутність соди (HCO_3^-) обумовлює лужну реакцію середовища, що перешкоджає нормальному розвитку більшості сільськогосподарських культур.

І нарешті, третій фактор, що обумовлює несприятливий вплив легкорозчинних солей на рослини, – *різке погіршення фізичних властивостей ґрунтів в присутності катіонів натрію*. При цьому відбувається втрата структури ґрунту, погіршуються її водний і повітряний режими.

Основний меліоративний прийом, спрямований на підвищення продуктивності засолених ґрунтів, – промивка водою, завдяки яким при наявності дренажу з ґрунтового профілю видаляються легкорозчинні солі, тобто солі, розчинність яких більше 2 г/л. Через низьку водопроникність особливо погано піддаються меліорації ґрунти содового засолення, що не містять гіпсу. У таких випадках для підвищення врожайності сільськогосподарських культур доцільний підбір солестійких видів рослин.

Найчастіше засолення відбувається при нераціональному зрошенні. Цей процес називають вторинним засоленням. Ґрунти вважають засоленими, якщо вони містять більше 0,10% за масою токсичних для рослин солей або більше 0,25% солей в щільному залишку (для безгіпсових ґрунтів). Розрізняють багато форм засолення і різновидів засолених ґрунтів.

Процесу вторинного засолення можуть піддаватися ґрунти, що природно засолюються, остаточно-засолені, початково незасолені або глибоко розсолені. Основний механізм вторинного засолення – привнесення солей із зрошувальними водами в розчинному або підвішеному стані і випадання солей в ґрунтовій товщі з мінералізованих ґрунтових вод, рівень яких при зрошенні часто піднімається. Останнє явище особливо поширене на рівнинних, погано дренажованих територіях. При недостатньому дренажі вторинне засолення може призвести до катастрофічних наслідків. Через велике накопичення солей в ґрунтах великі масиви зрошуваних земель

стають непридатними для землеробства і їх доводиться виводити з сільськогосподарського використання.

Вторинне засолення ґрунтів на зрошуваних ділянках часто супроводжується забрудненням ґрунтів важкими металами, пестицидами, гербіцидами, нітратами, сполуками бору.

Серед застосовуваних в даний час прийомів інтенсифікації зрошення - один з найбільш дієвих способів створення керованих аграрно-іригаційних ландшафтів. При цьому особливої уваги потребують питання впливу зрошення на ґрунтову родючість.

Розглядаючи можливі негативні наслідки, що виникають при зрошенні, не можна залишати поза увагою і такий фактор, як якість поливної води.

Джерелами зрошення є відкриті водні об'єкти: річки, озера, водосховища. В даний час виділяють п'ять класів якості води за її хімічним складом:

I клас – вода, придатна для всіх культур і типів ґрунтів, концентрація солей до 0,5 г/л;

II клас – вода, яку можна використовувати для більшості культур і ґрунтів з дренажем, концентрація солей з 0,5 до 1,0 г/л;

III клас – вода, застосування якої допускається на легких ґрунтах з щорічними профілактичними промивками і при вирощуванні солестійких культур, концентрація солей від 1,0 до 2,5 г/л;

IV клас – вода, застосування якої допускається при розведенні і поліпшенні її якості, концентрація солей від 2,5 до 5,0 г/л;

V клас – вода, використовувати яку для зрошення недоцільно, концентрація солей більше 5,0 г/л.

Важливою причиною засолення ґрунтів є підняття мінералізованих ґрунтових вод вище певного критичного рівня. Ґрунтова вода досягає його при наближенні капілярної зони до кореневого шару.

Оптимальний рівень ґрунтових вод (РГВ) істотно варіює залежно від типу ґрунтів, ступенем мінералізації ґрунтових вод і характеру їх засоленості, виду оброблюваних культур і т.д. Такого роду залежності зазвичай встановлюють дослідним шляхом в конкретних природних умовах.

Встановлено, що концентрації солей 0,10...0,15% є граничними для дуже чутливих до засолення культур; 0,15...0,35% шкідливі для більшої

частини культур; 0,35...0,70% придатні для стійких культур; більше 0,70% прийнятні для дуже стійких культур.

При вмісті обмінного натрію 10...15% від ємності обмінних катіонів рослини погано розвиваються, більше 20...35% - сильно пригнічуються. Урожайність бавовнику при слабкому засоленні знижується на 20...30%, кукурудзи – на 40...50, пшениці – на 50...60%. На середньозасолених ґрунтах урожайність бавовнику зменшується вдвічі; пшениця знаходиться в такому поганому стані, що гине.

Досвід показує, чим вище ступінь мінералізації ґрунтових вод, тим з більшої глибини йде засолення ґрунтів. В середньому при мінералізації ґрунтових вод 10...15 г/л критична глибина їх залягання становить 2,0...2,5 м. При зрошенні рекомендується підтримувати рівень ґрунтових вод не вище цієї позначки.

Для попередження вторинного засолення потрібен добудовування дренажу, проведення поливу в суворій відповідності із зрошувальними нормами, відведення мінералізованих ґрунтових вод в дренажну мережу, застосування поливу дощуванням, створення лісових насаджень вздовж каналів. Переваги, безсумнівно, має крапельне внутрішньогрунтове зрошення.

Для видалення солей з ґрунту проводять багаторазову промивку прісною водою. На солонцях і солонцюватих ґрунтах (з вмістом понад 5...10% обмінного натрію) рекомендується застосовувати гіпсування або відходи від виробництва добрив (фосфогіпс), а також триярусну оранку для перемішування солонцювого горизонту з карбонатним.

Ефективний спосіб зниження засоленості ґрунтів – обробіток на них рослин, здатних поглинати 20...50% солей в розрахунку на масу сухої речовини. До таких рослин належать пирій подовжений, буркун, лядвенець, мітлиця і ін.

3.2.2 Екологічні аспекти вапнування ґрунтів

За даними «Центрдержродючості», на 2007 р. в процесі агрохімічної паспортизації орних земель України було виявлено 3,7 млн. га кислих (17 %) і 5,1 млн. га (24 %) лужних ґрунтів. Аналіз ситуації за зонами і областями показав, що кислі ґрунти найбільш поширені на Поліссі, в зоні дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтів, де вони займають 37 % орних земель. У структурі кислих ґрунтів Полісся чільне місце займають Чернігівська - 33 %, Житомирська – 23 % та Рівненська – 14 % області.

Унаслідок інтенсивної декальцинації, яка проявляється у зниженні вмісту в ґрунтах кальцію та магнію і зменшенні катіонної ємності, відбувається постійне підкислення чорноземів. Як наслідок цього, в зоні Лісостепу обстеженням виявлено 1,8 млн. га кислих ґрунтів або 25 % від обстеженої площі. Лідером за їх поширенням в цій зоні є Вінницька область – 29 % від загальної площі кислих ґрунтів у Лісостепу. На значних площах виявлено кислі ґрунти в Черкаській – 18 % та Сумській – 12 % областях (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Інтенсивність підкислення ґрунтів у межах орних земель України

№ пп	Область	Обстежена площа, тис. га	Площа кислих ґрунтів у % до обстеженої	
			Останній тур	В т. ч. приріст за 5 років
Полісся				
1	Волинська	407,8	24	8
2	Житомирська	1143,8	31	1
3	Закарпатська	224,1	73	14
4	Івано-Франківська	225,5	76	1
5	Львівська	547,4	24	7
6	Рівненська	564,1	38	6
7	Чернігівська	1025,7	49	10
Лісостеп				
8	Вінницька	1081,8	49	13
9	Київська	857,2	27	7
10	Полтавська	969,6	15	0
11	Сумська	919,8	38	6
12	Тернопільська	555,7	22	2
13	Харківська	799,4	9	0
14	Хмельницька	887,5	21	4
15	Черкаська	957,8	34	5
16	Чернівецька	222,7	16	0
Степ				
17	Кіровоградська	1432,7	20	2
18	Херсонська	1676,1	5	2

Примітка: за даними «Центрдержродючості»

У проблемі підкислення ґрунтів особливо непокоять два питання. По-перше, це значна площа сильно- та середньоокислих груп ґрунтів, які нині

виявлено на 1 млн. 147 тис. га або 5 % обстеженої ріллі, і їх площа продовжує зростати. Втрати врожаю на цих ґрунтах сягають 20-40 %. По-друге, підкислення чорноземів – кращих ґрунтів України. Загалом, в останні роки процеси підкислення ґрунтового покриву тривають в 15 областях. Вони проявляються навіть в агроландшафтах Степу. Інтенсивність приросту площ кислих ґрунтів різна, коливається від 1 до 14 %.

На кислих ґрунтах, як відомо, на 30...40% зменшується ефективність мінеральних добрив, збільшуються непродуктивні втрати азоту, порушується надходження елементів живлення в культурні рослини, в продукції інтенсивно накопичуються важкі метали і радіонукліди, погіршується її якість, знижується стійкість агроценозів до несприятливих погодних умов. Щорічні втрати врожаю, що зумовлені впливом несприятливої кислотності ґрунтів, оцінюються в перерахунку на зерно в 10...12 млн т.

Вапнування, яке засноване на заміні в ГВК іонів водню і алюмінію іонами Ca і Mg, є основним способом докорінного поліпшення кислих ґрунтів, які за ступенем кислотності і потреби в меліоранті розподіляються наступним чином:

рН у КС1- витяжці	Ступінь кислотності ґрунту	Потреба у вапнуванні
<4,5	Дуже сильноокисла та сильноокисла	Дуже висока та висока
4,6...5,0	Середньоокисла	Середня
5,1...5,5	Слабоокисла	Низька
5,6...6,0	Близька до нейтральної	Дуже низька
>6,0	Нейтральна	Відсутня

Більшість сільськогосподарських культур краще розвивається при рН ґрунту порядку 6,0...6,5. По відношенню до кислотності ґрунтів і чуйності на вапнування вони поділяються на п'ять груп:

1. група – найбільш чутливі до кислотності: бавовник, люцерна, еспарцет, цукрова, їстівний та кормовий буряк, коноплі, капуста. Вони добре ростуть тільки при нейтральній або слабколужній реакції ґрунту (рН 7...8) і дуже сильно відкликаються на внесення вапна навіть на слабоокислих ґрунтах.

2. група - чутливі до підвищеної кислотності: ячмінь, яра та озима пшениця, кукурудза, соя, квасоля, горох, кормові боби, конюшина, соняшник, огірок, цибуля, салат. Ці рослини краще ростуть на слабоокислих або нейтральних ґрунтах (рН 6...7) і добре відкликаються на вапнування не тільки сильноокислих, але і середньоокислих ґрунтів. На ґрунтах, де

проводиться вапнування врожайність цих культур значно підвищується, різко зменшується випадання озимої пшениці і конюшини при перезимівлі.

3 група - слабкочутливі до підвищеної кислотності: жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, томат, редис, морква. Ці культури можуть задовільно рости в широкому інтервалі рН (рН 4,5...7,5), але найбільш сприятливі для їх вирощування слабкокислі ґрунти (рН 5,5...6,0). На сильно- і середньокислих ґрунтах вони позитивно реагують на вапнування повними нормами, що пояснюється не тільки зниженням кислотності, а й посиленням мобілізації поживних речовин і поліпшенням харчування рослин азотом і зольними елементами.

4 група – льон і картопля. Ці культури потребують вапнування тільки на сильнокислому ґрунті. Картопля малочутлива до високої кислотності і добре росте на кислих ґрунтах. Для льону характерний вузький інтервал оптимальної реакції. Він чутливий і до підвищеної кислотності ґрунту, і до лужної реакції. Найбільш сприятливі для його зростання слабкокислі ґрунти (рН 5,5...6,0).

При внесенні високих доз вапна і доведенні реакції середовища до нейтральної урожай картоплі і льону і особливо його якість можуть знижуватися, картопля сильно уражається паршею, а льон - бактеріозом. Негативний вплив підвищених доз вапна на ці культури пояснюється не стільки нейтралізацією кислотності, скільки зменшенням кількості засвоюваних сполук бору в ґрунті, а також надмірною концентрацією іонів кальцію в ґрунтовому розчині, що ускладнює надходження в рослини інших катіонів, зокрема магнію і калію.

5 група – люпин синій і жовтий, серадела, чайний кущ. Ці культури добре ростуть на кислих ґрунтах (рН 4,5...5,0) і погано – на лужних і навіть нейтральних. Вони чутливі до надлишку водорозчинного кальцію в ґрунті, особливо на початку вегетації, тому негативно реагують на підвищені дози вапна. Однак при внесенні знижених доз вапняних добрив, що містять магній, зниження врожайності цих культур не спостерігається.

При вапнуванні активізується життєдіяльність корисної мікрофлори і поліпшується мінеральне живлення рослин в результаті більш активної трансформації органічних сполук, змінюються на краще фізичні властивості ґрунту, зростає ефективність використання мінеральних і органічних добрив. Все це, зрозуміло, сприяє зниженню ймовірності можливих негативних впливів на навколишнє природне середовище. До позитивних

наслідків вапнування відносять також зниження рухливості іонів токсичних важких металів.

Кожна тонна вапна за 5 років дії дає прибавку сільськогосподарської продукції приблизно в 0,5...0,6 т/га (в перерахунку на зерно). Тривалість післядії вапнування залежить від дози меліоранта. При внесенні, наприклад, 3...4 т вапна на 1 га дія його може тривати 5...7 років, а при внесенні 6...8 т – 10...15 років і більше.

У даний час поряд з вапном, як меліоративні матеріали широко використовують відходи промисловості: металургійні шлаки, вугільну золу, відхідну (хімічну) крейду, фосфат-шлаки, ферохромові шлаки, сланцеву золу, дефекат (відхід цукрового виробництва).

За вмістом важких металів та інших токсикантів, які використовуються в якості меліорантів, матеріали підрозділяють на 4 групи, що відрізняються по дозам, термінам і кратності використання:

Група матеріалів	Екологічні обмеження на використання вапнякових матеріалів
I	Вапняні матеріали, застосування яких дозволено без обмежень (вапняна мука, крейда, дефекат)
II	Вапняні матеріали, застосування яких дозволено в дозах не більше 7 т/га раз в 5 років (ферохромові шлаки, відхідна крейда, вугільна зола)
III	Вапняні матеріали, застосування яких дозволено раз в 10 років у дозах не більше 7 т/га з обов'язковим контролем зміни фонових змісту потенційно небезпечних елементів в ґрунті
IV	Заборонено застосування при вапнуванні кормових угідь

При вапнуванні ґрунтів обов'язковому обліку підлягає ГДК важких металів та інших токсичних елементів (з'єднань) в ґрунті, фоновий вміст цих елементів, клас їх небезпеки відповідно до Держстандарту, орієнтовний зміст небажаних домішок в вапняних матеріалах.

Дані, що характеризують вміст важких металів в ґрунті та вапняних матеріалах, наведені в таблиці 3.7.

3.3 Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях

Ґрунтова оболонка біосфери – педосфера є однією із основних компонентів у природі, де відбувається локалізація штучних радіонуклідів і їх викид у навколишнє середовище внаслідок техногенної діяльності людини. Ґрунтовий покрив не завжди є первинною ланкою, у яку надходять штучні радіонукліди. У багатьох випадках таким первинним резервуаром

служать нижні шари атмосфери, куди проводяться викиди радіонуклідів. Однак, внаслідок того, що досить інтенсивно протікає очищення приземного повітря від різноманітних домішок, радіонукліди швидко осідають на ґрунтовий покрив. Можливо також надходження в ґрунт радіонуклідів і після їхнього попадання у гідрографічну мережу з паводковими водами, при зрошенні й т.п. Ґрунт має винятково велику ємність поглинання радіонуклідів, втім, як і інших техногенних домішок, і інтенсивна їх сорбція в ґрунтах забезпечує створення в наземному середовищі потужного депо радіонуклідів.

Таблиця 3.7 – Вміст важких металів в ґрунті та вапняних матеріалах

Елемент	Клас небезпеки	ГДК в ґрунті, мг/кг	Фоновий зміст в ґрунті, мг/кг (валові форми)	Орієнтовний зміст у матеріалі, мг/кг
Кадмій	1	3,0	0,05...24	1...5
Арсен	1	2,0		
Ртуть	1	2,1	0,0...1,0	
Свинець	1	30,0	10...16	3...150
Фтор	1	2,8 п. ф.	20...300	
Цинк	1	100,0	40...80	30...300
Кобальт	2	5,0 п.ф.		
Мідь	2	3,0 п. ф.	15...25	5...100
		55,0 вал. ф.		
Нікель	2	4,0 п. ф.	20...60	3...300
		85,0 вал. ф.		
Хром	2	2,0 п.ф.	80... 140	100... 10000
Ванадій	3	150,0	60...100	1...1000
Марганець	3	1500,0		200... 10000
Марганець + ванадій	3	1000,0+ 100,0		
Стронцій	3	-	120...170	100...1000

3.3.1 Джерела радіонуклідів в агросфері

Потрапляючи в навколишнє середовище людини, радіоактивні речовини стають джерелом його зовнішнього опромінення. А споживання людиною сільськогосподарських продуктів, що містять радіонукліди, призводить до формування джерела внутрішнього опромінення через накопичення радіоактивних речовин в її організмі. Саме внутрішнє

опромінення вносить основний вклад в сумарне опромінення людини, тому що досягає сумарної дози в 95%.

Присутні в сільськогосподарській сфері радіонукліди поділяють на дві категорії - *природні та штучні*.

До групи природних відносять радіонукліди з дуже тривалим періодом напіврозпаду (що містяться в складі Землі з моменту її утворення).

У біосфері Землі міститься більше 80-ти природних радіонуклідів, які поділяють на дві категорії: первинні і космогенні. Первинні поділяються на дві групи: перша група включає 43 радіонукліда трьох сімейств рядів радіоактивних елементів з періодами напіврозпаду від $3 \cdot 10^{-7}$ – ^{212}Po до $141 \cdot 10^{10}$ років – ^{232}Th . Радіонукліди цієї групи називаються важкими природними радіонуклідами. Друга група складається з 24 елементів. Період напіврозпаду від $13 \cdot 10^9$ до $14 \cdot 10^{21}$ років. Представники радіоактивних ізотопів другої групи: ^{40}K , ^{40}Ca , ^{86}Rb . Друга категорія представлена 20 космогенними радіонуклідами, які утворюються в основному в атмосфері в результаті взаємодії космічного випромінювання нейронів і протонів з ядрами атомів O_2 , N , Ar , а потім надходять на земну поверхню з атмосферними опадами. Період напіврозпаду космогенних радіонуклідів від 378мін – ^{38}Cl до $74 \cdot 10^5$ років – ^{26}Al .

Природні радіонукліди надходять в сферу сільськогосподарського виробництва при внесенні в ґрунт добрив і меліорантів з підвищеним вмістом радіонуклідів. Це пов'язано з тим, що на отримання мінеральних добрив використовуються види гірського сировини, збагачені ураном і торієм і продуктами їх розпаду (при отриманні фосфорних добрив). ^{40}K надходить в агросферу з калійними добривами.

Одним з найсерйозніших джерел техногенних (штучних) радіонуклідів з'явилися великі аварії в атомній промисловості і ядерної енергетики: аварія на Південному Уралі, 1957р.; в Уіндскейлі (Великобританія), 1957р.; Чорнобильська атомна електростанція, 1986р.; на Фокусімі-1 (Японія), 2011р.

Не менш серйозними джерелами радіонуклідів техногенного походження в агросфері є залишкові кількості триваложивучих радіонуклідів, які надходять в неї в результаті випробувань ядерної зброї, викидів і скидів радіонуклідів при роботі атомних електростанцій, а також підприємств з видобутку уранової сировини, заводів з переробки відпрацьованого ядерного палива.

Класифікація штучних радіонуклідів. І група – радіоактивні продукти ядерного ділення (^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs), що виникають у реакціях ділення ядер. Основні джерела цієї групи радіонуклідів в біосфері – випробування ядерної зброї, функціонування підприємств ЯТЦ (ядерних теплових центрів) і атомної промисловості. ІІ група – продукти наведеної активності – ізомери ^{54}Mn , $^{55,56}\text{Fe}$, ^{60}Co , ^{65}Zn та ін. Радіонукліди цієї групи утворюються в результаті ядерних реакцій елементарних частинок (нейтронів) з ядрами атомів стабільних елементів, що входять до складу ядерних боєголовок, теплоносіїв ядерних реакторів і т.д. ІІІ група – трансуранові елементи – радіоізомери $^{237,239}\text{Np}$, $^{238-242}\text{Pu}$, $^{241,243}\text{Am}$, $^{242-244}\text{Cm}$. Виникають в ядерно-енергетичних установках і при ядерних вибухах.

3.3.2 Міграція радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюжках

Поведінка радіонуклідів у ґрунті. Ґрунтова оболонка біосфери (педасфера) поряд зі Світовим океаном є одним з основних компонентів в природі, де відбувається локалізація штучних радіонуклідів, які скидає в навколишнє середовище людина внаслідок своєї техногенної діяльності. Ґрунт має унікальну сорбційну здатність до штучних радіонуклідів, що має подвійне значення для їх міграції в біосфері і, зокрема, по сільськогосподарським ланцюжках (рис. 3.4). З одного боку, закріплення радіонуклідів у верхніх горизонтах ґрунту (у кореневмісному шарі) створює тривало діюче природне джерело радіоактивних речовин для кореневого поглинання рослинами. З іншого боку, сильна сорбція радіонуклідів твердою фазою ґрунту обмежує їх поглинання кореневими системами рослин. Ці особливості сорбції радіонуклідів ґрунтовым комплексом забезпечують тривале підтримання в наземному середовищі процесів накопичення рослинами довготривалих радіонуклідів.

Поглинання ґрунтом радіонуклідів визначається процесами їх розподілу між двома основними фазами – твердою і рідкою (ґрунтовий розчин) і здійснюється завдяки процесам сорбції – десорбції радіонуклідів, осадження – розчинення важкорозчинних сполук і коагуляції – пептизації колоїдів.

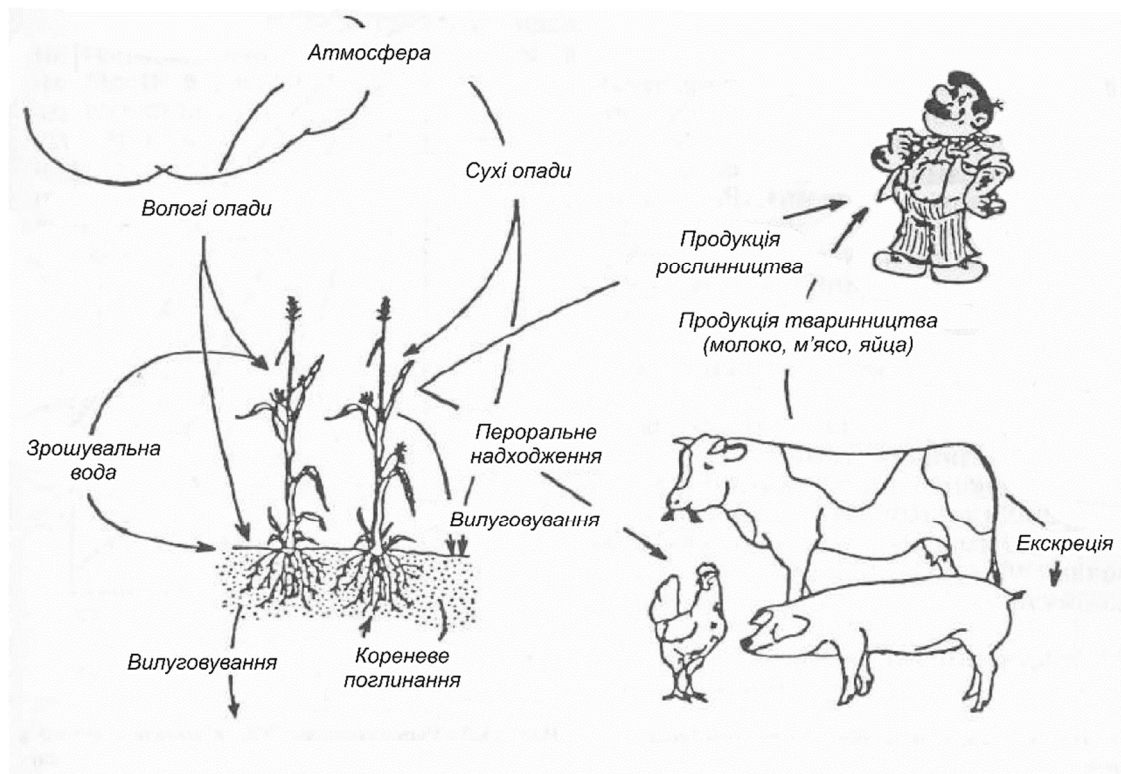


Рисунок 3.4 – Схема основних шляхів міграції радіонуклідів по сільськогосподарським ланцюжкам (Черников та ін., 2000)

Рухливість радіонуклідів в ґрунтах оцінюється за допомогою коефіцієнта розподілу, який характеризується відношенням рівноважних концентрацій радіонуклідів у твердій фазі ґрунту ($KPH_{\text{тв.ф.г.}}$) і в ґрунтовому розчині ($KPH_{\text{г.р-ні}}$):

$$K_p = \frac{KPH_{\text{тв.ф.г.}}}{KPH_{\text{г.р-ні}}} \quad (3.1)$$

Виявлено неоднорідність поведінки радіонуклідів в ґрунті.

Виділяють три групи радіонуклідів за типом їх поведінки в ґрунті: першій групі характерна адсорбція радіонуклідів ґрунтовими мінералами. Спостерігається необмінна сорбція, а закріплення в ґрунті та утворення комплексів з органічними і орґано-мінеральними лігандами. До цієї групи належать Zn, Cd і Co; друга група радіонуклідів сорбується ґрунтами за обмінним типом. До цієї групи відносять: Na, Rb і Sr. Так наприклад ^{90}Sr ($T_{1/2} = 28,5$ років) внаслідок свого тривалого життя в ґрунті в обмінній формі, є одним з найбільш важливих забруднювачів сільськогосподарської продукції; третій групі властиво багатоформенна поведінка з утворенням

комплексів і осадженням (коагуляцією) колоїдів. Сюди відносять I, Ce, Pm, Zr, Nb, Fe, Ru.

Радіонукліди, що надійшли на ґрунтово-рослинний покрив, спочатку розподіляються на поверхні і в верхньому шарі ґрунту (0-2 см), в подальшому вони мігрують по його профілю. З часом відбувається перерозподіл радіоактивних речовин.

Перехід радіонуклідів з ґрунту в рослину. Інтенсивність надходження радіонуклідів в рослину з ґрунту оцінюється коефіцієнтом накопичення (K_n):

$$K_n = \frac{KPH_{\text{рос.}}}{KPH_{\text{г.}}}, \quad (3.2)$$

де $KPH_{\text{рос.}}$ – концентрація радіонуклідів у рослині; $KPH_{\text{г.}}$ – концентрація радіонуклідів у ґрунті.

Або коефіцієнтом переходу (K_n):

$$K_n = \frac{KPH_{\text{рос.}}}{\rho_{\text{забр.г.}}}, \quad (3.3)$$

де $KPH_{\text{рос.}}$ – концентрація радіонуклідів у рослинах, Бк/кг; $\rho_{\text{забр.г.}}$ – щільність забруднення ґрунту, Бк/м².

Темпи перенесення ряду радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюжках, зокрема в системі ґрунт – рослина, залежать від кількості ізотопних або неізотопних носіїв радіонуклідів. Це перш за все відноситься до транспорту двох провідних триваложивучих штучних радіонуклідів: ⁹⁰Sr (T_{1/2}= 28,5 років) і ¹³⁷Cs (T_{1/2}= 30,17 років).

Основними неізотопними носіями цих радіонуклідів є біологічно важливі мікроелементи – Ca і K (відповідно).

Для урахування сполученого перенесення ⁹⁰Sr – Ca та ¹³⁷Cs – K введений термін коефіцієнт дискримінації мікрокількостей радіонукліда щодо макрокількостей носія.

Коефіцієнт дискримінації для пари ⁹⁰Sr– Ca

$$KD = \frac{\frac{{}^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}} \text{ в ланці - акцепторі}}{\frac{{}^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}} \text{ в ланці - донорі}}, \quad (3.4)$$

Для пари ${}^{137}\text{Cs} - K$ введено аналогічне співвідношення.

В системі ґрунт – рослина акцептором є рослина, а донором – ґрунт. Перехід ${}^{90}\text{Sr}$ (${}^{137}\text{Cs}$) з ґрунту в рослини (виражений по відношенню до Ca (K)) залежить від кількості обмінного Ca^{2+} (K^{+}) в ґрунті.

Накопичення рослинами радіонуклідів з ґрунту залежить від комплексу чинників. Їх виділяють в 4 основні групи: фізико-хімічні властивості радіонуклідів; фізико-хімічні властивості ґрунту; біологічні особливості рослин; агротехніка культур.

Накопичення різних хімічних елементів в рослинах відбувається неоднаково (табл.3.8).

Накопичення рослинами радіонуклідів з ґрунту залежить від його фізичних властивостей. Чим більше в ґрунті міститься гумусу, обмінних катіонів, мулистій і глинистої фракцій (чим родючішим є ґрунт), тим слабкіше поглинання рослинами більшості радіонуклідів. Тобто найменше поглинання рослинами радіонуклідів відбувається на чорноземних ґрунтах, найбільше на торф'яних і легких за гранулометричним складом ґрунтах (піщані і супіщані, дерново-підзолисті ґрунти).

Надходження радіонуклідів із ґрунту в рослину багато в чому залежить від виду агрофітоценозів. Так лучно-пасовищна рослинність накопичує в 5-10 разів більше радіонуклідів, чим рослини, які ростуть на орних ґрунтах.

Таблиця 3.8 – Класифікація інтенсивності накопичення рослинами хімічних елементів (дані Українського НДІ с.-г. радіології)

№ п/п	Характер накопичення	Коефіцієнт накопичення K_n	Хімічний елемент
1.	Сильне накопичення	>10	${}^{35}\text{S}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{65}\text{Zn}$, ${}^{89,90}\text{Sr}$
2.	Слабке накопичення	$1 \dots 10$	${}^{137}\text{Cs}$
3.	Відсутність акумуляції	$0,1 \dots 1$	${}^{185}\text{W}$, ${}^{210}\text{Pb}$
4.	Слабка дискримінація при переході з ґрунту	$0,01 \dots 0,1$	${}^{95}\text{Zr}$, ${}^{103,106}\text{Ru}$, ${}^{141,144}\text{Ce}$
5.	Сильна дискримінація при переході з ґрунту	$<0,01$	${}^{239}\text{Pu}$, ${}^{241}\text{Am}$, радіонукліди U

На накопичення радіонуклідів впливають також особливості самої рослини: режим харчування, тривалість вегетаційного періоду, характер розподілу кореневої системи в ґрунті, відмінності в продуктивності.

Акумуляція рослинами радіонуклідів при кореновому шляху переходу може відрізнятися в залежності від виду (в 10...30 разів) і від сорту (в 5...7 разів).

Перенесення радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюжках за участю сільськогосподарських тварин. На пасовищах, які вже зазнали радіоактивного забруднення в стійловий період, випасають сільськогосподарських тварин. Радіонукліди з пасовищною рослинністю, яка поїдається тваринами, надходять в організм тварини і далі переходять в продукцію тваринництва (молоко, м'ясо).

Переміщення радіонуклідів у сільськогосподарському ланцюжку за участю тварин описується показником кратності накопичення (F):

$$F = \frac{CM}{Q}, \quad (3.5)$$

де C – концентрація радіонукліда в органі (тканині), Бк/г; M – маса органа (тканини), г; Q – кількість радіонукліда, що надходить до організму тварини з кормом, Бк.

Радіонукліди надходять спочатку в шлунково-кишковий тракт, а потім переміщуються по всьому організму через кров.

Біологічну рухливість радіонукліда оцінюють коефіцієнтом всмоктування ($f_{вс}$) радіонукліду в організмі тварини:

$$f_{вс} = \frac{PH_{кр}}{PH_{рац}}, \quad (3.6)$$

де $PH_{кр}$ – кількість радіонуклідів, що перейшла в кров, Бк;
 $PH_{рац}$ – кількість радіонуклідів, яка надійшла з раціоном, Бк.

Як і у рослин, деяка частина радіонуклідів виводиться з організму тварини (органу або тканини). Виведення радіонуклідів у тварин описується за допомогою періоду напіввиведення ($T_{біол}$) – термін, протягом якого з

організму (органу, тканини) видалається половина радіонуклідів, що містяться в ньому

Для визначення *ефективного періоду напіввиведення* враховується розпад радіонукліда ($T_{\text{фіз}}$ - період напіврозпаду) і визначається з виразу:

$$T_{\text{еф}} = \frac{T_{\text{фіз}} \cdot T_{\text{біол}}}{T_{\text{фіз}} + T_{\text{біол}}}, \quad (3.7)$$

Як і для ланки – ґрунт - рослина, для ланки рослина - тварина - продукція тваринництва застосовують коефіцієнт переходу (K_n):

$$K_n = \frac{H_{\text{РН}}^{\text{пр.жив-ва}}}{\rho_{\text{р.з.т.}}}, \quad (3.8)$$

де $H_{\text{РН}}^{\text{пр.тв-ва}}$ – накопичення радіонуклідів в продуктах тваринництва – молоко, м'ясо; $\rho_{\text{р.з.т.}}$ – щільність радіоактивного забруднення території.

В організмі тварин радіонукліди беруть участь в процесах метаболізму (обміну речовин): всмоктування, пересування по окремим органам (тканинам), депонування (відкладання), виведення.

Процес всмоктування радіонуклідів залежить від їх фізико-хімічних властивостей. Добре всмоктуються в шлунково-кишковому тракті – ^3H , ^{45}Ca , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs ; низький коефіцієнт всмоктування – ^{60}Co , ^{90}Y , $^{103,106}\text{Ru}$, $^{141,144}\text{Ce}$, ^{238}U і трансуранові радіонукліди.

Процес всмоктування залежить від віку тварин, у молодих всмоктування вище, ніж у дорослих.

Дія іонізуючих випромінювань на рослини, тварині агроценози.
Вплив дози опромінення на рослини. Реакція рослин на отримане іонізуюче опромінення залежить від дози опромінення. Поглинені дози опромінення в радіобіології вимірюється в Грєх ($1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$), а експозиційні дози, в рентгенах ($1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{Кл/кг}$). Біологічні ефекти залежать від інтенсивності впливу іонізуючих випромінювань - потужності дози, Гр/хв. Для урахування біологічної ефективності різних видів іонізуючих випромінювань застосовують одиницю поглиненої енергії – Зиверт (13в дорівнює добутку одиниці поглиненої дози, Гр на величину ВБЕ (відносна біологічна ефективність)).

Біологічна дія іонізуючих випромінювань на насіння і вегетуючі рослини оцінюють по летальній (ЛД_{100}) і напівлетальній (ЛД_{50}) дозам. Доза

опромінення, яка викликає 50 -70% загибелі рослин, призводить до повної втрати продуктивності. Для характеристики стійкості рослин до втрати продуктивності при опроміненні використовують параметр $УД_{50}$, який відповідає значенню, що викликає зниження врожайності на 50%.

Найнебезпечнішим іонізуючим випромінюванням для вегетуючих рослин є гостре γ - опромінення. Так, у представників зернових культур: озима та яра пшениця, озиме жито, озимий та ярий ячмінь, овес і рис найбільш чутливою культурою до γ - опромінення є озимий та ярий ячмінь, найменш чутливою – яра пшениця. Так для озимого і ярового ячменю параметр $УД_{50}$ становить в період сходів – 30Гр, кущіння -20 Гр, вихід в трубку - 8гр, колосіння - 12 Гр, цвітіння -30 Гр; для ярої пшениці ці показники в 2 рази вище.

Дія іонізуючих випромінювань на тварин. Динаміка формування радіаційної обстановки в агропромисловій сфері залежить від характеру поширення та розподілу радіоактивних речовин у зовнішньому середовищі, ядерно-фізичних параметрів радіонуклідів, виду джерел, що утворюються (зовнішнього і внутрішнього опромінення). Джерела зовнішнього опромінення тварин - радіонукліди, розподілені в різних компонентах навколишнього середовища. Джерела внутрішнього опромінення: радіонукліди, що надійшли в організм тварини пероральним шляхом (з кормом і водою); радіонукліди, що надійшли в організм тварини інгаляційним шляхом (з повітрям); радіонукліди, що надійшли в організм тварини перкутанним шляхом (через шкірні покриви).

Дія зовнішнього опромінення на тварин залежить від виду випромінювання: α і β – випромінювання при зовнішньому впливі великої небезпеки не представляють. Вони впливають лише на поверхневі шари шкіри; γ - нейтронні випромінювання призводять до променевого ураження тварин.

Для критеріїв оцінки біологічної дії іонізуючих випромінювань застосовують поняття летальної і напівлетальної доз одноразового опромінення.

Напівлетальна доза $ЛД_{50/30}$ – мінімальна доза, яка призводить до загибелі 50% тварин протягом перших 30 днів після опромінення. Летальна доза $ЛД_{100/30}$ – це доза опромінення, яка викликає 100% -у загибель тварин протягом перших 30 днів.

За радіочутливістю сільськогосподарські тварини розташовуються в наступний регресійний ряд: велика рогата худоба, вівці, кози, свині, осли,

коні, кури. Разове гостре зовнішнє опромінення продуктивних тварин в дозі до 3...3,5 Гр не викликає їх загибелі, а при дозі 7...8 Гр всі тварини гинуть. Залежно від характеру впливу іонізуючих випромінювань (гострого або тривалого, пролонгованого) при відносно високих поглинених дозах може наступити променева хвороба тварин. У сільськогосподарських тварин за ступенем важкості розрізняють 4 форми гострої променевої хвороби: легка, дози 1,5...2 Гр; середня, 2,5...4 Гр; важка, 4...6 Гр; дуже важка, > 6 Гр.

Радіаційне ураження сільськогосподарських тварин на пряму відбивається на вироблену з переробленої сировини харчову продукцію, яка потім визнається непридатною, через перевищення в ній гранично допустимих концентрацій радіонуклідів.

3.3.3 Принципи ведення сільськогосподарського виробництва і комплекс захисних заходів на забруднених радіонуклідами територіях

Основні проблеми, які потребують вирішення при організації агропромислового виробництва на територіях з підвищеним вмістом радіонуклідів: отримання сільськогосподарської продукції, що відповідає радіологічним стандартам; мінімізація доз опромінення фахівців, зайнятих в АПК. До радіологічних стандартів відносяться допустимі концентрації радіонуклідів в харчових продуктах (їх вимірюють в Бк/кг). Допустимі концентрації радіонуклідів визначаються по дозам опромінення людини, що формуються при споживанні харчових продуктів. Тобто реалізується дозовий принцип обмеження опромінення людини від радіонуклідів, що містяться в агросфері (ефект опромінення залежить від його дози). Критерієм допустимого вмісту радіонуклідів на сільськогосподарських угіддях є щільність їх забруднення певним радіонуклідом (вона вимірюється в Бк/м²). При цьому припускають, що при допустимій щільності забруднення сільськогосподарських угідь концентрація радіонуклідів у виробленої сільськогосподарської продукції не перевищує допустимих концентрацій в ній радіонуклідів. Виробництво сільськогосподарської продукції на землях, що зазнали радіоактивного забруднення, супроводжується комплексом захисних заходів. Мета таких заходів – отримання продукції, яка відповідає радіологічним стандартам, і мінімізація доз опромінення населення, що споживає харчові продукти, які містять радіонукліди. Ефективність контрзаходів в агропромисловому комплексі оцінюється за: радіоекологічними показниками (зниження концентрації

радіонукліду в сільськогосподарському продукті); радіологічними критеріями (по зменшенню дози опромінення людини при споживанні сільськогосподарської продукції, що містить радіонукліди); радіологоекономічними показниками (економічні витрати на одиницю зниження дози опромінення).

Захисні заходи в АПК на забруднених радіоактивними речовинами територіях поділяють на дві групи: традиційні (звичайні) і спеціальні. При застосуванні традиційних заходів одночасно досягаються дві мети: перша – збільшення родючості ґрунту, зростання врожайності, поліпшення якості продукції рослинництва і зростання продуктивності тварин; друга – зниження концентрації радіонуклідів в агропромисловій продукції. При впровадженні спеціальних контрзаходів ставиться лише одна задача – знизити концентрацію радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 3.9).

У *землеробстві* один зі звичайних захисних заходів на забруднених територіях - обробка ґрунту. Переорювання забруднених ґрунтів після аерального випадання радіонуклідів сприяє їх рівномірному розподілу в орному шарі і накопичення в рослинах в результаті кореневого поглинання спадає.

В *агрохімії* найважливішим способом зменшення концентрації радіонуклідів є внесення мінеральних і органічних добрив, а також вапнування кислих ґрунтів.

В *рослинництві* важливим способом зниження надходження радіонуклідів в сільськогосподарські культури служить підбір видів і сортів рослин, що характеризуються мінімальним накопиченням радіонуклідів.

Таблиця 3.9 – Ефективність меліоративних сільськогосподарських заходів при радіоактивному забрудненні (Алексахин, Фриссел, 1993)

Захисні заходи	Зниження концентрації ^{90}Sr і ^{137}Cs в продукції, число раз
Переорювання ґрунтів після поверхневого забруднення	1,2...1,6
Вапнування кислих ґрунтів	1,8...2,2
Внесення мінеральних добрив	1,5...3,5
Меліорація луків після поверхневого забруднення	До 5...10
Технологічна переробка продукції	До 10...20

У *луківництві* та *кормовиробництві* ефективним заходом є переведення низькопродуктивних природних пасовищ в штучні (сіяні трави) з вапнуванням і внесенням добрив.

У *захисті рослин* важливу роль відіграє оптимізація застосування хімічних засобів захисту, яка забезпечує мінімізацію вмісту радіонуклідів в харчових продуктах.

У *тваринництві* основну увагу приділяють раціональній годівлі тварин, що забезпечує отримання продукції, відповідній радіологічним стандартам. Зокрема, переведення тварин в передзабійний період на «чисті» корми, введення в раціон спеціальних добавок для обмеження переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва. Наприклад, фєроціанідів для зниження концентрації ^{137}Cs в молоці та м'ясі, кальцієвих препаратів для зменшення переходу ^{90}Sr в молоко.

У *ветеринарній медицині* при утриманні тварин на забруднених територіях застосовують комплекс заходів, спрямованих на виключення променевої патології: знижують дози внутрішнього опромінення; зменшують дози зовнішнього опромінення.

У *переробляючих галузях* АПК використовують ряд технологічних процесів, що забезпечують більш низькі концентрації радіонуклідів в кінцевих (харчових) продуктах, ніж в сировині. Наприклад, переробка молока в масло, отримання цукру, рослинного масла, крохмалю.

При сильному радіоактивному забрудненні сільськогосподарських угідь отримання придатної щодо вмісту радіонуклідів продукції стає неможливим. У цих випадках може виявитися доцільним перепрофілювання окремих галузей АПК, а в крайньому випадку – повне припинення сільськогосподарської діяльності людини. Як це було, наприклад, в 30-кілометровій зоні, де була узагальнена схема змін в структурі АПК на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення (табл. 3.10).

Багатофакторність і багатоваріантність завдань, що виникають при організації ведення агропромислового виробництва на територіях з підвищеним вмістом радіонуклідів (тобто що зазнали радіоактивного забруднення), призводять до необхідності розробки і реалізації методів і програмних систем для інформаційно-аналітичної підтримки при прийнятті рішень, спрямованих на отримання сільськогосподарської продукції, що відповідає радіологічним нормативам. Схема однієї з таких систем наведена на рисунку 3.5.

Такий підхід дозволяє проаналізувати радіологічну обстановку і визначити можливі напрямки використання заходів по реабілітації забруднених угідь, а також змодельовати захисні заходи, відпрацювати сценарії оптимальної організації агропромислового виробництва із здійсненням комплексу захисних заходів.

Таблиця 3.10 – Радіологічна ефективність і соціально-економічні наслідки зміни характеру землекористування на забруднених територіях (Алексахин, Фриссел, 1993)

Зміни	Коефіцієнт зниження концентрації радіонуклідів*	Соціально-економічні наслідки
Заміна сортів рослин в межах одного виду	До 2...4	Дуже незначні
Заміна виробництва одних культур на подібні культури (але інших видів)	До 2...3	Те само
Перехід від виробництва овочевих культур до зернового господарства	До 5	Серйозні
Перехід від виробництва зернових до виробництва інших культур харчового призначення (наприклад, цукрових буряків, олійних культур)	» 10	Незначні
Перехід від зернового господарства до виробництва технічних культур (наприклад, льону)	» 10	Те само
Заміна рослинництва на тваринництво	10...100	Дуже серйозні
Заміна вівчарства і козівництва на велику рогату худобу	До 10	Незначні
Перехід від виробництва молока на м'ясне скотарство	Значно залежить від технологічних можливостей	Те само
Перехід від рослинництва до лісового господарства	» 100	Дуже серйозні
Перехід від тваринництва до лісового господарства	» 100	Те само

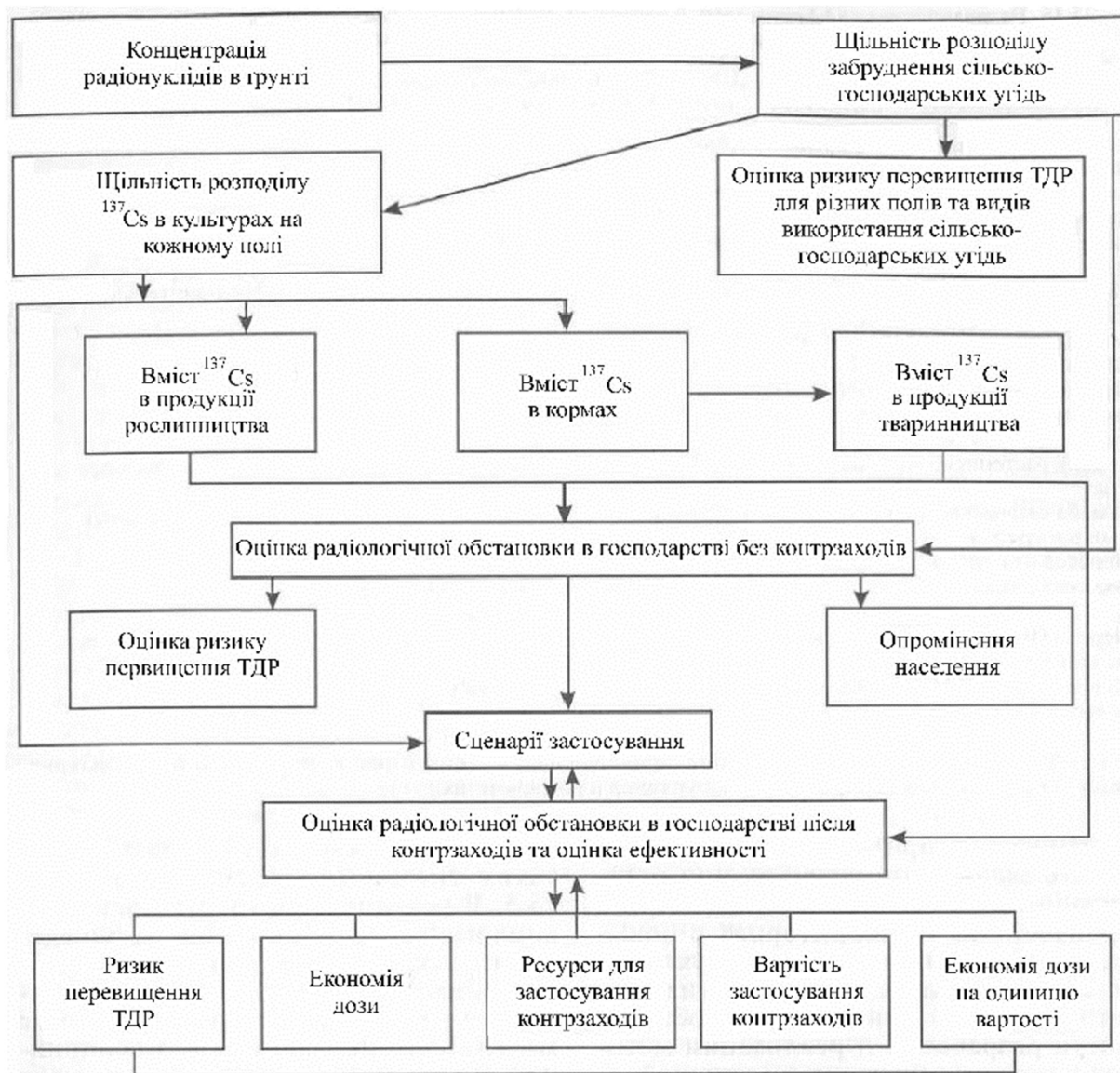


Рисунок 3.5 – Концептуальна схема системи підтримки прийняття рішень ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях (Фесенко, 1997)

3.4 Тваринницькі комплекси та охорона природи

3.4.1 Негативний вплив відходів тваринництва на довкілля

При переведенні тваринництва на промислову основу виникла проблема утилізації гнойових стоків і безпідстилкового гною. Поблизу тваринницьких комплексів і ферм промислового типу особливу загрозу навколишньому середовищу становлять скупчення гною, а також нітратне та мікробне забруднення ґрунтів, фітоценозів, поверхневих і ґрунтових вод.

Наприклад, на молочних фермах промислового типу річний вихід гною становить в середньому 25,55 тис. т на 1 тис. голів.

Тому при виборі місця для розміщення тваринницьких комплексів повинні бути обґрунтовані можливості утилізації гною і виробничих стоків з урахуванням природоохоронних вимог. При цьому враховують орографічні (геоморфологічні), едафічні, метеорологічні, гідрологічні та гідрогеологічні чинники, наявність і стан лісової рослинності, сільськогосподарських угідь (для утилізації гною як добрива) і призначених для забудови територій.

Опит закордонних вчених показав, що забруднення середовища біогенними елементами і мікроорганізмами від розміщених біля балок вівцеферм, ферм по відтворенню свиней, молочних комплексів створює загрозу накопичення великої кількості нітратів. Встановлено, що на ділянці схилу, що примикає до свиноферми, максимальний вміст нітратів виявлено в травах, розміщених біля підніжжя схилу – в місцях виникнення делювіальних шлейфів ґрунту і гнойових стоків. На ділянці, що примикає до вівцеферми, дуже велика кількість нітратів (3575 ... 7915 мг/кг) містилася в травах, розміщених на скотомогильнику і місці заховання гною. Згодовування худобі таких трав може викликати отруєння нітратами.

Загрозу навколишньому середовищу становлять також стоки силосних ям. Як правило, по дну балок розміщують різні ставки і лісові насадження, що сприяє регулюванню потоків біогенів і патогенних мікроорганізмів. Вченими були проведені дослідження каскаду споруд в балці представленого греблею ставка - накопичувача освітлених стоків, а також греблями двох буферних ставків, між якими розташовані донні насадження з клена, ясеня листкового і ясеня ланцетного. Крім того, донні насадження верби створені перед верхнім обрізом води верхнього буферного ставка. Порівняльний аналіз бактеріальної контамінації на різних позиціях балкового дна показав, що найбільшу кількість патогенних мікроорганізмів містить вода в ставку - накопичувачу освітлених стоків. Переповняючи ставок-накопичувач, стічні води по бічних водотоках надходять під полог донного насадження верби, після якого бактеріальна контамінація води різко знижується. Після проходження верхнього буферного ставка і донного насадження з клена і ясеня вода місцевого стоку знову поповнюється патогенними організмами в зв'язку з додатковим надходженням стічних вод з селітебної території.

В цілому для регулювання потоків біогенів і патогенних мікроорганізмів на дні балок слід влаштовувати каскади ставків (накопичувачів освітлених стоків і буферних) та інших споруд, а також створювати деревні насадження.

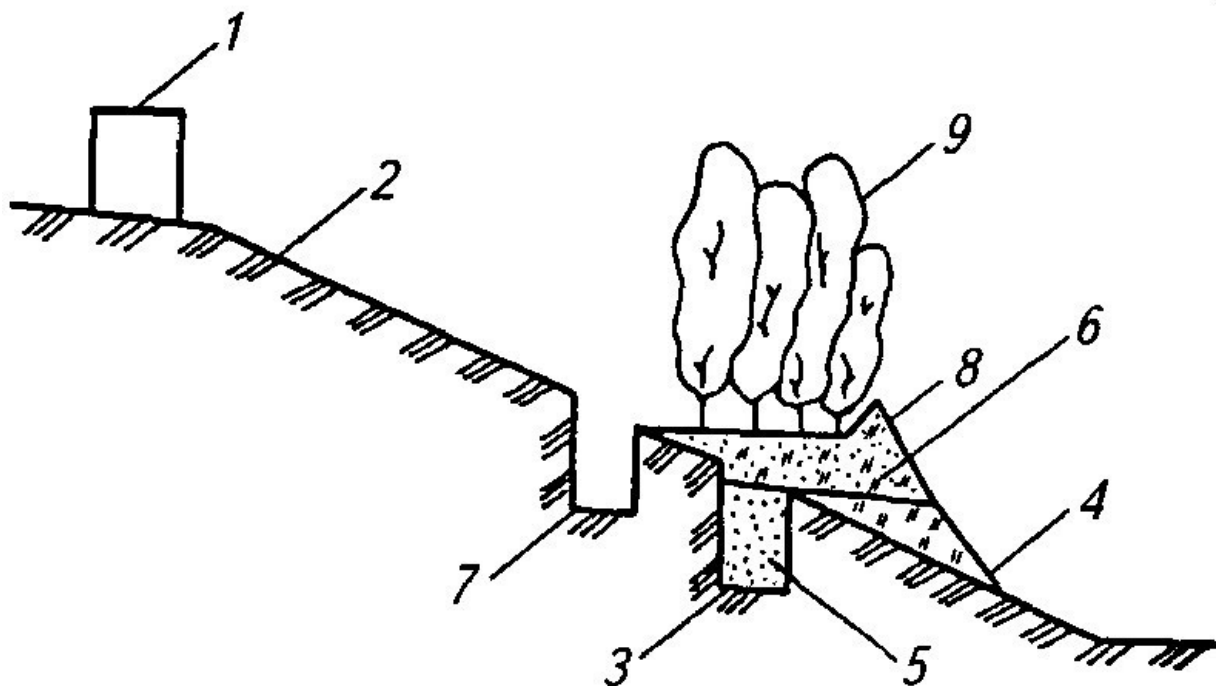
Спосіб попередження надходження на балкове дно гнойових стоків з території тваринницьких ферм і комплексів, розташованих у прибровочних зонах нижніх ланок гідрографічної мережі наведений на рисунку 3.6. Сутність його полягає в наступному: нижче ферми 1 поперек схилу 2 споруджують першу траншею 3, ґрунт з якої укладають у вигляді підстави 4 на нижній ділянці схилу 2. Гнойові стоки, потрапляючи в траншею 3, вбираються ґрунтом, залишаючи в ньому тверду фазу гною 5. Після заповнення твердою фракцією гною першої траншеї 3 її засипають ґрунтом 6, витягнутим з другої траншеї 7, нарізаним на вищележачій ділянці схилу паралельно першій траншеї 3, нижче якої з ґрунту 6 насипають вал 8, а на місці першої траншеї 3 висаджують деревні рослини у вигляді лісосмуги.

При цьому друга траншея буде ізолювати лісосмугу від надходження гнойових стоків з території ферми, а гній в першій траншеї буде компостувати і утилізований при зростанні і розвитку деревних рослин.

З плином часу, після переповнення твердою фракцією гною другої траншеї, знову здійснюють повний цикл робіт зі спорудження нової траншеї на ділянці схилу, що лежить вище. Нарізку паралельних траншей, а також створення валів і лісосмуг можна послідовно проводити на верхніх ділянках схилу аж до території ферми.

Таке освоєння схилів проводять поряд з роботами по експлуатації систем видалення, переробки, знешкодження, транспортування та використання гною, одержуваного на тваринницьких фермах і комплексах.

Аналогічні дослідження проведені в тваринницьких районах США, де вміст нітратів в ґрунтових водах досягало 76 мг/л. У Швеції в 40% з 82 обстежених водних джерел вміст нітратів у воді більше 30 мг/л, а в 20% – більше 50 мг/л. Отже, тваринницькі комплекси стають потужним фактором негативного впливу на навколишнє середовище в результаті накопичення в них величезної кількості безпідстилкового гною і гнойових стоків. Досить сказати, що мікробне і загальне забруднення в районі розташування таких комплексів в 8...10 разів перевищують природний фон забруднення ґрунтового і снігового покриву.



1 – ферма; 2 – балочний схил; 3 – перша траншея; 4 – підстава з ґрунту;
 4 – тверда фаза гною; 6 – ґрунт, витягнутий з другої траншеї; 7 – друга траншея;
 8 – земляний вал; 9 – лісова смуга

Рисунок 3.6 – Спосіб попередження надходження на балкове дно гнойових стоків з території тваринницьких ферм і комплексів (Ивонин, Макарова, 1993)

Забруднення ґрунтів, сніжного покриву і вод місцевого стоку біогенними елементами тягне за собою відповідні зміни показників якості фітомаси культур на сільськогосподарських угіддях, прилеглих до тваринницьких ферм і комплексів.

3.4.2 Використання біотехнології для переробки відходів тваринництва

За визначенням Європейської біотехнологічної федерації, біотехнологія – це спільне використання біохімії, мікробіології та хімічної технології для промислового застосування корисних якостей мікроорганізмів і культур тканин.

Екологічна біотехнологія вирішує питання охорони навколишнього середовища (переробка відходів, захист компонентів середовища від

забруднення, раціональне використання природних ресурсів і т.д.) за допомогою відповідних технологічних процесів.

Як випливає з вищевказаного, інтенсивне розведення худоби призводить до локального накопичення гною, кількість якого часто значно перевищує природний потенціал біодеградації.

Компостування гною застосовують для отримання компостогуміфікованого продукту біологічного окислення, який містить органічні сполуки, продукти розпаду, біомасу мертвих мікроорганізмів і ін. Внесення цього продукту в ґрунт не викликає порушення стабільності агроєкосистем. Компостування – це екзотермічний процес біологічного окислення, в якому органічний субстрат піддається аеробній біодеградації змішаної популяції мікроорганізмів в умовах підвищеної температури і вологості, і перетворюється в безпечний і цінний продукт для агрохімічної меліорації ґрунтів.

У процесі компостування задовольняється потреба в кисні, виділяються діоксид вуглецю і вода, зростає температура і органічні речовини переходять в стабільну форму. При зборі гною в бурти зберігається частина тепла, що виділяється при ферментації, та прискорює процеси компостування.

Для поліпшення аерації гною, а також для зниження вологості і підвищення відносин вуглецю до азоту, гній змішують з наповнювачами (солома злаків, листя, сміття та ін.).

У процесі компостування виділяють чотири стадії: мезофільну, термофільну, охолодження і дозрівання. Перші три протікають швидко (дні або тижні). Стадія ж дозрівання триває кілька місяців. У цей час відбуваються складні реакції між білками загинблих бактерій і залишками лігніну, що призводять до утворення гумінових кислот. У цей період рекомендується підтримувати в буртах температуру близько 55° С, для чого іноді застосовують примусову вентиляцію. Рекомендована оптимальна вологість знаходиться в межах 50 ... 60%, мінімальний вільний газовий простір має бути близько 30%, а концентрація кисню в газовій фазі – 10...18%. Слід витримувати такі розміри бурти (купи): довжина – будь-яка; висота – 1,5 м; ширина – 2,5 м (при природній аерації).

Бурти (компостні ряди) мають трикутну форму поперечного перерізу. Їх розміщують на бетонованих майданчиках. Гній з наповнювачем завантажують в розкидач, де ця маса перемішується, а потім скидається (укладається) при постійному повільному русі машини. Потім за допомогою

жердини діаметром 75 мм в бурті роблять вертикальні отвори до основи через 1 м один від одного. Через місяць бурти перевертають (за допомогою навантажувача). Через два-три місяці компост остаточно дозріває.

У країнах *Західної Європи* використовують технологію «рухомих» компостних рядів, застосовуючи розкидач з стрічковим транспортером для створення компостного ряду невеликої висоти. Через 3 ... 4 дня до цього ряду додають нову порцію гною. Витримуючи ритм, роботи повторюють, поки висота ряду не досягне 2 м (при цьому він не потребує періодичного перевертання).

У *Китаї* розроблений специфічний спосіб компостування гною. Його шари укладають упереміж з шарами подрібнених стебел рослин. Кожен ряд містить 40% стебел, 30% сільськогосподарських стоків і твердих відходів і 30% гною. Загальна висота купи, яка включає від 7 до 10 шарів, становить 1,5 м, її довжина 6...7 м, ширина 2...3 м. Система аерації створюється за допомогою бамбукових палиць діаметром 100 мм, покладених на відстані 1,5 ... 2 м один від одного і 0,3 м від основи. Горизонтальні палиці поєднують з вертикальними, розміщуючи їх через 1 м один від одного. По завершенню укладання, купи покривають шаром мулу завтовшки 0,3 м. Бамбукові палиці витягають через 24 год, зберігаючи отвори для аерації. Перевертають купу через 2 тижні, а компост використовують через 2...4 міс.

Переробку гною на кормові добавки здійснюють декількома шляхами: витяг з гною або посліду кормової (живильної) частини; застосування гною в якості поживного середовища для виробництва кормових дріжджів, вирощування личинок мух і водоростей; культивування черв'яків для отримання кормового білка.

Найбільш відома *французька технологія* переробки гною великої рогатої худоби на кормові добавки «Церіко», заснована на виділенні з гною сирого протеїну, вуглеводної (енергетичної) речовини і біогенних елементів (NPK).

Суха речовина екскрементів сільськогосподарських тварин містить 20 ... 25% загальної енергії раціону і 16% сирого протеїну.

В результаті технологічних операцій переробки гною отримують: продукт С₁ – силос (вологість 60%; в сухій речовині міститься,%: протеїну – 7,3, жиру – 2, клітковини – 28, МЕВ – 51,7, золи – 11); продукт С₂ – протеїновий концентрат (вологість 10%; в сухій речовині міститься,%: протеїну – 27, жиру – 6, клітковини – 2, МЕВ – 55, золи – 10); продукт С₃ – органічне добриво і технологічна вода.

Першою технологічною операцією є направлення гною в приймальну камеру для перемішування і вилучення великих важких предметів, звідки його перекачують в чотири бетонні камери (150 м³) – ферментери. Гній послідовно проходить через усі чотири камери, перебуваючи і перемішуючись в кожній по одному дню. Він повинен мати вологість $78 \pm 2\%$ і рН 5,6...6. На четвертий день гній з останнього (четвертого) ферментера подають в сепаратори для виділення продукту С₁.

При другій операції відбуваються виділення і ферментація продукту С₁. Спочатку в сепараторах виділяють рослинні волокна, зернові плівки, неперетравлені зерна та інші включення розміром більше 0,8 мм. Виділена і віджата (вологість 55...60%) тверда фракція є сировиною для отримання продукту С₁, а рідку фракцію відокремлюють і відводять в камеру для подальшої обробки та отримання продуктів С₃ і С₂.

Продукт же С₁, надходить в бункер, а потім в силосну вежу, де він проходить ферментацію протягом 10...12 діб (силосування відбувається в результаті розвитку молочнокислих бактерій, а знешкодження – завдяки високій температурі силосної маси – 60...70 °С).

Під час третьої технологічної операції рідка фракція, отримана в результаті другої операції, подається з камери на циклічно працюючу (в автоматичному режимі) центрифугу. Цикл триває протягом 6...7 хв, якщо рідка фаза гною надходить в центрифугу при частоті обертання 1500 хв⁻¹, потім її знижують до 200 хв⁻¹ і відбувається автоматичне розвантаження відсепарованого твердого осаду. Цей осад (пісок, глина, органічні конгломерати) вологістю 60% і є продуктом С₃, який використовують як добриво.

Виділення, сушка і гранулювання продукту С₂ відбуваються під час четвертої технологічної операції, коли рідка фракція, отримана на центрифугі (після відділення продукту С₃), накопичується в камері, а потім перекачується в батарею випарників. Попередньо рідину підігрівають до 80°С при зниженому тиску (= 20 кПа). Отриманий концентрат містить 28% сухої речовини, потім його висушують до порошкоподібного стану при температурі 70°С. Цей порошок (продукт С₂) – цінний білковий корм (за кормовою цінністю та вмістом лізину його прирівнюють до соєвого шроту). Вертикальним шнеком його направляють в гранулятор, а потім в бункер готової продукції.

Під час заключної (п'ятої) операції проводять дезодорування і використання технологічної води, яку отримують при конденсації та

висушуванні продукту C_2 . При цьому пар надходить в охолоджувач, а отримана вода прямує в приймальну ємність. Дезодорація відбувається у вежі при розпилюванні форсунками води з ємності. Після розведення такої води звичайною водопровідною водою (1:1) її можна використовувати для напування відгодовуваних тварин або для зволоження гною при його ферментації.

Продукти C_1 і C_2 використовуються для кормових цілей, а продукт C_3 – як добриво.

3.4.3 Санітарно-захисні зони та зелені зони тваринницьких ферм і комплексів

Тваринницькі ферми і комплекси відокремлюють санітарно-захисними зонами (СЗЗ) від житлової забудови сільських населених пунктів. Таку зону встановлюють від межі території, на якій розміщуються будівлі та споруди для утримання тварин, а також від площ гноєсховищ або від критих складів кормів (табл. 3.11).

З боку житлової зони в СЗЗ передбачають лісові смуги шириною не менше 48 м (18 рядів) при ширині СЗЗ понад 100 м.

З боку тваринницького комплексу або ферми для захисту їх від сніжних наносів, піску і пилу в СЗЗ створюють лісові насадження. Крім того, лісові насадження створюють і на території ферми і комплексів для відділення живим захистом гноєсховищ, очисних споруд, майданчиків компостування, бургів гною і т.п.

Від тваринницьких і службових приміщень, пунктів штучного осіменіння, складокормів ці насадження розміщують таким чином, щоб не ускладнювати циркуляцію повітря на території ферм і комплексів.

Однією з важливих причин такого становища з гноєм служить прогресуюче до останнього часу відділення тваринництва від землеробства та переведення його на промислову основу. Землеробство для тваринництва стає лише постачальником кормів, точніше навіть постачальником сировини для промислового виробництва концентрованих кормів. Зворотний зв'язок між цими галузями практично відсутній, а це вже істотне порушення екологічної збалансованості природного циклу речовин.

Таблиця 3.11 – Ширина санітарно-захисних зон до кордону житлової зони

Підприємства та об'єкти	Ширина зони, м
Тваринницькі ферми КТС (виробництво молока і яловичини; вирощування нетелей і молодняка):	
До 1000 голів	300
1000 ... 5000 голів	500
більше 5000 голів	1000
Свинарські ферми:	
до 12000 голів на рік	500
12000 спальні ... 54 000 голів на рік	1200
більше 54000 голів	2000
Вівчарські і звірівницькі ферми	300
Конярські і кролівницькі ферми	100
птахівницькі ферми	
до 100000 курей несучок та до 1000000 бройлерів на рік	300
від 100000 до 400000 курей несучок та до 1 000 000, ... 3000000 бройлерів на рік	1000
більше 400 000 курей несучок та більше 3000 000 бройлерів на рік	1200
Споруди для обробки рідкого свинячого гною від 12 000 до 54 000 голів на рік	500 ... 1500
Теж для гною великої рогатої худоби	300 ... 1000
Сховища рідкого гною (відкриті)	500 ... 2000
Сховища відпрацьованої рідкої фракції гною	500
Майданчики для компостів, бортів твердої фракції гною, карантинування підстилкового гною	300
Ставки – накопичувачі освітлених стоків, буферні та біологічні ставки	200

Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96)

Контрольні запитання

1. Що таке евтрофікація водойм? Умови її виникнення.
2. Що розуміють під біогенами? Основні джерела біогенного навантаження.
3. Чинники, що сприяють евтрофікації водойм за рахунок галузі рослинництва, тваринництва.
4. Що таке меліорація? Основні види і способи меліорації.

5. Дайте визначення зрошенню. Його негативні наслідки на довкілля.
6. Що таке засолення ґрунтів? Класифікація ґрунтів за ступенем та якістю засолення.
7. Яким чином засолення ґрунтів впливає на розвиток сільськогосподарських культур?
8. Оцінка впливу на продуктивність рослин якості ґрунтових і зрошувальних вод
9. В чому полягає негативний вплив вапнування на сільськогосподарські культури?
10. Охарактеризувати основні шляхи міграції радіонуклідів по сільськогосподарським ланцюжкам.
11. За якими показниками оцінюється накопичення, перерозподіл та виведення радіонуклідів у ланках ґрунт – рослина – тварина?
12. Охарактеризувати реакція рослин/тварин на отримане іонізуюче опромінення.
13. Які захисні заходи в АПК використовують на сільськогосподарських угіддях забруднених радіоактивними речовинами?
14. Спосіб попередження надходження на балкові донья гнойових стоків з території тваринницьких ферм і комплексів.
15. Які існують біотехнології для переробки відходів тваринництва? Вітчизняний і зарубіжний опит.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОЛАНДШАФТІВ І ОРГАНІЗАЦІЯ СТІЙКИХ АГРОЕКОСИСТЕМ

4.1 Оптимізація агроландшафтів

Ландшафтно-екологічний підхід. Антропогенний чинник реалізується в екосистемі у вигляді безпосередньої дії на її елементи, харчові ланцюги, структури, круговороти речовин і потоки енергії в процесі виробничої діяльності. А також за допомогою змін, що відбуваються в природі, зокрема в атмосфері: підвищення температури; руйнування озонового екрану внаслідок зростання концентрацій діоксиду вуглецю, метану, оксидів азоту і сірки, хлорфтористого вуглецю; випадання кислотних опадів.

В результаті дії антропогенних джерел в екосистемах міняються: властивості і режими ґрунту; якість повітря; запаси і якість води; кількість і якість рослинницької і тваринницької продукції; чисельність тваринних і рослинних видів, їх різноманітність, ареали розповсюдження, генотип біоти і її фізіолого-метаболічна активність.

При цьому сама екосистема набуває ряд специфічних характеристик, властивих конкретним типам господарської діяльності. Так, при аграрному типі антропогенного чинника екосистема трансформується в агроекосистему (рис. 4.1), яка є частиною наземної екосистеми, що знаходиться під впливом сільськогосподарської діяльності людини. Структура і спосіб її функціонування регулюються за допомогою імпорту речовини і енергії з метою підтримки стану найвищої продуктивності і запобігання сукцесії.

Функціонування агроекосистеми передбачає наявність різного за інтенсивністю і тривалістю постійного антропогенного навантаження на складові її компоненти. Тому, щоб запобігти можливості негативних змін в агроекосистемі, важливо передбачати результат цих дій, ґрунтуючись на величинах гранично допустимих навантажень, а також враховуючи механізми адаптації і рівні стійкості компонентів агроекосистеми до природних і антропогенних навантажень.

Виробнича, у тому числі і сільськогосподарська, діяльність людини здійснюється у межах цілісних природних утворень ландшафтів. Це – територіальна система, що складається із взаємодіючих природних або природних і антропогенних компонентів, а також комплексів більш

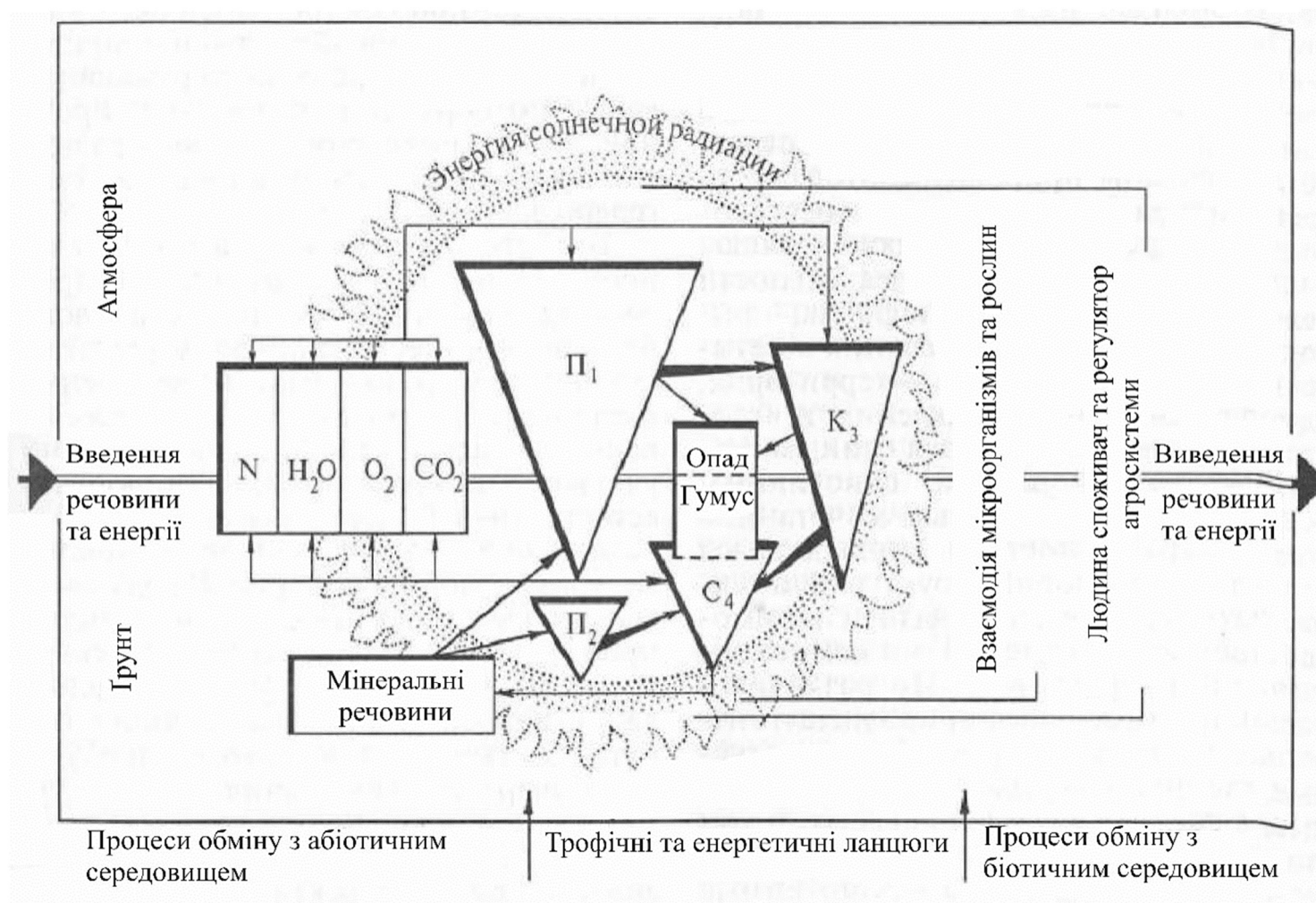


Рисунок 4.1 – Схема узгодження циклів речовин і енергії в біосфері та взаємодія: П₁ – рослини-продуценти; П₂ – мікроорганізми-продуценти; К₃ – консументи; С₄ – сапрофіти (Одум, 1975)

низького таксономічного рангу. Вона є найбільш загальним цілісним об'єктом охорони природи. З цієї точки зору ландшафт розглядається як система ресурсотримання і ресурсовідтворення; середовище життя і діяльності людини; сховище генофонду; природна лабораторія і джерело естетичного сприйняття. Це – територія, однорідна за походженням і історією розвитку, яка має єдину геологічне підґрунтя, однотипний рельєф, одноманітне поєднання ґрунтів, рослинності. Вона відрізняється від інших територій структурою, а також характером взаємозв'язку і взаємодії між окремими компонентами цієї території. За різними параметрами виділяють природні і антропогенні, культурні і акультурні, степові і гірські, лісові і болотні, а також інші ландшафти, у тому числі і агроландшафти.

Агроландшафти – антропогенні ландшафти, у яких переважають в біотичній частині співтовариства живих організмів, штучно сформованих людиною (антропобіоценозів) і природні фіто- і зооценози, що замінили, на більшій частині території. В більш вузькому трактуванні під агроландшафтом розуміють ландшафт, на більшій частині якого природна рослинність замінена посівами і посадками сільськогосподарських рослин. Під агроландшафтами розуміють також пейзажі сільської місцевості.

Одна з найважливіших функціональних задач сучасної екології – розробка основ і принципів природовідповідності в різних областях виробничої діяльності. При цьому разом з аргументованим поясненням різних реальних і можливих ситуацій необхідні ділові рекомендації по організації раціонального природокористування і запобіганню негативних наслідків, обумовлених непередбаченим втручанням в навколишнє середовище і його непередбаченими змінами.

У сфері аграрного виробництва протягом століть здійснюється процес конструювання штучного біогеоценотичного покриву, реалізований шляхом розробки і впровадження різних систем землеробства. І тут в першу чергу необхідно розумно враховувати і максимально використовувати природний базис виробництва, який визначається ландшафтними особливостями конкретної території. Для екологізації сільського господарства, грамотні облік і оцінка ландшафтної домінанти вимагають першочергової уваги.

Про зростаючий інтерес до цих питань, обумовлений їх науковою значущістю і об'єктивними потребами практики, свідчать публікації, що з'явилися в кінці минулого століття. Це, ґрунтівна монографія А.Н. Каштанова із співавторами «Основи ландшафтно-екологічного

землеробства» (1994), солідний підручник В. І. Кірюшина «Екологічні основи землеробства» (1996), оригінальний навчальний посібник М.Г. Сергєєва «Екологія антропогенних ландшафтів» (1997) і інші видання.

Оптимізація природного середовища – це визначення збалансованого співвідношення між експлуатацією екосистем (раціональним використанням природних ресурсів), їх охороною і цілеспрямованим перетворенням. Тим часом діяльність людини призводить до значних і стійких змін природного середовища. В агроекосистемах, як відомо, до таких відносять процеси ерозії і дефляції; забруднення ґрунтів і природних вод хімічними речовинами, що вимиваються з мінеральних добрив і отрутохімікатів; евтрофування водоймищ; ущільнення, підкислення і зниження біологічної активності ґрунтів; зміна видового складу, чисельності і розподілу флори і фауни і т.д.

У зв'язку з цим необхідна система природостабілізуючих заходів. Теоретичним обґрунтуванням розробки системи забезпечення стійкості агроекосистем повинна бути екологія агроландшафту, яка вивчає структуру і особливості функціонування агроекосистем в конкретних умовах, а також баланс речовин і енергії. При цьому необхідно системно враховувати характер взаємозв'язків і взаємозалежностей між структурними елементами агроландшафту, ієрархічні рівні відповідних структур.

Охорона і раціональне використання окремих компонентів природного середовища не має реального сенсу без оптимізації більш складних цілісних територіальних одиниць, якою і є ландшафт.

Розглядаючи передумови формування стійких агроекосистем, необхідно базуватися на ландшафтно-екологічному підході, який припускає: вивчення природних явищ і процесів, а також інвентаризацію їх ресурсного потенціалу; оцінку природних систем щодо можливих видів використання; прогнозування вірогідних змін природних комплексів в результаті їх використання; розробку підходів до управління процесами зміни природних комплексів через антропогенну дію, визначення шляхів і способів їх регулювання; обґрунтування і розробку рекомендацій по оптимізації агроландшафтів.

Природні системи характеризуються рядом властивостей, що визначають їх (систем) відношення до зовнішніх дій, таких, як цілісність, стійкість, еластичність, інерція, місткість, допустимі межі змін.

Охарактеризуємо ці властивості.

Цілісність – внутрішня єдність екосистем, обумовлена тісними взаємозв'язками між їх складовими компонентами.

Стійкість – здібність до самозбереження і саморегулювання в межах, які не перевищують певні критичні величини (допустимих меж змін). Йдеться про здатність екосистем зберігати свою структуру і основні функції при зовнішньому впливі (у тому числі антропогенному). Особливу роль тут грає біота, яка, трансформує абіотичне середовище, пом'якшує зовнішній вплив.

Розрізняють резистентну і пружну стійкість. В першому випадку мається на увазі властивість системи чинити опір порушенням, підтримувати свою структуру і функції, в другому – здатність відновлювати свій стан (тобто найважливіші на певному тимчасовому інтервалі характеристики) після того, як структура і функції системи були порушені.

Мінливість – здатність екосистем переходити з одного стану в інший під впливом зовнішніх сил або чинників саморозвитку. По глибині трансформації систем розрізняють зміни в ході функціонування, динаміки і розвитку. Функціонування – це сукупність процесів передачі і перетворення речовини і енергії, що підтримує систему в певному стані. Тут відбуваються невеликі кількісні зміни, які носять ритмічний добовий і сезонний характер. Динаміка представляє собою оборотні зміни, які відбуваються в рамках структури системи. До них, наприклад, відносять багаторічні періодичні коливання, так звані «відновні зміни». В процесі динаміки відбуваються більш глибокі зміни, ніж в процесі функціонування. Але вони не ведуть до якісної перебудови структури, а лише поволі готують її. Розвиток (еволюція) – це необоротні зміни систем з докорінною перебудовою структури і формуванням нових ландшафтів, це пов'язано як із зовнішніми діями (природними і антропогенними), так і з внутрішніми ценотичними (саморозвиток). Такі екосистеми втрачають стійкість.

Еластичність – здатність в деяких межах міняти свій стан під впливом зовнішніх чинників і повертатися в початковий стан при припиненні їх дії.

Інерція – здатність природних систем в деяких межах протистояти дії зовнішніх чинників без зміни свого стану.

Місткість – здатність абсорбувати без зміни свого стану чужорідні дії зовнішніх чинників (сторонні речовини, надмірну енергію і т. п.).

Допустимі межі змін – максимальна і мінімальна межі параметрів стану природної системи, всередині яких вона володіє стійкістю і не руйнується.

У зв'язку з даними властивостями природних систем представляє інтерес запропонована Ю. А. Ізраєлем (1984) графічна схема стану деякої системи в часі при різних навантаженнях (рис. 4.2).

Виходячи з даних, представлених на рисунку, щоб уникнути необоротних змін природної системи, не слід виводити її за якісь межі, тобто бажано не виходити із зони екологічного резерву.

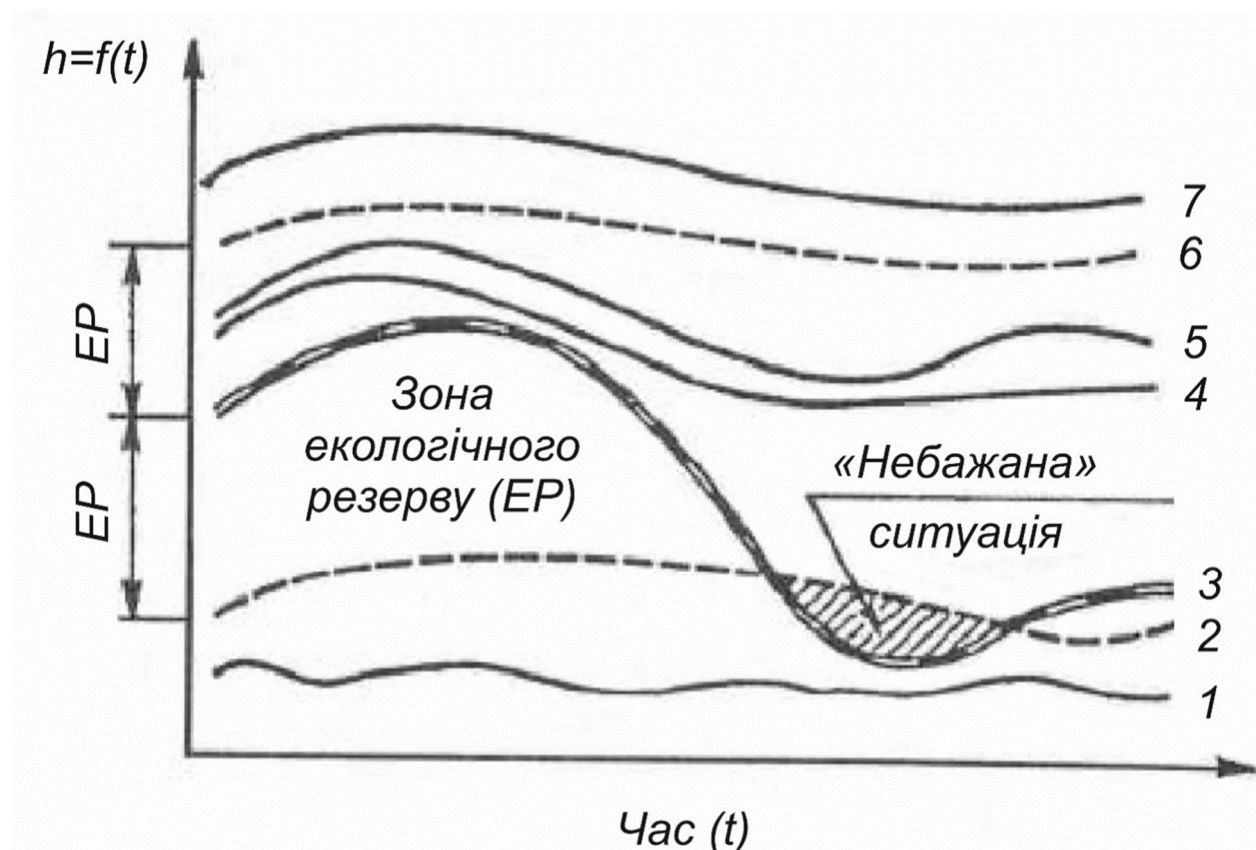


Рисунок 4.2 – Графік функції стану елементів деякої системи у часі $h(t)$ при різних навантаженнях (Израэль, 1979):

1 і 7 – нижня та верхня критичні межа змін; 2 і 6 – нижня та верхня межа допустимих змін (границі дії на систему); 3 – функція фактичного стану системи при антропогенному впливі; 4 – нормальний стан системи; 5 – збуджений стан системи. Інтервали між фактичним станом (крива 3) і верхньою (крива 6) або нижньою (крива 2) допустимими межами впливу характеризують «екологічний резерв» впливу

Вивчення і облік екосистем мають важливе практичне значення, оскільки дозволяють зробити більш грамотне формування взаємодії з навколишнім природним середовищем. Це особливо важливо при

організації агроєкосистем, які відрізняються від екосистем нестійкою природною рівновагою. В природних умовах зміна структури екосистем (наприклад, заростання озер, заболочування лісів і ін.) відбувається поступово. При некерованому ж втручанні сільськогосподарського виробництва зміни можуть проходити швидко і приводити до зниження стійкості агроландшафтів і їх деградації.

Господарська діяльність впливає і на перебудову біоценозів в цілому. Причому в окремих регіонах порушення рівноваги між материнською породою, стоком і ґрунтом викликає необоротні негативні зміни в ландшафтах. Прикладом може служити посилення процесів опустелювання. Очевидний факт, що разом з дійсно доцільними в природно-господарському відношенні антропогенними ландшафтами внаслідок істотних екологічних прорахунків при організації природокористування виникають ландшафтні (у тому числі і агроландшафтні) утворення протилежної властивості.

При інтенсивному сільськогосподарському використуванні земельного фонду, коли рівновага в агроєкосистемах підтримується штучно, необхідно знати і враховувати структуру агроландшафтів, їх системоутворюючі властивості. Основною «цільовою властивістю» ландшафту є екологічний потенціал – інтегральна передумова його використання. Він характеризує здатність ландшафту відповідати вимогам, які пред'являє до нього людина. У всіх випадках організація агроєкосистем повинна розділятися за типами і видами ландшафтів, ґрунтуватися на зонально-провінційних особливостях, типологічних і індивідуальних властивостях.

Особливо важливо, щоб регуляція господарських навантажень на агроєкосистеми, що плануються, здійснювалася відповідно до їх природної структури. В протилежному випадку, особливо в агроєкосистемах з нестійкою природною рівновагою, виникає невідповідність між спеціалізацією сільського господарства та потенційними можливостями ландшафтного ресурсу. Це призводить до виникнення і розвитку негативних процесів, таких як втрата агроєкосистемами стійкості, порушення ландшафтно-екологічної рівноваги на даній території і т.д. Тому необхідно зіставляти істотні функціональні структури ландшафту і його потенціал, визначати доцільні напрями раціонального його використання.

Для цього необхідно оцінити напрям і швидкість природного розвитку кожного елемента ландшафту; зміну як окремих компонентів, так і всієї агроєкосистеми під впливом виробничої діяльності; ймовірний розвиток

форм використання природного потенціалу. Ландшафтне прогнозування припускає функціональне розмежування ландшафтних утворень (процес просторового диференціювання діяльності людини, що додає структурним ділянкам певні функції). Наприклад, в агроландшафті головною повинна бути функція охорони і відтворювання потенціалу ґрунтової родючості, залежно від якої розв'язуються питання розміщення сільськогосподарського виробництва, формування інфраструктури та ін.

Важливою умовою підвищення стійкості екосистем (і особливо агроекосистем) є розробка, вдосконалення і суворе дотримання екологічних нормативів, стандартів, правил і інших регламентів, які регулюють господарську діяльність щодо використання ландшафтів.

Найпоширенішими показниками забруднення природного середовища є гранично допустимі концентрації (ГДК) полутантів, які встановлюють за ступенем шкідливості речовин або рефлекторної реакції на них організму.

Проте ГДК, ГДВ (гранично допустимі викиди) і інші аналогічні показники далеко не завжди враховують особливості трансформації забруднюючих речовин в природі, їх здатність накопичуватися в біоті в конкретних фізико-географічних умовах. Визначені для окремих природних компонентів, вони не були диференційовані по регіонах і є малоприматними для ландшафтів в цілому. Більш поширеними екологічними нормативами є гранично допустимі екологічні навантаження (ГДЕН). Вони більш повно відображають внутрішні властивості і потенційні можливості екосистем. ГДЕН як сукупність внутрішньої і зовнішньої дії, яка або не міняє якість навколишнього середовища, або міняє його в допустимих межах, характеризує здатність компонентів підпадати під вплив чинників, що змінюють її стійкість, а також силу і активність цих чинників. Під якістю навколишнього середовища розуміють можливість стійкого існування природної або антропогенної екосистеми в даному місці при відсутності несприятливих наслідків для будь-якої (але в першу чергу людської) популяції. Через різноманітність антропогенних чинників, що впливають на компоненти реальної агроекосистеми, практично неможливо запропонувати єдиний показник допустимого навантаження. Тому для кожного типу дії встановлюють свої вимоги до регламентів, які можуть переслідувати природоохоронні, соціально-економічні, гігієнічні, медичні або інші цілі.

Наприклад, рівень техногенного забруднення ландшафтів вважають допустимим, якщо не порушуються газові, концентраційні і окислювально-

відновні параметри, від яких залежить життєдіяльність організмів, які регулюють біогеохімічне самоочищення, не змінюється біохімічний склад продукції, що могло б викликати порушення життєвих функцій організмів в межах трофічних ланцюгів, не знижується біологічна продуктивність екосистем, зберігається генофонд, необхідний для існування системи. ГДЕН як комплексний показник стійкості екосистем і ландшафтів характеризує структуру і функціонування систем через продуктивність, видову різноманітність, інтенсивність процесів та інші параметри, а також максимально допустимі межі втручання в екосистеми за умови збереження ними основних природних і економічних функцій (антропогенні зміни екосистем і ландшафтів не повинні виходити за якісь межі природних коливань їх параметрів).

Одна з поширених в даний час точок зору полягає в тому, що кінцевою метою екологічного нормування є прагнення зберегти природний перебіг сукцесійних процесів на підставі визначення норм стану об'єкту за допомогою аналізу параметрів агроекосистеми і інтервалів їх природних коливань, а також встановлення відповідних порогових і критичних меж. Цей етап називають екологічною регламентацією. Наступний етап – це власне екологічне нормування, тобто визначення екологічних нормативів на підставі екологічних регламентів.

Використання системи більш загальних і симптоматичних інтегральних параметрів агроекосистем дозволяє оцінювати відхилення від деякого стану, який умовно приймається за норму, а також, і ступінь порушення, що спостерігається. При такому підході аналізується тріада: чинник дії – властивості агроекосистеми (стійкість) – ступінь дії (зміни).

При виборі параметрів стану агроекосистем для цілей екологічного нормування важливо враховувати такі особливості, як достатньо високий ступінь інтеграції та універсальності параметра; адекватність його реакції на різні форми і інтенсивність впливу того або іншого чинника на дану систему; високий ступінь інформативності. Крім того, вибрані методи визначення параметра не повинні вносити істотних змін в агроекосистему.

Принципи організації агроекосистем. В процесі тривалої еволюції природні екосистеми набули здатність до саморегуляції і самовідновлення. При трансформації ж природних екосистем в агроекосистеми речовино-енергетичні і інформаційні зв'язки, у тому числі й агроландшафтні, значно змінюються. Якщо такі зміни виходять за рамки допустимих меж (норм), то ландшафти втрачають здатність до самовідтворювання основних

компонентів і в результаті швидко деградують. *Сучасний агроландшафт* – це не просто перетворений (модифікований) природно-територіальний комплекс, а багатокомпонентне утворення із специфічними природно-господарським генезисом, фітоценотичним виглядом, екологічною ситуацією.

Хоча майбутнє агроландшафтів в основному визначається господарською діяльністю, воно багато в чому залежить від територіальної і організаційної узгодженості природних і антропогенних структур. Ще В.В. Докучаєв вказував на необхідність територіальної диференціації і адаптації землекористування як за ландшафтними зонами, так і за «типами місцевості природи».

Метою адоптивно-ландшафтного землекористування є досягнення більш гармонійної взаємодії людини і природи в процесі сільськогосподарського виробництва. При цьому слід мати на увазі, що ландшафтознавство – область знань, що вже склалася, а її важлива частина – агроландшафтознавство – ще знаходиться у процесі становлення.

Агроландшафтознавство вивчає закономірності формування і функціонування агроєкосистем, розробляє методи моделювання нових систем землеробства, обґрунтовує шляхи конструювання оптимальних агроландшафтів (природно-господарських територіальних систем сільськогосподарського призначення на локальному, топологічному рівні), вирішує актуальні проблеми соціальної агроєкології, формує основи і веде розробку геоінформаційних систем агрономічного призначення.

Існує декілька принципів побудови агроландшафтів, що мають практичне значення і засновані на «самовідновленні» і «самоочищенні» агроєкосистем і їх компонентів:

1. *Принцип адекватності.* Виробнича діяльність в агроландшафтах повинна функціонально відповідати функціям біосфери, тобто бути адекватною до природних закономірностей навколишнього середовища. Цього можна досягти використанням прогресивних систем землеробства (виділення сівозмін з багаторічними травами на схилах, заміна оранки безплужною обробкою й інші агротехнічні прийоми) з урахуванням екологічних особливостей структури природних ландшафтів, що склалися. В результаті утворюються нові природо-господарські комплекси, що забезпечують більш ефективне використання біоенергетичних ресурсів, із стійкими агроєкосистемами, що імітують функції біосфери.

2. *Принцип сумісності.* Компоненти (елементи) території агроландшафтів проектують і створюють з урахуванням природо-антропогенної сумісності. Суть в тому, щоб елементи території агроландшафтів були органічно взаємозв'язані і представляли єдину систему, злагоджену з будовою природних комплексів і господарською діяльністю. В подальшому нові і вдосконалені агроландшафти розвиваються під активним впливом процесів, властивих тим природним ландшафтам, які і послужили для них фоном. Не сумісний з природним середовищем елемент території грає роль якогось зовнішнього «подразника», що порушує загальну стійкість природного комплексу (ПК). Неврахування цього веде до зайвих матеріальних витрат при створенні агроландшафтів, а нерідко і до їх швидкого руйнування.

Прикладом недостатнього врахування чинника природо-антропогенної сумісності при формуванні ландшафтів може служити проектування крупних прямокутних ланів на схилах складної форми. У цьому випадку доцільно проектувати поля у вигляді горизонтально-контурних і смугових мікрозон. В результаті такого роду прорахунків спостерігається збільшення поверхневого стоку, посилення водної ерозії ґрунту, замулювання річок. Тут явно позначається негативний вплив помилкових способів організації території: створення захисних лісосмуг і обробка ґрунту уздовж схилів з перетином горизонталей.

Це відноситься і до побудови ґрунтових валів на вершинах ярів, що є нав'язаним природі елементом. В цьому випадку порушується ґрунтовий покрив прилеглої ділянки, площа під валом заростає бур'янами і випадає з сільськогосподарського використання, погіршується архітектоніка ландшафту.

Позитивним прикладом реалізації даного принципу може служити залуження водостічної улоговини, контурна організація території на складних схилах, мульчування і т.д. Інший приклад: сумісний (смуговий) посів низькорослої сої і високорослої кукурудзи дозволяє рослинам кожної групи краще використовувати сонячну енергію, вуглекислий газ, воду. В результаті підвищується інтенсивність фотосинтезу, покращується мікроклімат. Урожайність сої в таких посівах на 18 %, а кукурудзи на 29 % вище, ніж при роздільному їх вирощуванні.

3. *Принцип відповідності фітоценозів середовищу мешкання.* При структуризації агроландшафту важливий грамотний вибір місця розміщення посівів і посадок різних груп сільськогосподарських рослин на

неоднорідних за екологічними властивостями і розташуванням ділянок земель, що обробляються. Треба також враховувати біологічні особливості наявного набору культур, щоб забезпечити підвищення їх врожайності при одночасному збереженні родючості ґрунтів. Практичну реалізацію цього принципу слід розглядати як необхідну умову формування стійких агроєкосистем. Це підтверджують дані, представлені в таблицях 4.1, 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.1 – Урожайність основних сільськогосподарських культур залежно від умов рельєфу, т/га (Варламов, Волков, 1991)

Коефіцієнт розчленованості, км/км ²	Озима пшениця	Ячмінь	Цукровий буряк	Кукурудза (зелена маса)
0,3...0,4	2,44	2,27	28,7	31,2
0,7...0,8	2,15	2,04	26,1	29,6
1,1...1,2	1,97	1,88	25,6	27,9
1,5...1,6	1,74	1,65	22,4	25,7

Таблиця 4.2 – Порівняльна придатність ґрунтів для обробітку сільськогосподарських культур (Варламов, Волков, 1991)

Культура	Ґрунти по гранулометричному складу							
	піщані	легко-суглинкові	супіщані	легко-глинисті	суглинисті	важко-суглинкові	глинисті	важко-суглинисті
Пшениця	0	0	2	3	3	3	2	1
Жито	2	3	3	3	3	3	3	2
Овес	1	2	3	3	3	3	3	2
Ячмінь	1	1	3	3	3	3	2	1
Просо	1	3	3	3	3	3	2	1
Кукурудза	0	3	3	3	3	3	2	1
Гречка	1	3	3	3	3	2	2	1
Картопля	0	3	3	3	3	3	2	1
Льон	0	0	1	2	3	3	2	1
Буряк	0	1	2	3	3	3	2	1
Капуста	0	1	2	3	3	3	2	1
Морква	1	2	3	3	2	3	2	1

4. *Принцип пріоритету фітомеліорації.* При формуванні ґрунтоохоронних агроландшафтів і агроєкосистем, що самовідновлюються і самоочищуються, провідна роль повинна належати фітомеліорації.

Таблиця 4.3 – Порівняльна придатність антропогеннообумовлених ділянок для обробітку сільськогосподарських культур з врахуванням природноохоронних обмежень (Варламов, Волков, 1991)

Зони антропогенного впливу	Ступінь придатності для обробітку сільськогосподарських культур							
	зернові	картопля	льон	цукровий буряк	силосні	трави, у тому числі		
						на сіно, сінаж	на зелений корм	для випасу
Ґрунтовоохоронні								
Осушені торф'яні ґрунти:								
до 1 м	2	0	0	0	0	3	3	2
1 – 2 м	3	1	0	1	0	3	3	1
більш 2 м	3	2	0	2	0	3	3	1
Ґрунти з малопотужним гумусним горизонтом	2	1	1	1	1	3	3	2
Ґрунти легкого гранулометричного складу, що підлягають дефляції	2	1	0	1	1	2	2	0
Ґрунти, що підлягають водній ерозії:								
В слабкому ступені	3	2	3	2	2	3	3	2
В середньому ступені	2	1	2	1	1	2	2	1
В сильному ступені	1	0	1	0	0	2	2	0
Водозахисні								
2-й пояс зони санітарної охорони підземного водозабору	1	0	0	0	0	2	2	2
2-й пояс зони санітарної охорони відкритого водозабору	1	0	0	0	0	2	2	0
водозахисні зони малих річок	2	2	2	2	2	3	3	2
прибережні смуги малих річок	0	0	0	0	0	2	2	0
Території, що забруднюються								
стоками тваринницьких комплексів і ферм	1	1	2	1	1	2	0	0
викидами промислових об'єктів	2	1	3	1	1	2	2	0
вихлопними газами (уздовж автодоріг з інтенсивним рухом)	1	0	3	0	1	1	0	0

Умовні позначення: 0 – непридатні; 1 – малоприсаєднані; 2 – присаєднані; 3 – найприсаєднаніші

Це відповідає одному з найважливіших законів землеробства – закону мінімуму (оскільки обмежуючим чинником часто є дефіцит ґрунтової вологи, а рослинна меліорація сприяє формуванню більш стійкого вологообігу в агроєкосистемах). З врахуванням цього практична задача організації території агроландшафту полягає у визначенні розумного співвідношення між полем, лугом і лісом разом з іншими компонентами.

5. *Принцип просторової і видової різноманітності.* Агроєкосистеми слід створювати з врахуванням вимог просторової і видової різноманітності середовища. Це відповідає закономірності, згідно з якою чим різноманітніша і складніша структура агроландшафту, тим вища його стійкість, здатність протистояти різним зовнішнім впливам. Наприклад, збереження природних компонентів покращує мікроклімат, сприяє збільшенню чисельності тварин, зокрема птахів, які живляться комахами. Ландшафти, що характеризуються великою видовою різноманітністю, краще самовідновлюються і самоочищуються, оскільки складна мозаїчність їх будови сприяє підтримці їх стійкості, а також природній і природо-антропогенній рівновазі. (Під природною рівновагою розуміють первинну екологічну рівновагу природної системи, що склалася на основі балансу незмінених або малозмінених людиною компонентів середовища і природних процесів. Природо-антропогенна рівновага – вторинна екологічна рівновага, що утворюється на основі балансу змінених людиною компонентів середовища і природних процесів.)

6. *Принципи оптимізації структури співвідношення земельних угідь.* При землеустрої агроландшафтів для певного сільськогосподарського регіону землекористування відповідно до місцевих природних умов встановлюють екологічно і економічно обґрунтовані структуру і співвідношення розмірів площ ріллі, луків, лісу і вод. Проблема раціонального співвідношення природних і штучних екосистем, поза сумнівом є однією з ключових. Із цього приводу склалися різні думки. Представляє, зокрема, інтерес запропонована Н.Ф. Реймерсом (1990) схема співвідношень площ природних і перетворених екосистем (рис. 4.3).

Згідно даних приведених на цьому рисунку, доцільна екологічна рівновага спостерігається коли процентне співвідношення між площами природних і перетворених екосистем складає 60:40. Існує і така думка, що в агроландшафтах лісу, луку, водні простори повинні займати не менше 30 % загальної площі.

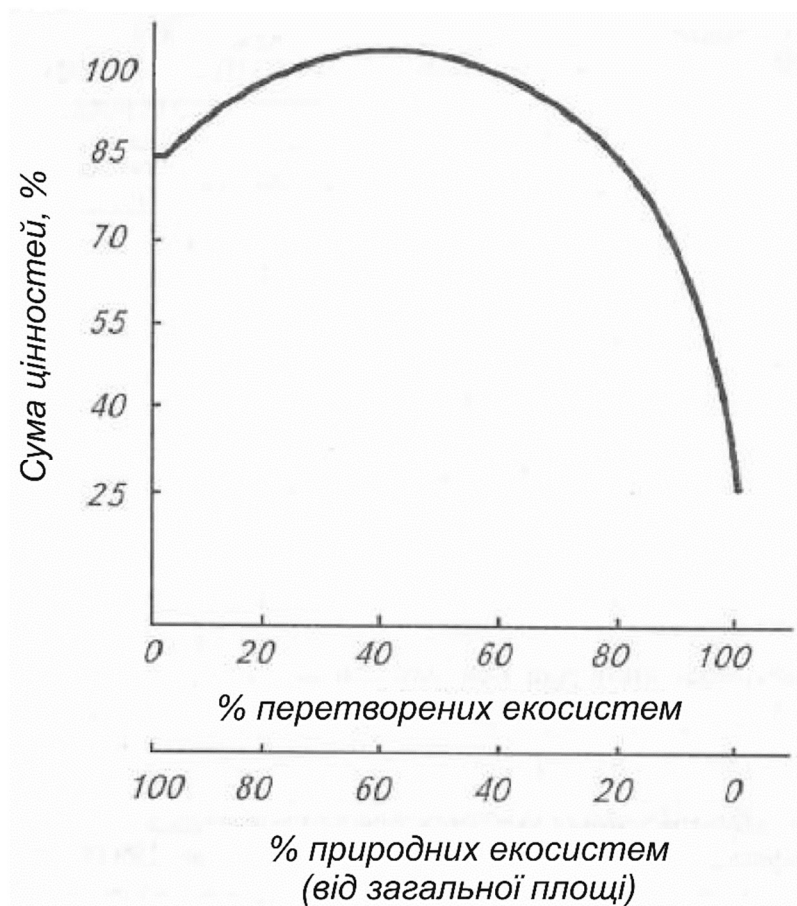


Рисунок 4.3 – Сумарний еколого-соціально-економічний ефект при різних співвідношеннях площ змінених та природних екосистем (Реймерс, 1990)

Ландшафтно-екологічний аналіз агроекосистем. Сільське господарство спочатку базувалося на стихійному використуванні окремих екологічних принципів. По мірі формування наукових основ сільськогосподарського виробництва і поступального розвитку його галузей і інфраструктури ці принципи почали набувати більшого осмислення і цілеспрямованості. Проте і в даний час переважно враховуються лише агроекологічні закономірності, популяційні ж екосистемні підходи застосовуються набагато рідше.

Метою сільського господарства є отримання максимуму біологічної продукції. Згідно цього розвиваються (та і будуть розвиватися) аграрні виробничі системи. Тим часом суто технократичний підхід до необхідного процесу інтенсифікації виробництва в аграрному секторі вступив, як відомо, в серйозну суперечність з можливостями підтримки природо-антропогенної рівноваги. Нарешті спрацював принцип бумеранга у вигляді негативних наслідків інтенсифікації для екологічного стану і продуктивності сільськогосподарських угідь. Так, в районах суцільної розораності земель і

неодноразового проведення хімічних обробок посівів відчувається такий істотний недолік ентомофагів (комахоїдних організмів) і запилювачів, що виникає загроза щодо існування природних біоценозів, формування урожаю культурних рослин.

Новітні досягнення екології дозволяють удосконалювати існуючі і розробляти нові методи ведення сільськогосподарського виробництва, які виявляють в рослинництві і тваринництві додаткові резерви для стабілізації агроландшафтів.

Важлива умова екологізації сільського господарства – використання біоценологічних екосистемних принципів. Від практики вирощування на полях тільки продуцентів – культурних рослин – слід переходити до більш повного і активного використання в агроценозах природних регуляторних механізмів.

В першу чергу необхідні аналіз і облік ландшафтно-екологічних особливостей конкретної території. Створювані агроландшафти функціонують відповідно до природних закономірностей даного району. Основою для аналізу ландшафтно-неоднорідності і мінливості земельного фонду в процесі його сільськогосподарського використання є матеріали кількісного і якісного розрахунку стану агроєкосистем. Проте поки що ступінь вивчення ґрунтових умов в різних ландшафтах неоднакова. Крім того, аграрний сектор слабо забезпечений базовими природними картами (геоморфологічними, ґрунтовими, геоботанічними, ландшафтними).

Ландшафтно-екологічний аналіз агроландшафту повинен ґрунтуватися на знанні його морфологічних компонентів (типологічне картографування) і регіональних відмінностей (районування), а також на обліку численних взаємозв'язків (баланс речовин і енергії). Також важливо, щоб господарські навантаження на ландшафт планувалися відповідно до його природної структури. В протилежному випадку складається невідповідність спеціалізації сільського господарства потенційним ресурсним можливостям ландшафту, це приводить до виникнення і розвитку негативних процесів, до порушення природо-антропогенної рівноваги, особливо в ландшафтах з нестійкою природною рівновагою.

Разом з впливом антропогенних чинників потрібно враховувати і природні тенденції розвитку ландшафтів, можливості проявів несприятливих для сільського господарства природних процесів. Останні впливають повільніше, але масштабніше (зміна клімату, сейсмічність, процеси ерозії та ін.). Раціональним можна вважати такий вплив, при якому забезпечується

правильний ресурсообіг, розширене відтворення ресурсів ландшафту (підвищення родючості ґрунту, продуктивності природних і культурних фітоценозів та ін.). Аналіз ландшафтної неоднорідності і мінливості – багатоступенева система підходів до роздільної оцінки природних компонентів і всього ландшафтного комплексу.

В агроекосистемах відбуваються як зміна окремих біотичних компонентів, так і трансформація системи в цілому. При цьому порушуються її внутрішня структура, яка забезпечує певну стійкість за допомогою різних механізмів самоорганізації і самовідтворення. Для визначення можливих змін є перспективою розробка інтегральних параметрів, що характеризують структурно-функціональну організацію агроекосистем по їх біотичній компоненті.

Такого роду характеристики відбивають процеси утворення, використання, руйнування і залишкового накопичення біотичної продукції різних категорій (первинної, вторинної, залишкової, мертвої), а також деякі етапи кругообігу речовин, залучених в біологічні цикли.

1. Запас живої біомаси (фіто-, зоо- і мікробіомаси), г/м² або т/га (при розрахунку на абсолютно суху речовину). Під біомасою розуміють загальну кількість живої органічної речовини, накопиченої до даного моменту. Крім абсолютних показників можуть застосовуватися співвідношення біомаси різних груп організмів або їх частин, віднесених до одиниці площі. У тому числі: для рослин (автотрофів) – систематичних екологічних груп надземних і підземних частин, асимілюючих і запасуючих органів; для гетеротрофів – систематичних екологічних (включаючи трофічні) груп, часток мігруючої зоомаси; для мікроорганізмів – грибів, бактерій, актиноміцетів.

2. Запас мертвої органічної речовини. Це кількість речовини, яка міститься у сухостой, вітроломі, відмерлих органах, а також, що накопичилась в лісовій підстилці, торф'яному горизонті ґрунтів, в степовій повсті. Мертва органічна речовина включає також трупи тварин, гумус ґрунтів.

3. Інтегральна характеристика структури органічної речовини агроекосистеми визначається як співвідношення запасів гумусу, фітомаси, зоомаси і біомаси (мікроорганізми), представляється у вигляді формули органічної речовини агроекосистеми.

При оцінці стану агроекосистем також повинні враховуватися показники їх функціонування, під яким розуміють зміну станів системи, яка визначається змінами в річному циклі запасів речовин і інтенсивності

потоків. В основі функціонування екосистем лежить біологічний кругообіг, що здійснюється по наступній типовій схемі: на висхідній гілці відбувається створення первинної продукції при одночасній витраті її на дихання; на низхідній – споживання фітофагами, відмирання і деструкція.

4. Поточне функціонування автотрофних і гетеротрофних компонентів. Його оцінюють за первинною і вторинною продукцією, а також по їх співвідношенню. Чиста первинна продукція [$\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб.})$, $\text{т}/(\text{га} \cdot \text{рік})$] – продукція автотрофних організмів, яка практично співпадає з продуктивністю фітоценозу. Вона визначає енергетичний потенціал системи і характеризується кількістю органічної речовини (фітомаси), яка утворюється за рік в наземній і підземній сферах співтовариства за виключенням частини, що витрачається на дихання. Фактично – це річний приріст.

Вторинна продукція включає зоомасу і фітомасу, створену гетеротрофними організмами. Ця величина дозволяє оцінити «внесок» різних груп консументів і редуцентів у відчуження фітомаси з річного приросту, в деструкцію і мінералізацію рослинних залишків. Відношення первинної продукції до вторинної відображає збалансованість біологічної продукції.

5. Опад [$\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$, $\text{т}/(\text{га} \cdot \text{рік})$] –кількість органічної речовини, що міститься у всіх щорічно відмираючих наземних і підземних частинах рослин.

6. Істинний приріст [$\text{т}/(\text{га} \cdot \text{рік})$] –кількість органічної речовини, що залишається в співтоваристві в результаті річного приросту, за винятком опадів.

7. Швидкість відтворювання органічної речовини, це відношення первинної продукції до запасу живої фітомаси (%). Найбільша вона в луговому степу, найменша –у лісі. Чим менший цей показник, тим більша затримка речовин і подальша їх консервація, чим він більший, тим вищий динамізм процесів.

8. Швидкість загального обороту органічної речовини це відношення запасу живої і мертвої органічної речовини (яка включає і не включає гумус) до продукції (в %). Цей критерій дозволяє виявити рухливість кожної одиниці органічної речовини при проходженні етапів трансформації продукції. Наприклад, вона мінімальна в полярному і бореальному поясах і майже на порядок вище в луговому степу і пустелі.

9. Швидкість деструктивних процесів. Цим процесам належить важлива роль в біологічному кругообігу наземних систем, оскільки переважаюча частина біологічної продукції трансформується у формі детриту під дією різних деструктивних агентів, минувши трофічні ланцюги рослиноїдних організмів. Кількість фітомаси, яка споживається тваринами, складає всього лише декілька процентів від її загальної продукції, а 88...99 % первинної продукції поступають в ґрунтову детритну підсистему. Як показник швидкості деструктивних процесів використовують відношення мертвої маси, що щорічно поступає, до її запасу (опадо-підстилаючий коефіцієнт, %).

10. На додаток до основних показників рекомендуються параметри, що пов'язані із зміною біогеохімічного циклу, особливо в умовах техногенезу. Це, зокрема, показники вмісту хімічних елементів в органічній речовині: річне накопичення хімічних елементів, кг/(га·рік); річне повернення хімічних елементів з опадом, кг/(га·рік); річне утримання елементів у фітоценозі [визначається як різниця між накопиченням хімічних елементів та їх поверненням, кг/(га·рік)].

Всі ці показники розраховують множенням маси окремих структурних компонентів на вміст того або іншого хімічного елементу в обліковій одиниці.

Структурно-функціональна організація агроєкосистем. Визначення основних показників систем і їх функціонування дозволяє досліджувати внутрішні процеси формування первинної продукції і подальшого споживання і розкладання, що відбувається в ній. Взаємодія з абіотичними компонентами обумовлює кругообіг живильних елементів і потоки енергії. Використання екосистемного підходу припускає, що сільськогосподарський об'єкт, що аналізується, складається з взаємодіючих компонентів, які утворюють систему з характерними для даного рівня організації властивостями.

Агроєкосистема має певний склад, структуру і режим, які підтримуються і регулюються людиною. За відсутності контролю з її боку агроєкосистеми поступово втрачають свої властивості. Природно, що без знання структури і функціонування агроєкосистем на балансово-речовино-енергетичному рівні не можна вживати яких-небудь заходів по керуванню ними: вони можуть виявитися неспроможними і навіть шкідливими. Функції екосистем доцільно аналізувати в таких напрямках: потоки енергії; харчові

ланцюги і мережі; структура просторової різноманітності; кругообіг живильних елементів (біогеохімічних); розвиток і еволюція.

Агроекосистеми – це природні системи, змінені під впливом відповідних технологічних і соціальних чинників. Створення агроекосистем переслідує в першу чергу економічну мету – стійке виробництво сільськогосподарської продукції. При цьому достатньо очевидна необхідність гармонійного поєднання економічних інтересів з екологічними вимогами. По суті, управління сільським господарством адекватно управлінню агроекосистемами.

Основним організуючим початком в будь-якій агроекосистемі є взаємодія між виробництвом і споживанням. Оскільки агроекосистемам властиві ті ж внутрішні регулюючі механізми, що і природним екосистемам, підтримка самоорганізуючих процесів в агроекосистемах сприяє зниженню речовино-енергетичних витрат на зовнішні (антропогенні) регулювання. Взаємодії на трофічному рівні можуть бути впорядковані за допомогою впливу на ланцюги живлення. При цьому основну увагу варто приділяти фізіологічним аспектам, процесам зростання і розвитку, перенесенню енергії, кругообігу живильних речовин, а також регулюванню народжуваності і смертності популяцій.

Регулювання продукційного процесу, спрямоване на підвищення продуктивності і стійкості агроекосистем, – задача першорядної важливості. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва на екологічних засадах – процес багатоплановий. Ця обставина зумовлює можливість вживання декількох принципово різних і взаємодоповнюючих підходів.

Один з них – перебудова структури фітоценозів. Наприклад, замість традиційних одновидових посівів можна впроваджувати полікультурні посіви, ґрунтуючись на принципі диференціації рослин по екологічних нішах. Такі поля більш вигідні енергетично. На них можна одержувати різноманітні і неодноразові урожаї протягом вегетаційного періоду. Разом з продуктивністю при цьому забезпечується висока стійкість посівів.

Перспективним є також вживання сівозмін з формуванням горизонтальної ротації культур. В цьому випадку створюється просторово-різнорідний агрофітоценоз, який може підтримувати постійний резерв різноманітних ентомофагів. Ефективним і раціональним є також використання багаторічних плодозмін, організованих по типу протікання сукцесії, – від однорічних до деревних культур. Це дозволяє менше втручатися в життя ґрунту, берегти ресурси, максимально використовувати

природні відновні процеси, що особливо актуально при залученні в господарський обіг порушених площ. Слід враховувати, що стійкість до бур'янів вища не у максимально вирівняних за генетичними якостями, а у гетерогенних сортів господарських видів. З цієї причини основним принципом біологічної боротьби з бур'янами повинне стати максимальне захоплення культурними рослинами екологічних ніш в часі і в просторі. Важливу роль грає розвиток методів екологічної інженерії при підборі екотипів і життєвих форм рослин для конструювання фітоценозів тривалого користування.

На рівні агроценопопуляцій оптимізацію агроєкосистем можна проводити шляхом зміни ряду екологічних показників: густини і просторового розміщення; фенологічних характеристик – дружності сходів і інтенсивності їх розвитку в перші тижні (з використанням біофізичних методів передпосівної обробки, а також вибору термінів посіву); диференціація агроценопопуляцій завдяки підбору суміші сортів, що забезпечує максимальне використання простору і ресурсів (можливе підвищення гетерогенності популяцій на основі фенотипу).

4.2 Методологічні основи екологічної оцінки агроландшафтів

Сільськогосподарська організація території повинна здійснюватися з врахуванням її ландшафтно-типологічних і регіональних відмінностей. Однією з найважливіших задач раціональної організації території є формування такого морфологічного вигляду агроландшафту, який відрізнявся б не тільки високою продуктивністю, але і екологічною різноманітністю, естетичною привабливістю і, крім того, задовольняв би санітарно-гігієнічним вимогам.

Така організація сільськогосподарської території може бути досягнута на основі глибокого вивчення, аналізу і обліку ландшафтно-неоднорідності земельної фундації, розробки конкретних землевпоряджувальних, лісовідновлювальних, меліоративних і інших проектів, які повинні передбачати оптимальне поєднання параметрів господарського навантаження в конкретному ландшафті. Найважливішим нормативним критерієм тут є рівень допустимої одноманітності агроландшафтів: оптимальне поєднання технологічних умов території (розміри і конфігурація полів і т.д.) і біотичних складових (ділянки лісів, полів, луків, чагарників, боліт і т.д.).

З екологічного погляду сучасний ландшафт – це цілісна система взаємозв'язаних і взаємодіючих компонентів. Необхідною передумовою для грамотного керування процесами використання ландшафту є розробка теоретико-методологічних основ рішення конкретних практичних задач. При цьому до питань першочергової важливості відноситься оцінка стійкості сучасного ландшафту (у тому числі і аграрного) і його оптимізації.

Відповідно до загального трактування поняття, що приводилося раніше, «стійкість», по відношенню до ландшафту можна розглядати як здатність зберігати свої структури і функції при зовнішніх впливах.

Під оптимальним розуміють ландшафт, структури і функції якого максимально відповідають можливостям і потребам нормального збалансованого розвитку окремих його компонентів або певній меті його використання. Відповідно, оптимізація ландшафту – це комплекс заходів щодо збереження або модифікації існуючих і формування нових зв'язків між різними складовими ландшафту в цілях його раціонального використання, збереження корисних властивостей (у тому числі і природних ресурсів) і попередження їх можливої втрати, встановлення максимально повної відповідності природного потенціалу ландшафту соціально-економічним функціям, що задаються йому людиною. В оптимізації техногенних ландшафтів головне місце займає цілеспрямоване відновлення або реконструкція природо-техногенних комплексів, що забезпечує відновлення і підвищення їх продуктивності, природоохоронної, господарської, санітарно-оздоровчої і естетичної цінності.

При оцінці екологічної стійкості і оптимізації ландшафту рекомендується враховувати наступні положення.

1. Оцінка стану і прогнозування змін в ландшафтах повинні здійснюватися на основі системного вивчення, оскільки науково була доведена наявність біотичної саморегуляції і самоорганізації (в тому або іншому ступені) ландшафту як системи, яка володіє територіальною стійкістю і чіткою обмеженістю в просторі.

2. Системний підхід до ландшафту дозволяє виявити його структури, а так само істотні зв'язки компонентів в просторі і в часі. Звідси витікає можливість пошуку варіантів, принципів і методів узгодження взаємовідносин для різних типів ландшафту.

3. Екологічна стабільність і продуктивність екосистем (агроекосистем) тісно пов'язана з різноманітністю абіотичних і біотичних елементів ландшафту, тому особливо важлива грамотна оцінка ландшафтних

структур і передбачення їх модифікації, що склалися на основі врахування коефіцієнтів екологічної різноманітності.

4. Екологічна стійкість ландшафту включає як стійкість до антропогенних навантажень, так і гнучкість системи в її реакції на те або інше порушення, тому при оцінці речовино-енергетичних і інших зв'язків між компонентами необхідно визначати потенційне навантаження на ландшафт.

5. Для визначення оптимальної структури і функціональних зв'язків окремих агроєкосистем відповідно до еколого-економічного потенціалу агроландшафту слід брати до уваги первинну біологічну продукцію, просторово-часовий розподіл популяцій організмів по трофічних ланцюгах, біорізноманітність.

Діагностуючи фактичний стан конкретних ландшафтів і оцінюючи можливості їх використання і розвитку, не можна не враховувати як особливості стану природо-територіального комплексу, так і техногенні системи, що наявні. Співвідношення тих та інших можна розглядати як критерійну основу для характеристики ступеня придатності ландшафту до використання в сільськогосподарських цілях (для формування агроландшафту тієї або іншої спрямованості). При цьому вимагається мати в розпорядженні різнобічну базову інформацію, збір і систематизація якої є першочерговим етапом подальших розробок.

Агроландшафти є цілісними генетично однорідними просторово-часовими одиницями, не дивлячись на те, що певна частина їх природного рослинного покриву замінена агроценозами.

Характеристика агроландшафтів повинна містити об'єктивні відомості про особливості геологічної будови території і сучасні геоморфологічні процеси (карст, обвали, суфозія); про рельєф і склад ґрунтових різниць; про агрокліматичні і агрометеорологічні умови, про водний баланс, стан рослинного і тваринного світу.

Наприклад, для аналізу і оцінки ґрунтово-меліоративних умов необхідні дані про площу ґрунтів за їх основними класифікаційними одиницями, агрохімічні характеристики площ, схильних до ерозії і дефляції, обвалів, вторинному засоленню, заболочуванню і т.д. Повинна бути розкрита причинна обумовленості негативних природних процесів і тенденцій їх розвитку, має бути розроблена система заходів боротьби з несприятливими явищами. Дуже важливо визначити перспективні площі для сільськогосподарського освоєння і необхідні для цього меліоративні роботи.

Необхідно також оцінити втрати земельних угідь, викликані необґрунтованим відведенням земель.

Подібні характеристики повинні враховуватись і за іншими компонентами ландшафту. При цьому важливо, щоб при покомпонентному аналізі як основі подальших інтегральних узагальнень отримали належне висвітлення найбільш значущі особливості компонент, що створюють як прямий, так і непрямий вплив на стан і розвиток ландшафту, доцільні напрями його господарського використання, шляхи і способи модифікації і т.д. Так, при розгляді морфологічної структури доцільно звернути увагу на склад і співвідношення урочищ, ступінь порушень просторової структури, а також на міжекосистемні абіотичні зв'язки в агроландшафті.

Для відповідних практичних рішень представляє інтерес запропонований В.М. Фридландом (1967) індекс антропогенної перетворюваності конкретної території ($I_{A.T.}$), який визначають за формулою

$$I_{A.T.} = r g_m g \quad (4.1)$$

де r – ранг антропогенного перетворення в балах; g_m – площа досліджуваної території, % від загальної земельної площі; g – загальна земельна площа.

Регіональний індекс антропогенної перетворюваності ($I_{A.T.}$) можна представити як

$$I_{A.P.} = \sum_{i=1}^n I_{A.T.} \quad (4.2)$$

при цьому

$$r_{A.T.} \geq I_{A.P.} \leq r_{A.T.}^{\max} \quad (4.3)$$

Врівноважений стан агроландшафтів досягається шляхом оптимізації кругообігу речовин і потоків енергії. Оцінка тенденцій зміни геохімічної активності середовища дає достатньо репрезентативний показник для прогнозування її можливого самоочищення. Основну роль в стабілізації біогеоценотичного процесу грають ґрунти, які виступають як своєрідна зв'язуюча ланка, регулятор і перетворювач різних речовино-енергетичних потоків. Звідси витікає першорядне значення збереження і підтримки саморегульованих властивостей ґрунтів. Поза сумнівом, що і стійкість агроландшафтів до антропогенних впливів значною мірою залежить від

ступеня стійкості оброблюваних орних земель до різноманітних навантажень техногенного походження.

Регулюючи швидкість геохімічних перетворень і інтенсивність винесення токсичних речовин з агроєкосистем, можна управляти їх стійкістю, тобто здібністю до самоочищення. При цьому домінуюче значення належить вузловим ланкам міграційної структури території. Це ті геохімічні бар'єри, від яких в основному залежить ступінь накопичення і винесення техногенних речовин. Так, кількісна оцінка впливу лісових фітоценозів на оточуюче середовище дозволила виявити їх роль як біогеохімічного бар'єру, значущість в боротьбі з шкідниками сільськогосподарських культур, здібність до відтворення чистої води і кисню, відновлення деградованих ґрунтів і т.д.

Потрібно мати на увазі, що стійкість ландшафту (агrolандшафту) в першу чергу залежить від метеорологічних і кліматичних умов. В зв'язку з цим дуже важливо враховувати чинники, що визначають енергетичні процеси в ландшафті. Зокрема, енергетику основних абіогенних і біогенних процесів в ландшафті, а також швидкість і напрям геохімічних перетворень техногенних продуктів визначає радіаційний баланс. Не можна також недооцінювати значення режиму зволоження і т.д.

Тільки комплексний підхід, який інтегрує різноманіття чинників, взаємозв'язків і взаємозалежностей, дозволяє грамотно і конструктивно вирішувати задачі формування стійких і оптимальних ландшафтів.

Для характеристики стану, стійкості і деяких інших аспектів ландшафтів рекомендується застосовувати наступні комплексні оцінки.

Технологічні оцінки, що визначають ступінь придатності агrolандшафту для конкретного виду господарської діяльності. Тут доцільно враховувати природно-ресурсний потенціал і еколого-господарський стан території, кадастрові дані про ландшафти, експертні і прогнозні оцінки, вартісні показники.

Оцінки, що відображають ступінь зниження стійкості агrolандшафту залежно від різних властивостей, у тому числі: біоекологічні (по ступеню несприятливих змін біотичної компоненти і її генофонду); деоекологічні (по ступеню природних змін, несприятливих для здоров'я людини і його соціального статусу), встановлені за допомогою використання біоіндикаційних методів, різних норм з урахуванням передбачуваного розвитку конкретних територій.

Оцінки, що характеризують ступінь зміни агроландшафтів шляхом порівняння показників фактичних або прогнозованих станів з показниками нормативів як для абіотичної, так і для біотичної складової (ДСТУ, ГДЕН, регіональні і місцеві норми, індикатори і ін.).

З позицій системного підходу, що враховує особливості формування і функціонування ландшафтів, представляються можливими наступні передумови оптимізації агроландшафтів.

По-перше, формування і підтримка на оптимальному рівні структури і функціонування земельних угідь, що забезпечують необхідну різноманітність і стійкість агроландшафту. При цьому необхідно ґрунтуватися на геоекологічному моніторингу ландшафтного фонду, що дозволяє об'єднати різні типи агроєкосистем, урочищ і фацій в гомогенні за утилітарно-екологічними функціями групи.

По-друге, екологічна оптимізація агроландшафтів повинна забезпечувати відновлення і збереження місцевої генетичної фундації живої природи, а також відновлення і збереження природних ценозів.

По-третє, відновлення і збереження обводненості території, яка повинна відповідати природному фону даного ландшафтного утворення. В цьому відношенні важливі стабілізація і підтримка природно-обумовленого рівня поверхневих і ґрунтових вод, відродження втрачених водотоків і джерел. Достатньо важливою є експертиза водогосподарських заходів, що проводяться, а також функціонуючих гідротехнічних споруд, встановлення екологічних критеріїв регулювання і використання місцевого і транзитного стоку поверхневих вод.

По-четверте, екологічна оптимізація агроландшафтів забезпечується цілеспрямованим розвитком мережі природних територій різних рангів і статусу, що охороняються (від мікрозаповідників до заповідників). При цьому необхідно враховувати як ландшафтно-географічні (рівні організації і ієрархію ландшафтів). Так і біоекологічні (наявність природно-міграційних русел, транзитних коридорів, осередку виживання) передумови.

Розрахунку і збереженню підлягають також естетичні і етичні цінності, рекреаційно-культурні ресурси агроландшафту.

Розглядаючи питання стійкості і оптимізації ландшафтів, дуже важливо мати в своєму розпорядженні систему кількісних оцінок і характеристик процесів, що вивчаються. В зв'язку з цим заслуговує уваги можливість оцінки ступеня екологічної стійкості ландшафту за допомогою

коефіцієнта екологічної стабілізації (КЕСЛ), інтегруючого якісні і кількісні характеристики абіотичних і біотичних елементів ландшафту.

Згідно з В.А. Барановим, перший метод оцінки за допомогою цього коефіцієнта був заснований на визначенні і зіставленні площ, зайнятих різними елементами ландшафту, з врахуванням їх позитивного або негативного впливу на оточуюче середовище:

$$КЕСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{CT}}{\sum_{i=1}^m F_{HCT}}, \quad (4.4)$$

де F_{CT} – площі, зайняті стабільними елементами ландшафту – сільськогосподарськими культурами і фітоценозами, що створюють на нього позитивний вплив (ліси, зелені насадження, природні луки, заповідники, заповідники і орні землі, зайняті багаторічними культурами: люцерною, конюшиною, травосумішами); F_{HCT} – площі, зайняті нестабільними елементами ландшафту (щорічно оброблюване рілля, землі з нестійким трав'яним покривом, схилами, площами під забудовою і дорогами, заростаючими або замуленими водоймищами, місцями видобутку корисних копалин, іншими ділянками, що піддалися антропогенному плондруванню). Оцінку ландшафту проводять за наступною шкалою (табл.4.4)

Таблиця 4.4 – Оцінка ступеню екологічної стійкості ландшафту за різними елементами

КЕСЛ ₁	Характеристика ландшафту
$\leq 0,5$	Нестабільність добре виражена
0,51...1,00	Стан нестабільний
1,01...3,00	Стан умовно стабільний
4,51 і більше	Стабільність добре виражена

Біотичні елементи ландшафту неоднаково впливають на його стабільність. Для оцінки необхідно враховувати не тільки їх площу, але і внутрішні властивості, а також якісний стан (вологість і профіль біотопу, структура біомаси, геологічна будова, місцезонавання і морфологія поверхні):

$$KECЛ_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i K_{E.3} K_r}{F_T}, \quad (4.5)$$

де f_i – площа біотичного елементу; $K_{E.3}$ – коефіцієнт, що характеризує екологічне значення окремих біотичних елементів (наприклад, площа забудови – 0; рілля – 0,14; виноградники – 0,29; хвойні ліси – 0,38; сади, лісові культури, лісополоси – 0,43; городи – 0,5; луки – 0,62, хвойно-широколистяні ліси – 0,63; пасовища – 0,68; водоймища і водостоки – 0,79; листяні ліси – 1,0); K_r – коефіцієнт геолого-морфологічної стійкості рельєфу (1,0 – стабільний, 0,7 – нестабільний, наприклад, рельєф пісків, схилів, обвалів); F_T – площа всієї території ландшафту. Оцінку ландшафту проводять за наступною шкалою (табл. 4.5)

Таблиця 4.5 – Оцінка ступеню екологічної стійкості ландшафту за біотичними елементами

КЕСЛ ₂	Характеристика ландшафту
≤0,33	Нестабільний
0,34...0,50	Малостабільний
0,51...0,66	Середньостабільний
>0,66	Стабільний

Розрахунки КЕСЛ₁ і КЕСЛ₂ дають основну інформацію про ступінь екологічної стійкості досліджуваного ландшафту, необхідний для вибору відповідних заходів щодо його захисту і переформовування.

4.3 Організація агроекологічних систем

4.3.1 Стійкість агроекологічних систем

Сучасні агроекологічні системи – один з ключових чинників формування і розвитку біотехносферного простору і незамінний засіб життєзабезпечення людства, тому вони грають важливу функціональну роль в процесах, що відбуваються в біосфері, і в підтримці її стійкості. Виходячи з розглянутих раніше загальних принципів організації і оптимізації

агроландшафтів і агроєкосистем, можна зробити висновок, що забезпечення стійкості останніх вимагає серйозної уваги.

Категорія «стійкість екосистеми» має основоположне значення для оцінки сучасних і перспективних систем землеробства, практичних заходів по управлінню агроєкологічною системою, а також ефективності реконструкції існуючих і створення нових агроєкосистем. Природно, що результати такого роду оцінки залежать від значення, що вкладається в поняття «стійкість», яке в сучасній літературі трактується по-різному.

Згідно визначенню стійкості агроєкосистем, яке приводилось раніше, – це властивість системи зберігати і підтримувати значення своїх параметрів і структури в просторі та в часі, без якісної зміни характеру функціонування. Агроєкосистема представляє трансформовану в результаті господарської діяльності людини частину наземної екосистеми. Структуру і функціонування її регулюють за допомогою додаткового введення речовини (добрива, пестициди, меліоранти) і енергії для підтримки оптимальної і стабільної продуктивності культур, що вирощуються, а також запобігання забруднення навколишнього середовища. Природні екосистеми на відміну від агроєкосистем – це сукупність живих організмів в неорганічному середовищі, які, займаючи певний простір, зв'язані між собою обміном речовини і енергії і здібні до саморегуляції.

Стойкість системи, як відомо, характеризує принцип Ле Шательє. До початку минулого сторіччя поглинання екосистемами суші вуглецю підкорялося цьому принципу, тобто, у той час біота ефективно компенсувала всі дії людини на екосистеми і проблеми забруднення навколишнього середовища не виникало. На початку минулого сторіччя екосистеми суші не тільки перестали поглинати надлишок вуглецю з атмосфери, але і самі почали викидати його, збільшуючи забруднення навколишнього середовища, обумовлене промисловістю і транспортом. Структура екосистем суші виявилася істотно порушеною.

В доіндустріальну епоху площі використовуваних земель складали менше 5 % території всієї суші, при чому людина використовувала не більше 20 % продукції, яка вироблялась на них. Таким чином, загальна частка спожитої людиною продукції біосфери не перевищувала 1 %. Сьогодні ця частка на порядок вище. Процеси синтезу і розпаду органічних речовин здійснюються в екосистемах з величезною швидкістю, що створює небезпеку швидкого руйнування навколишнього середовища при порушенні замкнутості кругообігу речовин. Саме завдяки замкнутості біохімічних

кругообігів функціонування екосистем виявляється можливим і здійснюється на основі енергії, що утворюється при розпаді органічних сполук. Тому необхідною умовою стійкості є обмеження притоку живильних речовин в екосистему і кількості цих речовин, що утворюються безпосередньо в екосистемі. Продуктивність процесів синтезу і розкладання органічної речовини повинна набагато перевищувати зовнішнє надходження живильних речовин в екосистему. Якщо надходження покриває половину біологічних потреб, то підтримка стійкої замкнутості кругообігу речовин стає неможливою. Випадковий збіг кількості живильних речовин, що поступають в систему, продуктів життєдіяльності, що виводяться з неї, який зберігає стабільність навколишнього середовища, не може бути стійким. Тому інтенсивності синтезу і розкладання повинні перевищувати зовнішні потоки живильних речовин на стільки, на скільки біота, що функціонує на основі замкнутого круговороту речовин, здатна компенсувати будь-які зміни стану навколишнього середовища і перевершувати за конкурентоспроможністю біоту, яка існує за рахунок зовнішніх потоків речовин. Отже, тільки запаси і концентрація живильних речовин в навколишньому середовищі можуть визначатися і підтримуватися на стійкому рівні біотою екосистем.

Параметрами стійкості агроекосистеми є функції, режими і властивості ґрунту; структура, організація і продуктивність агрофітоценозу; структура і організація мікробного співтовариства; інтенсивність і збалансованість біогеохімічного кругообігу.

Для кількісної оцінки стійкості екосистеми враховують зв'язок впливаючих чинників (тип, інтенсивність, тривалість, кількість обурень і ін.), а також зв'язок екосистем з основними параметрами, що відповідають її стійкості, і областями (зонами) стійкого стану. Таких зон може бути від однієї до декількох.

Зміна структури екосистеми або перехід її параметрів в область нестійкого стану обумовлюють втрату стійкості. Якщо перехід від однієї області стійкої рівноваги в іншу супроводжується збереженням внутрішніх зв'язків екосистеми, виявляється властивість її пружності, тобто при переході з однієї області стійкої рівноваги в іншу внутрішні зв'язки екосистеми зберігаються. Здатність екосистеми повернутися в колишню область стійкої рівноваги після тимчасової дії природного або антропогенного чинника характеризує її *стабільність*. Названі категорії придатні і для характеристики антропогенних екосистем. Основна проблема

в цьому випадку полягає в якісній і кількісній формалізації відповідних категорій стосовно особливостей агроєкосистеми.

У ряді параметрів, що відповідають за стійкість і стабільність агроєкосистеми, першорядне значення має продуктивність агроценозів, падіння якої з найрізноманітніших причин (наприклад, дефіцит або надлишок елементів мінерального живлення, посуха або перезволоження, деградація ґрунту і т.п., рис. 4.4) нижче заданого рівня свідчить про перехід агроєкосистеми в нестійку область. Проте зниження урожайності – це вже кінцева фаза реакції агроєкосистеми на наявні обурення, якій передують зміни інших параметрів, таких, як і активність мікробного співтовариства, збалансованість біогеохімічних циклів елементів, рівень родючості ґрунту.

Контроль за названими параметрами дозволяє виявити приховані форми порушень стійкості і достатньо оперативно підтримувати стабільність агроєкосистеми, тобто зберігати задані характеристики параметрів протягом певного проміжку часу. Отже, стійкість і стабільність агроєкосистеми недостатньо розглядати у вигляді простої функціональної залежності між яким-небудь впливаючим чинником і одним з параметрів, відповідальних за стійкість, як це робиться в більшості сучасних моделей. Більш об'єктивну оцінку можуть дати комплексні ґрунтово-агрохімічні, еколого-фізіологічні і еколого-токсикологічні дослідження із застосуванням методів системного аналізу і математичного моделювання. Найбільша важкість полягає у виділенні зон стійкості агроєкосистеми, визначенні їх меж і часі збереження або досягнення нового стійкого стану за наявності короткочасних або постійних дій, оскільки ці питання ще не були розроблені повною мірою навіть в концептуальному плані.

Розглянемо деякі закономірності відгуку основних складових агроєкосистеми, які одночасно є і параметрами її стійкості (мікробне співтовариство, агрофітоценоз, ґрунт), на дію аграрних форм антропогенного чинника.

4.3.2 Реконструкція і створення агроекологічних систем

Конструювання агроєкосистем в чистому вигляді з дотриманням всіх заданих параметрів і принципів можна здійснити лише при сільськогосподарському освоєнні нових територій, що при сучасних масштабах залученості земель в аграрне виробництво не має істотного

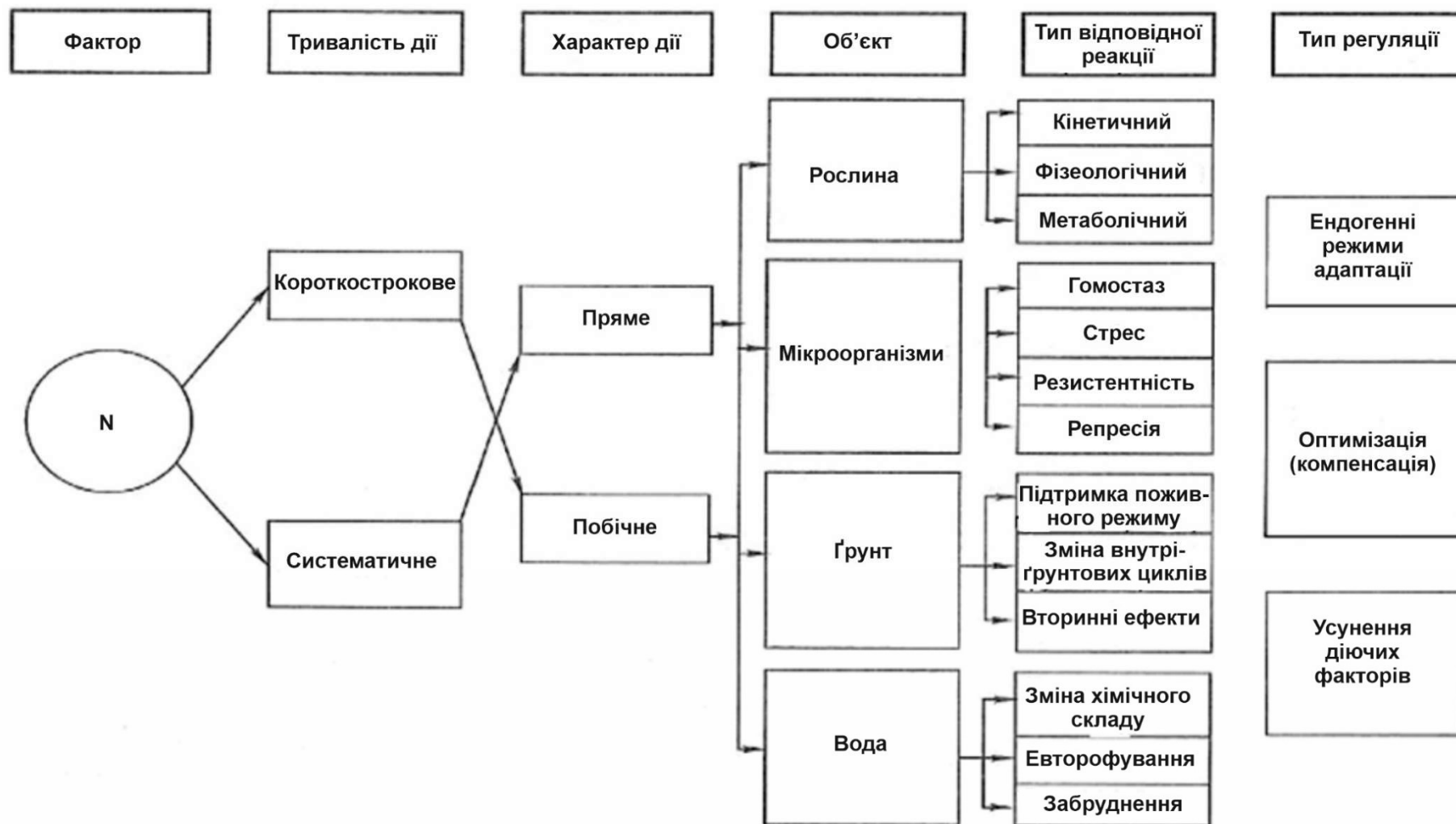


Рисунок 4.4 – Типи відповідних реакцій компонентів екосистем на антропогенну дію - азотні добрива (Черников та ін., 2000)

практичного значення. Прикладом можуть служити відкриття цілинних ґрунтів, окультурення осушених, болотних, пустельних, засолених і інших ґрунтів. В ґрунтах, що використовуються, реалізація програми конструювання агроєкосистеми передбачає часткову або докорінну реконструкцію природо-господарських одиниць. В першому випадку мова йде про використання окремих організаційно-господарських або технологічних заходів, що направлені на усунення або компенсацію лімітуючих чинників або виправлення властивостей яких-небудь елементів агроєкосистеми з метою підвищення їх адаптаційних можливостей. В другому випадку передбачається одночасний вплив на всі головні ланки агроєкосистеми, завдяки чому видозмінюються основні її функції. Запобігання негативних процесів, таких, як ерозія, дефляція, дегуміфікація, підкислення, засолення, аридизація, перезволоження, забруднення, сприяє підвищенню стійкості і продуктивності агроєкосистеми.

Використання системи критеріїв, що дозволяють оцінити різні функції агроєкосистеми, а також комплексу показників-індикаторів, що дають можливість кількісно інтерпретувати її мінливість під дією антропогенних чинників, сприяє накопиченню базової інформації для конструювання високопродуктивних і стійких агроєкосистем.

На першому етапі (рівні) підвищення стійкості агроєкосистеми, що реконструюється, здійснюють глобальний, регіональний і локальний ґрунтовий моніторинг, що включає системний контроль за фізичною і біологічною деградацією ґрунту, його забруднення і живильний режим, починаючи від джерел впливу і до реакції окремих його компонентів, а також за загальним станом навколишнього середовища.

На другому етапі здійснюють рекультивацію порушених засолених і забруднених ґрунтів, окультурення агрохімічно розбалансованих ґрунтів, перетворення рельєфу і інші заходи. Водночас видозмінюють структуру сівозмін, системи добрива і захисту культур від шкідників і хвороб, використовують більш м'які агротехнічні операції.

Обмеження ерозійних процесів в агроєкосистемах, що реконструюються, з достатнім ступенем ефективності можна здійснити лише на ландшафтно-біосферному рівні, який включає водозбірні басейни в цілому, шляхом створення ерозійно-стійких ландшафтів на основі комплексного обліку показників гідрологічного режиму ґрунтів, морфології, морфометрії, генезису ерозійного рельєфу, просторово-часової мінливості протиерозійної стійкості ґрунтів, включення антропогенного

чинника в розвиток ландшафтів на різних стадіях їх господарського освоєння. Основними гідротехнічними, агротехнічними, технологічними і біологічними заходами щодо створення ерозійно-стійких ландшафтів є регулювання поверхневого стоку, планування поверхні, сівба багаторічних трав і проміжних культур, реплантація змитих ґрунтів, створення контурних буферних смуг, збереження на поверхні ґрунту рослинних залишків і оптимізація протидефляційної здатності рослин.

Прикладом реконструкції елементів агроєкосистеми можуть бути вирівнювання родючості і припинення ерозії ґрунтів схилів методом реплантації. В основі його лежить відновлення ґрунтового профілю за допомогою відвалів повнопрофільних ґрунтів, що утворюються на місці будівництва, намитих делювіальних ґрунтів, мулистих відкладень.

Екологічно чистими джерелами поповнення органічної речовини в ґрунтах є рослинні залишки, побічна продукція сільськогосподарських культур, сидерати, внесення яких одночасно забезпечує підвищення рН і поліпшення водно-фізичних властивостей. Використання в якості сидератів бобові культури служить ефективним засобом створення сприятливої збалансованої структури мікробної спільноти, забезпечує підвищення запасів легкорозчинних вуглецеутримуючих з'єднань і мінеральних форм азоту.

Підвищення доступності залишкових фосфатів, акумульованих в ґрунті внаслідок систематичного внесення фосфорних добрив, досягається за допомогою: меліоративних прийомів, що забезпечують ослаблення адсорбції фосфатів і зміну співвідношення фракцій Ca - P і Fe - P; підтримка збалансованого співвідношення в ґрунтовому розчині N/P_2O_5 , близького до 3:10; внесення органічних добрив, які активують біохімічні процеси мобілізації фосфатів; вирощування культур, біологічні особливості яких дозволяють контролювати засвоєння фосфатів із з'єднаннями Ca - P, Fe - P, Al - P. Зокрема, гречка і горох були адаптовані до Al - P, люпин і ячмінь – до Al - P і Ca - P з'єднань, овес – до Al - P і Fe - P. Високу здібність до засвоєння залишкових фосфатів мають також люцерна і еспарцет.

Очищення ґрунтів, забруднених важкими металами, можна проводити двома способами: впливаючи на їх рухливість в ґрунті (наприклад, шляхом вапнування) або на потребу рослин в цих елементах (використання закономірностей антагонізму – синергізму іонів, підбір культур – накопичувачів важких металів). Створені агроценози не тільки мають бути високопродуктивними, але і не повинні викликати порушень в місцевих

екосистемах, тому на третьому етапі проводяться роботи, спрямовані на збереження природної рослинності, а також пропорцій між створеною агроекосистемою і природною.

За мільйони років еволюції в процесі природного відбору сформувалися види і їх угруповання, що мають високу стійкість. При заміні природної біоти культурними видами останні, як правило, втрачають здатність протистояти збуренням зовнішнього середовища і не забезпечують повноту «замикання» кругообігів речовин за відсутності збурень. Збереження різноманітності живих організмів, що виникла в результаті тривалої еволюції, необхідне не тільки для збереження генофонду. Важливу роль грає також здатність природних співтовариств забезпечувати стійкість навколишнього середовища. Саме тому збереження різноманітності компонентів біосфери є необхідною умовою досягнення екологічної безпеки і стійкості соціально-економічного розвитку.

Сучасний стан біосфери спрямований. Вона може повернутися в колишній стійкий стан, якщо антропогенне навантаження стане на порядок менше. Іншого способу досягнення стійкого стану біосфери не існує. При збереженні ж антропогенного навантаження на колишньому рівні або при його збільшенні стійкість навколишнього середовища неухильно знижуватиметься.

Із збільшенням антропогенних навантажень масштаби зміни екосистем розширюються. Стабільний стан навколишнього природного середовища може підтримуватися до того моменту, поки частина біоти, яка не піддається впливу, зберігає здатність елімінувати антропогенні навантаження, тобто до того, поки поріг стійкості природної біоти не буде перевищений в глобальному масштабі. Зміни природи, що спостерігаються в даний час однозначно вказують на можливість такого перевищення.

Вимоги для «хорошого біогеоценозу»:

1. Висока продукція (біомаса) всіх основних ланок трофічних (харчових) ланцюгів. У результаті забезпечується синтез великих кількостей кисню і продуктів тваринного і рослинного походження.

2. Високій продукції відповідає висока продуктивність. В результаті створюються передумови для швидкої компенсації можливих втрат біомаси на окремих трофічних рівнях через випадкові або закономірні зовнішні дії. Ця обставина грає особливо важливу роль. Велика кількість продукції не гарантує вищу компенсаційну активність. Теоретичні розробки свідчать про те, що багаті тропічні ліси навіть протягом декількох років не могли б

витримати той ступінь промислового навантаження, який протягом багатьох століть витримує скромна північна тайга.

3. Структура системи в цілому і різноманітність окремих трофічних рівнів забезпечують високу стабільність (гомеостаз) біогеоценозу в широкому діапазоні зовнішніх умов. Підтримка біоценозу в стані динамічної рівноваги забезпечує стан гомеостазу абіотичних складових біогеоценозу (у тому числі гідрологічного режиму території, газового складу атмосфери і т.д.). Екосистема має найвищий ступінь «стійкості перешкод».

4. Обмін речовини і енергії протікає з великою швидкістю. Процеси редукції (розпаду) забезпечують залучення в біогеоценотичний кругообіг всієї створеної біоценозом біомаси протягом небагатьох річних циклів. Таким чином забезпечується максимальна швидкість біологічного самоочищення системи. Вищий ступінь продуктивності і стабільності екосистеми супроводжується вищою «резервною активністю» – здібністю до швидкої перебудови структури співтовариства і до швидких еволюційних перетворень популяцій домінуючих видів при зміні зовнішнього середовища. Це забезпечує підтримку біогеоценозу в оптимальному стані при зміні умов середовища.

Тільки практична реалізація цих вимог дозволяє досягти мети оптимізації.

4.3.3 Сійкість агроекосистем при різних системах землеробства

Різноманітність форм техногенної і аграрної дії, масштаби і об'єми антропогенного навантаження, які постійно збільшуються, наявність численних негативних змін в ґрунтах, властивості, режими і функції яких стали відрізнятися від аналогічних показників реліктових або еталонних ґрунтів, стали приводом говорити про патологію ґрунту. Не менш справедливим буде твердження про патологічний стан більшості сучасних агроекосистем, основні компоненти яких схильні до тієї або іншої форми антропогенного впливу і знаходяться в кінцевих зонах стійкості, що межують з втратою цієї якості. Подібний стан агроекосистеми був пов'язаний із стратегічними і тактичними витратами, які характерні для аграрної діяльності людини і проявляються в характері землекористування і культивуації агроекосистеми. До теперішнього часу в науці і практиці сформувалися дві протилежні концепції використання агросистем і

управління ними, що базуються на традиційній і біологічній системах землеробства.

Використання *традиційної системи землеробства* з широким вживанням агрохімікатів – обов'язкова умова підтримки високої продуктивності агроєкосистеми, що компенсує можливі екологічні витрати. В рамках цієї концепції пріоритетними є агрономічний і економічний критерії. В першому випадку розглядається величина збільшення урожаю основної продукції сільськогосподарських культур, а в другому - окупність матеріальних і фінансових витрат продукцією, що одержується.

Вважається, що інтенсифікація традиційних систем землеробства не тільки не є причиною деградації компонентів агроєкосистеми, але і забезпечує більш високий рівень їх стабільності, запобігання зниження природної родючості ґрунтів. Збиток родючості ґрунту і навколишньому середовищу, заподіяний незбалансованим вживанням надмірних доз пестицидів, добрив і меліорантів, використанням важкої техніки в районах з підвищеним зволоженням, порушеннями зональних технологій обробітку культур і меліорації ґрунтів, характерний для нераціонального або екстремального землеробства, в якому інтенсивність спрощено розуміється як концентрація ресурсів з розрахунку на одиницю площі без урахування ступеня і якості їх використання. Насправді в інтенсивному землеробстві підвищення врожайності культур забезпечується завдяки ефективному використанню засобів хімізації, біологічних способів захисту рослин, меліоративних прийомів, упровадженню прогресивних технологій, що враховують зональну ґрунтово-екологічну специфіку, що кінець кінцем сприяє підвищенню родючості ґрунтів і охороні агроландшафтів від забруднення і деградації. Хоча ці положення вельми логічні і підтверджені експериментально, виникає закономірне питання, чому в країнах з інтенсивно розвиненим аграрним сектором і високим рівнем енергонасиченості і технологічності сільськогосподарських операцій, що базуються на останніх наукових досягненнях, екологічна ситуація залишається достатньо напруженою, що дає мотив засумніватися в безпеці традиційних систем землеробства і усвідомити необхідність розробки альтернативних виробничих систем, з яких найбільш відома біологічна система землеробства.

На перших етапах розвитку *біологічної системи землеробства* пріоритетним напрямом було отримання високоякісної продукції рослинництва головним чином завдяки відмові від використання

інсектицидів і вживанню біологічних і агрономічних способів захисту рослин. Останніми роками біологічну систему землеробства розглядають в більш широкому плані – як складову частину концепції екологічно чистого навколишнього середовища, розширюючи тим самим коло обмежень на вживання агрохімікатів, включаючи і синтетичні добрива. Введення елементів біологічного землеробства, як правило, призводить до зниження економічних показників виробництва, зростання енерговитрат на отримання одиниці продукції, збільшення об'єму робіт і їх ускладнення в порівнянні з традиційною системою. Згідно різним оцінкам в результаті відмови від мінеральних добрив в біологічному землеробстві недоотримують 40 % продукції, а витрати праці зростають на 25...30 %. Проте реальне упровадження ідей біологічного землеробства в практику, не дивлячись на всю їх привабливість, стримується не стільки проблемами економічного характеру, скільки відсутністю надійної теорії, що пояснює механізми функціонування агроєкосистеми і межі її стійкості в умовах «біологізації» сільськогосподарських технологій, недостатньою кількістю чинників, підтверджуючих більш високу якість продукції, що отримується при біологічній системі землеробства, в порівнянні з традиційною, а також слабкістю доказів на користь більш високої шкідливості хімічних елементів, що містяться в синтетичних добривах, в порівнянні з природними з'єднаннями. Наприклад, згідно з принципами біологічного землеробства азот вноситься в ґрунт у вигляді органічних добрив, які були представлені в основному екскрементами тварин, що містять велику кількість сечовини. В той же час в біологічному землеробстві не рекомендується використовувати сечовину, що отримується синтетично. Крім того, скорочення об'ємів виробництва продукції рослинництва в біологічному землеробстві доводиться компенсувати збільшенням посівних площ в збиток природним екосистемам. Тому насправді при традиційній системі землеробства ступінь аграрного навантаження на одиницю площі угідь може бути навіть нижче, ніж при біологічній. Серйозним недоліком є також властиве біологічній системі землеробства негативне сальдо в балансі фосфору і калію, що негативно позначається на живильному режимі ґрунту.

Враховуючи переваги і недоліки цих двох протилежних концепцій, багатоваріантність форм антропогенного тиску на агроєкосистеми і прагнення інтенсифікувати всі стадії виробництва сільськогосподарської продукції, а також беручи до уваги значне погіршення якості навколишнього середовища, слід визнати необхідною розробку нової

системи землеробства, ефективність якої відповідала б більш широкому спектру критеріїв.

Заходи, що розробляються, повинні характеризуватися не тільки агрономічною і економічною ефективністю, але і технологічною здійсненністю, екологічною допустимістю і енергетичною доцільністю, забезпечувати заощадження і відтворення природних ресурсів. Природно, що у кожному конкретному випадку ця система критеріїв може бути розширена шляхом включення таких показників, як фізіологічна ефективність і якість продукції, або, навпаки, скорочена. Хоча за допомогою приведених критеріїв можна отримати більш повну інформацію про функціонування агроєкосистеми, використання їх в єдиному комплексі пов'язане з подоланням низки об'єктивних труднощів. По-перше, функціональні рішення на основі одних критеріїв можуть не співпадати або навіть суперечити отриманим на підставі інших. По-друге, ряд критеріїв (ресурсний, екологічний, технологічний, якість продукції) достатньо складно формалізувати і якісно оцінити через різноманіття параметрів, що характеризують ці властивості та поліфункціональність дії природних і антропогенних чинників на компоненти агроєкосистеми. Так, максимальна ефективність агроєкосистеми по одному із запропонованих критеріїв зовсім не означає відсутності яких-небудь небажаних моментів в її функціонуванні.

Наприклад, отримання максимального врожаю за допомогою збільшення доз мінеральних добрив і інших засобів хімізації супроводжується небажаним порушенням в стані навколишнього середовища. Найбільший економічний ефект забезпечують, як правило, низькі і помірні дози мінеральних добрив, а окупність надбавкою урожаю високих доз різко знижується.

Здійснення протиерозійних заходів є засобом заощадження ресурсів агроєкосистеми і оптимізації якості навколишнього середовища. Іншими словами, забезпечення екологічної чистоти агроландшафтів не повинне виходити за рамки розумних технологічних рішень і економічних витрат.

Отже, сучасне управління стійкістю агроєкосистеми і використання для цього практичних засобів повинні передбачати досягнення розумного компромісу між кількістю продукції, її якістю, масштабами використаних природних і технічних ресурсів і порушеннями в навколишньому середовищі. Ці параметри в своїй сукупності характеризують новий тип сучасного землеробства – адаптивний, під яким розуміють екологічну

диференціацію агротехнологій, направлену на досягнення високого ступеня відповідності аграрних форм діяльності природним механізмам саморегуляції екосистем шляхом оптимізації або компенсації зовнішніх і внутрішніх чинників і властивостей, лімітуючих розвиток продуцентів агроєкосистеми. На відміну від альтернативного землеробства, яке припускає пріоритет якого-небудь одного критерію, адаптивно-компромісне – направлене на досягнення раціональної збалансованості критеріїв і є проміжною формою між біологічним і традиційним типами землеробства. Для адаптивно-компромісного землеробства характерний зсув акцентів в стратегії оптимізації мінерального живлення рослин. При цьому передбачається створення умов і здійснення різних типів регуляції режиму мінерального живлення, що забезпечують максимальне включення живильних елементів в продукційний процес і адаптацію динаміки їх надходження до динаміки реальних потреб в них рослин. Реалізація цієї стратегічної задачі повинна забезпечувати максимізацію урожаю, підвищення якості продукції або збереження оптимального рівня цих показників, скорочення питомих витрат живильних речовин з добрив і з ґрунту на формування одиниці урожаю і мінімальне навантаження на оточуюче середовище.

При формалізації критеріїв оцінки функціонування агроєкосистеми в цілому або окремих її компонентів і їх додатків використовують різні підходи і параметри, що ускладнює їх уніфікацію і кількісну відтворюваність. Основним способом оцінки змін, що відбуваються в агроєкосистемі, є порівняння параметрів, що характеризують стан її додатків, з еталонними варіантами. Створюється відповідна стандартна шкала, по якій розраховується різниця між станом середовища при впливі якого-небудь чинника і без його впливу. Проте такий підхід не зовсім коректний, оскільки не відображає початкових відмінностей, характерних для природної і сільськогосподарської екосистеми, а також динаміку різноманітних форм людської діяльності і реакції на них агроєкосистем. Тому для оцінки функціонування агроєкосистеми використовують ряд спеціальних критеріїв.

Як критерії оцінки впливу сільськогосподарської діяльності на агроєкосистеми запропоновано використовувати **показник екологічності землеробства** ($K_{Е.З.}$), для розрахунку якого служать наступні характеристики: урожай культур (Y) і їх кількість (n), коефіцієнт гуміфікації рослинних залишків (K_z), маса органічних добрив (M_o), що

вносяться, і коефіцієнт їх гуміфікації(K_o), маса мінералізації гумусу і кількість поживних залишків ($M_{м.п.}$), маса втрат гумусних речовин за рахунок ерозії ($M_{Е.В.}$), маса витрати гумусу на формування урожаю(M_{cy}), коефіцієнти, що виражають повторюваність культури за ротацію сівозміни (K_p) і частку даної культури в сівозміні (K_d). При використанні цих параметрів в моделі

$$K_{Е.З.} = \sum_{i=1}^m \frac{(YK_r + M_o K_o) K_d K_p}{M_{м.п.} + M_{Е.В.} + M_{r.y}}, \quad (4.6)$$

було показано, що в результаті ерозії і насиченості сівозмін технічними культурами відбувається активна втрата гумусу, а низьке значення $K_{Е.З.}$ (0,3...0,4) свідчить про недостатню екологічність систем землеробства, які використовуються. Як індикаторні показники екологічного стану екосистем і стійкості ґрунтів до стресової дії забруднювачів разом із вмістом органічної речовини часто використовують такі величини, як розміри ґрунтових часток і рН ґрунтового розчину, за допомогою яких оцінюють стресову місткість ґрунту. Інтегральну характеристику реакції рослин на мінеральні добрива дають показники їх агрономічної і фізіологічної ефективності (АЕ і ФЕ), а також ефективності засвоєння (ЕЗ) живильної речовини, яку частіше називають коефіцієнтом використання діючої речовини добрива. В першому випадку визначають витрати живильної речовини добрива на формування надбавки урожаю основної продукції (І), в другому — витрати додаткового використання елемента живлення на формування урожаю (ІІ); ефективність засвоєння живильних речовин рослинами характеризує відношення надбавки загального винесення елементів, одержуваної від вживаного добрива, до його дози (ІІІ):

$$\text{І. } AE = \frac{Y_y - Y_{Б.У.}}{D_y}, \text{ кг основної продукції/кг д. в. ,} \quad (4.7)$$

$$\text{ІІ. } \Phi E = \frac{Y_y - Y_{Б.У.}}{B_y - B_{Б.У.}}, \text{ кг основної продукції/кг загального виносу,} \quad (4.8)$$

$$\text{ІІІ. } EU = \frac{B_y - B_{Б.У.}}{D_y} 100\% . \quad (4.9)$$

Для характеристики меж екологічного насичення агроєкосистеми біогенними елементами, а також визначення їх міграційно-аккумуляційної здатності доцільно визначати стан балансу макро- і мікроелементів в ландшафтно-геохімічних структурах. В межах агроєкосистеми розраховують показник інтенсивності балансу мікроелементів, який є величиною відшкодування винесення елементів рослинами доз добрива. Результати досліджень показують, що зниження цієї величини до 60 % свідчить про виснаження актуальної родючості ґрунту.

Збалансованість процесів мінералізації і гуміфікації. Руйнування і створення органічної речовини складають суть ґрунтоутворення. З цього загальновідомого положення витікає принципово важливий наслідок – співвідношення між процесами мінералізації і гуміфікації обумовлює екологічну рівновагу в ґрунті. Збалансованість названих процесів відображає суть екологічної стійкості ґрунтового блоку, а отже, і агроєкосистеми в цілому. Визначення кількісних параметрів, відповідних стану екологічної рівноваги в ґрунті, розкриття його природи і розробка на цій основі методів цілеспрямованого відтворювання ґрунтової родючості – важлива науково-практична задача, що вимагає комплексних рішень, у тому числі з врахуванням і агроєкологічних аспектів проблеми.

Достатньо значущим кількісним показником інтенсивності процесів мінералізації органічної речовини ґрунту може служити відчуження (винесення) азоту з урожаєм сільськогосподарських культур. Процеси гумусоутворення, навпаки, були пов'язані безпосередньо з накопиченням азоту в ґрунті, тому величину аккумуляції його в прирості запасів гумусу можна прийняти за об'єктивний показник гуміфікації. Виходячи з даних передумов, оцінку збалансованості процесів гуміфікації і мінералізації в ґрунтовому блоці агроєкосистеми реально проводити, ґрунтуючись на визначенні агроєкологічного параметра – коефіцієнта біологічної утилізації азоту добрив (K_{YT}^N). Названий показник підраховують як суму коефіцієнтів засвоєння рослинами, що вирощуються, елемента з добрива ($K_{ЗАСВ}^N$) і аккумуляції його в прирості гумусу за ротацію сівозміни по відношенню до кількості, яка визначається перед закладкою досліду (K_{AK}^N). Відношення коефіцієнта засвоєння азоту добрив до коефіцієнта його аккумуляції ($K_{ЗАСВ}^N / K_{AK}^N$) відображає ступінь збалансованості в ґрунті процесів

мінералізації і гуміфікації, а значить, і спрямованість процесу ґрунтоутворення за ротацію сівозміни. Очевидно, що це відношення разом з іншими показниками може служити об'єктивним екологічним критерієм оцінки стійкості високопродуктивної агроєкосистеми. Ступінь стійкості ґрунтового блоку агроєкосистеми визначають за формулою

$$E_{CT} = K_{ЗАСВ}^N / K_{AK}^N, \quad (4.10)$$

де E_{CT} – інтегральний показник екологічної стійкості ґрунтового блоку агроєкосистеми; $K_{ЗАСВ}^N$ – коефіцієнт засвоєння азоту культурами за ротацію сівозміни %; K_{AK}^N – коефіцієнт акумуляції азоту в прирості гумусу за ротацію сівозміни %.

Величина біологічної утилізації азоту добрив напряду була пов'язана з особливостями їх впливу на ефективну і потенційну родючість ґрунту, а також на врожайність і винесення азоту культурами, що вирощуються на полях сівозміни. Багаторічними польовими дослідями встановлено, що чим більше азоту добрив утилізували рослини за ротацію, тим менше його акумулюється в ноогумусі і тим вище частка коефіцієнту засвоєння ($K_{ЗАСВ}^N$) в коефіцієнті біоутилізації (K_{VT}^N). Це наочно простежується, наприклад, при закладенні в ґрунт зеленого добрива, багатого речовинами, що легко мінералізуються (білки, вуглеводи і т.д.). Зворотна залежність спостерігається при заорюванні в ґрунт інертної органічної речовини – соломи, азот якої в гумусних речовинах мінералізується поволі. Тому в коефіцієнті біоутилізації азоту соломи основна частка припадає на коефіцієнт його акумуляції в прирості гумусу за ротацію сівозміни.

Коефіцієнт біологічної утилізації азоту мінеральних добрив повністю визначається його винесенням з урожаєм культур, що вирощуються в сівозміні. Систематичне внесення тільки технічного азоту веде до прискорення антиекологічного процесу дегуміфікації ґрунту. Вживання органічних азотних добрив на відміну від мінеральних разом з поліпшенням азотного живлення культурних рослин сприяє активізації в ґрунті процесів гуміфікації, що знаходить відбиття в структурі коефіцієнту біоутилізації.

Результати проведених досліджень показують, що органічні добрива, за винятком сидератів, значно (на 25...65 %) перевершують мінеральні по величині коефіцієнта біоутилізації азоту, що пояснюється їх позитивним впливом на процес новоутворення гумусу. При сумісному вживанні

органічних і мінеральних добрив (половинними нормами по NPK) $K_{\text{УТ}}^N$ на 19...26 % нижче, ніж при внесенні тільки органічних добрив. Різко знижується коефіцієнт біоутилізації азоту добрив (органічних – удвічі, мінеральних – в 1,3 рази) і при збільшенні насиченості сівозміни мінеральними туками з 40 до 120 кг/га.

Як інтегральний кількісний показник, що характеризує вплив внесених добрив на процеси мінералізації і гуміфікації, $K_{\text{УТ}}^N$ відображає зміни як ефективної, так і потенційної родючості ґрунту. Чим вища біоутилізація на фоні оптимального поєднання процесів гуміфікації і мінералізації, тим раціональніше вживання азотовмісних добрив і менше хімічне навантаження на оточуюче середовище.

Для об'єктивної агроекологічної оцінки ефективності вживання азотовмісних добрив важливо знати не тільки чисельне значення $K_{\text{УТ}}^N$, але і співвідношення між $K_{\text{ЗАСВ}}^N$ і $K_{\text{АК}}^N$, що особливо істотно для встановлення змін стійкості педосфери. Відношення $K_{\text{ЗАСВ}}^N : K_{\text{АК}}^N$ в значній мірі відображає природу взаємозв'язку між процесами мінералізації і гуміфікації. Оптимізація цих діаметрально протилежних процесів – актуальна проблема формування екологічних систем землеробства, успішне рішення якої дозволяє контролювати і цілеспрямовано впливати на екологічну рівновагу в ґрунтовому балансі агроєкосистеми. Саме збалансованістю процесів мінералізації і гуміфікації обумовлюється, з одного боку, рівень продуктивності культур, що вирощуються, а з іншого – масштаби відтворення ґрунтової родючості. Зрозуміло, що кількісний контроль за цими постійно протікаючими в ґрунті процесами дуже важливий в екологічному відношенні. Наприклад, на зрошуваних каштанових ґрунтах Херсонщини близьке до оптимального відношення $K_{\text{ЗАСВ}}^N : K_{\text{АК}}^N$, рівне 2...3, в цілому за ротацію п'ятипільної польової сівозміни підтримують шляхом внесення 42 т/га гною і вирощування люцерни. В цьому випадку досить високе споживання азоту на створення рослинами урожаю поєднується з розширеним відтворенням гумусу. Більш низьке чисельне значення відношення $K_{\text{ЗАСВ}}^N : K_{\text{АК}}^N$ характерне для інертної органічної речовини, зокрема соломи, азот якої слабо засвоюється культурами і переважно закріплюється в гумусі. Протилежна картина спостерігається при закладенні в ґрунт мінеральних добрив і сидератів, які впливають перш за все на процеси мінералізації.

Результати розглянутих вище досліджень дозволяють також зробити висновок, що для зрошуваних каштанових ґрунтів Херсонщини варіації чисельного значення відношення, яке розглядається, в межах 0,5...15 цілком прийнятне. Зниження його до значення $<0,5$ відповідає істотному зменшенню продукційної здатності рослин. Підвищення його до значень > 15 недоцільно з екологічних причин, оскільки показник, що в цьому випадку використовується, відображає значне зниження відтворювання гумусу, що зрештою неминуче веде до опустелювання агроєкосистеми.

Таким чином, показник біологічної утилізації азоту добрив може служити важливим агроєкологічним критерієм стійкості ґрунтового блоку, який дозволяє судити і про стійкість всієї агроєкосистеми. Критерій E_{ct} дає можливість кількісно оцінити ступінь збалансованості в ґрунті діаметрально протилежних процесів – мінералізації і гуміфікації, що виключно важливо для моделювання процесу оптимізації ефективної і потенційної родючості. Визначення оптимальних значень коефіцієнтів біоутилізації (K_{yt}^N) і стійкості (E_{ct}) азоту добрив, що вносяться, за ротацію в сівозмінах повинне входити в програму агроєкологічного моніторингу в тривалих стаціонарних дослідках-полігонах, закладених в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Слід зазначити, що відношення $K_{засв}^N : K_{ак}^N$ за ротацію сівозміни можна використовувати як критерій впливу на екологічну стійкість педосфери (ґрунти) і агроєкосистеми не тільки добрив, але і різних агротехнічних засобів.

Контрольні запитання

1. Які напрямки доцільно використовувати при аналізі функції екосистем?
2. Які існують підходи регулювання продукційного процесу агроценозів?
3. Дати визначення сучасному ландшафту.
4. В чому полягає оптимізація ландшафту?
5. Які положення враховуються при оцінці екологічної стійкості і оптимізації ландшафту?
6. Перелічити основні відомості агроландшафтів. Навести приклад.
7. Яким виразом описується індекс антропогенної перетворюваності конкретної території і регіональний індекс?

8. Які комплексні оцінки рекомендується застосовувати для характеристики стану, стійкості і деяких інших аспектів ландшафтів?
9. В чому полягають передумови оптимізації агроландшафтів?
10. Опишіть методику оцінки ступеня екологічної стійкості ландшафту.
11. Яким чином здійснюється оцінка функціонування агроєкосистеми?
12. Охарактеризувати традиційну та біологічну системи землеробства.
13. Яким чином в агроєкосистемі можливо досягнути збалансованості процесів мінералізації і гуміфікації?

5 УПРАВЛІННЯ АГРОЕКОСИСТЕМАМИ

5.1 Шляхи збільшення ресурсу органічної речовини ґрунту

Органічна речовина ґрунту – це сукупність живої біомаси й органічних решток рослин, тварин, мікроорганізмів, продуктів їхнього обміну та специфічних новоутворень органічної речовини ґрунту – гумусу. Цей складний комплекс різноманітних органічних речовин поділяють на дві групи:

- група 1 – негуміфіковані органічні речовини рослинного або тваринного походження (відмерлі, але ще не розкладені або напіврозкладені рослинні і тваринні рештки, які є в ґрунті, тіла мікроорганізмів);
- група 2 – органічні речовини специфічної природи – гумусові, або перегнійні.

На негуміфіковану частину припадає близько 10 – 15 % загального запасу органічної речовини ґрунту. Ці органічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності ґрунту та його родючості. Вони є важливим джерелом поживних речовин для рослин, адже відносно легко розкладаються в ґрунті. Частина їх, розклавшись, перетворюється на складні органічні сполуки специфічної природи і стає джерелом гумусоутворення.

Гумусові речовини – це високомолекулярні азотовмісні сполуки специфічної природи. Їх вміст досягає 85 – 90 % загальної кількості органічної речовини ґрунту. До їх складу входять гумінові кислоти, фульвокислоти та гуміни.

У ґрунті безперервно відбуваються процеси утворення і розкладання гумусу за рахунок надходження рослинних решток та їх мінералізації. Залежно від того, який із цих процесів переважає, загальна кількість гумусу в ґрунті збільшується або зменшується.

Хоча вміст органічної речовини в ґрунті відносно невеликий, вона відіграє дуже важливу роль у формуванні його родючості та живленні рослин. У ній акумульований майже весь запас азоту, значна частина фосфору, сірки, а також невеликі кількості калію, кальцію, магнію та інших елементів.

Основними шляхами збільшення ресурсу органічної речовини ґрунту є: сумісне внесення органічних і мінеральних добрив; висівання сидератів та багаторічних трав; залишання на полі високої стерні зернових культур,

соломи та інших рослинних решток; раціональний обробіток ґрунту; дотримання оптимального співвідношення зернобобових і просапних культур у сівозмінах; застосування меліорантів (вапно, дефекат, гіпс та ін.); використання проміжних культур (підсівних, післяжукісних, післяжнивних).

Найважливішу роль у збільшенні вмісту органічної речовини в ґрунті та її найціннішої складової частини – **гумусу** відіграють кореневі і післяжнивні рештки, органічні добрива, розширені посіви багаторічних трав (особливо бобових), вирощування проміжних культур, сидератів і залишання на полі побічної продукції.

За масою корневих решток у ґрунті польові культури поділяють на чотири групи: багаторічні трави (буркун, люцерна, конюшина, еспарцет), які залишають у ґрунті понад 4 т/га негуміфікованих решток; кукурудза на зерно або силос – 3...4 т/га решток; зернові колосові культури, соняшник – 2...3 т/га свіжої органічної маси; горох на зерно, цукрові буряки, картопля – близько 2 т/га корневих решток.

Важливим джерелом поповнення ґрунту органічними речовинами є післяжнивні рештки, маса яких залежить від способу збирання, висоти зрізування культури під час збирання, її біології, технології вирощування, величини врожаю. З підвищенням урожаю культур маса післяжнивних і корневих решток збільшується.

5.1.1 Азотні добрива. Бобові рослини – чинники ефективності гуміфікації

Негативний вплив азотних добрив на гуміфікацію ґрунту. За сучасним визначенням, **гуміфікація** – це процес біохімічного перетворення органічних решток рослинного і тваринного походження та продуктів життєдіяльності організмів на високомолекулярні гумусові речовини темного забарвлення.

З усіх видів мінеральних добрив азотні (крім калієвої, натрієвої і кальцієвої селітр) за дією на ґрунт є найагресивнішими. Уже під час розчинення амонійних і амонійно-нітратних добрив у результаті їх гідролізу в ґрунт виділяється кислота. Надалі внаслідок абіотичного і біологічного вбирання амонію, а також нітрифікації цей процес посилюється. Встановлено, що дія на ґрунт 1 кг азотних добрив рівноцінна дії 0,5...1,5 кг концентрованої сірчаної кислоти. Виділена кислота і меншою мірою залишковий амоній добрив призводять до дегуміфікації та загального

погіршення властивостей ґрунту. Азот добрив, активуючи життєдіяльність мікроорганізмів, сприяє інтенсивній мінералізації гумусу ґрунту.

Встановлено, що 1 кг азоту мінеральних добрив спричинює мінералізацію від 1 до 20 кг гумусу.

Особливо руйнівним для ґрунту є внесення водного технічного та рідкого синтетичного аміаку. У місцях його підвищеної концентрації створюються локальні осередки, в яких рН ґрунтового розчину становить близько 9 і більше. В цих осередках гумус розчиняється і «тече», гинуть мікро- та мезофауна і флора, відбуваються дегуміфікація, декальцинація, деструктуризація, що призводить до погіршення агрофізичних та агробіологічних властивостей ґрунту.

Щоб зменшити негативну дію азотних добрив на ефективність гуміфікації, необхідно: суворо дотримуватись науково обґрунтованих норм, строків, способів і форм внесення добрив; максимально наближати строки внесення добрив до періоду інтенсивного вбирання азоту рослинами; вносити водний технічний та рідкий синтетичний аміак лише на високобуферних ґрунтах і в дозах не більш як 120...150 кг/га азоту; забезпечувати максимальну рівномірність внесення азотних добрив; збільшувати надходження в ґрунт свіжих органічних речовин, бідних на азот, насамперед корневих і післяжнивних решток; якомога частіше контролювати вміст азоту в ґрунті та рослинах; за рН ґрунтового розчину, проводити відповідні коригування норм і строків внесення азотних добрив, вапна.

Бобові рослини – чинники ефективності гуміфікації ґрунту.
Позитивним чинником ефективності гуміфікації є бобові рослини, які містять в 1,5 - 2 рази більше білка, ніж зернові культури. Бобові рослини збагачують ґрунт екологічно чистим і економічно дешевим азотом. З післяжнивними та корневими рештками бобові рослини залишають у ґрунті від 50 до 170 кг/га азоту, а також біологічно активні речовини – антибіотики, вітаміни, ферменти, амінокислоти.

Швидкість перетворення органічних решток визначається їх хімічним складом, у решток бобових рослин він близький до природного опадку. Водорозчинні органічні сполуки (крохмаль, пектин, білок) розкладаються швидше, ніж інша група органічних сполук (целюлоза, лігнін). Тому процеси гуміфікації корневих і післяжнивних решток бобових рослин відбувається інтенсивніше, ніж злакових зернових культур.

Післяжнивні та кореневі рештки бобових культур характеризуються вужчим відношенням вуглецю до азоту, розкладаються швидше і сприяють утворенню більшої кількості гумінових кислот, які взаємодіють з кальцієм, магнієм, іншими катіонами ґрунту і закріплюють у гумусі поживні речовини. Органічні рештки бобових рослин перетворюються на гумус з найвищим коефіцієнтом гуміфікації (0,23 – 0,25), причому процеси гуміфікації значно переважають над процесами мінералізації.

Отже, під час розкладання органічної маси бобових рослин підвищується ефективність гуміфікації, утворюються гумінові сполуки, поліпшуються фізико-хімічні властивості ґрунту, зростає його родючість.

5.1.2 Екологічна ефективність використання вермикультивування

Останнім часом поширюється один із нових напрямів біотехнології – вермикультивування, що полягає в промисловому розведенні деяких форм дощових черв'яків. Формування й розвиток його зумовлені можливістю вирішення на біологічній основі важливих екологічних завдань – утилізації органічних відходів, виробництва високоякісного чистого органічного добрива, підвищення родючості ґрунту, вирощування екологічно чистої продукції рослинництва, істотного обмеження забруднення навколишнього середовища та ін.

Вермикультура – це компостні черв'яки в органічному субстраті. Іноді під цим терміном розуміють тільки черв'яків або, навпаки, тільки субстрат. Вермикультуру можна уявити як складне біоценотичне угруповання, обмежене певним біотопом у складі культурного ландшафту. Дощові черв'яки – найбільші представники безхребетних, які входять до складу ґрунтової макрофауни. На їх частку припадає не менш як половина всієї біомаси ґрунту. Щільність їх заселення досягає в середньому 120 особин/м², а біомаса – 50 г/м² (за маси тіла одного черв'яка 0,5...1,5 г). У сприятливі періоди можлива щільність дощових черв'яків у ґрунті 400...500 особин/м².

Основне джерело їх живлення – рослинні рештки. Вони сприяють перемішуванню й розпушенню ґрунту, накопиченню органічної речовини, з якої утворюється гумус. Присутність черв'яків може бути тестом на збагаченість ґрунту на органічну речовину. Дощові черв'яки поліпшують

аерацію ґрунту, інтенсифікують процеси гумусоутворення, нітрифікації та амоніфікації.

Велика роль черв'яків у поліпшенні ґрунтів сприяла значній зацікавленості в їх штучному розмноженні. Так, внаслідок багаторічної селекційної роботи американські дослідники в 1959 р. в Каліфорнії вивели новий різновид дощових черв'яків, який назвали «каліфорнійським гібридом червоного черв'яка» або просто «каліфорнійським червоним черв'яком». Із 1979 р. його розмножують у Західній Європі та Японії.

В останні роки в нашій країні значну увагу приділяють використанню дощових черв'яків для переробки різних відходів (гною, пташиного посліду, соломи, листя, решток силосу, сіна, відходів харчової, м'ясної, плодоовочевої промисловості, комунального господарства). Дослідження засвідчують, що за допомогою черв'яків органічні відходи в короткий термін можна перетворити на добрива, які містять елементи живлення рослин у доступній для них формі і мають стійку до розмивної дії води зернисту структуру. Заселені черв'яками відходи швидко втрачають неприємний запах.

На основі культури черв'яків виготовляють найцінніше органічне добриво – біогумус. Це грудкувата мікрогранулярна речовина коричнево-сіруватого кольору із запахом ґрунту. Біогумус містить у добре збалансованій і легкозасвоюваній формі всі необхідні для живлення рослин речовини. Середній вміст сухої органічної маси в біогумусі становить 50 %, гумусу – 18 %; його реакція сприятлива для рослин і мікроорганізмів – рН 6,8...7,4, загального азоту – 2,2 %, фосфору – 2,6, калію – 2,7 %. Крім того, в ньому виявлено практично всі необхідні мікроелементи й біологічно активні речовини, серед яких ферменти, ростові речовини, вітаміни, гормони, антибіотики, ауксини, гетероауксини, 18 амінокислот і корисна мікрофлора.

Біогумус різнобічно позитивно впливає на агрохімічні, фізикохімічні й біологічні властивості ґрунту. Він містить комплекс корисних речовин і тому може використовуватись для всіх сільськогосподарських культур, але особливо корисний для тих, які потребують поживних речовин у концентрованій формі, збалансованих за хімічним складом.

Біогумус має також інші цінні властивості: великі вологомісткість, вологостійкість, гідрофільність, механічну міцність, не містить насіння бур'янів. Він здатний утримувати до 70 % води і в 15...20 разів ефективніший за будь-яке органічне добриво.

Агрохімічні властивості біогумусу середнього зразка такі:

кислотність (pH)	6,5 – 7,2	магнію	0,5 – 2,3
вміст сухої органічної маси гумусу	40 – 60 %	заліза	0,2 – 2,5 %
загального азоту	10 – 12	міді	3,5 – 5,1 мг/кг
фосфору (P ₂ O ₅)	0,9 – 3,0 г	мангану	60 – 80
калію (K ₂ O)	1,3 – 2,5	цинку	28 – 35 мг/кг
кальцію	1,5 – 2,5	вологість	40 – 50 %
	4,5 – 8,0	бактеріальна форма	до 20 трлн колоній в 1 г біогумусу

Елементи живлення знаходяться в органічній формі, тому надійно зберігаються від вимивання. Внаслідок розкладання біогумусу мікроорганізмами вивільнюються макро- і мікроелементи, рослини забезпечуються вуглеводами, необхідними для фотосинтезу.

При внесенні біогумусу, що характеризується високою буферністю, у ґрунтовому розчині не утворюється надлишкова концентрація солей, що простежується в разі внесення високих доз мінеральних добрив. Особливої цінності вермикомпостам надають гумінові кислоти, вміст яких коливається від 5,6 до 17,5 % у перерахунку на суху речовину. У вермикомпостах крім розкладених відходів міститься також певна кількість відмерлих черв'яків, що також підвищує їх цінність.

Якість біогумусу оцінюють за міжнародним стандартом, який ставить такі вимоги:

вологість	30 – 40 %	P ₂ O ₅	1,2 – 1,5 %
органічна речовина	20 – 30 %	K ₂ O	1,1 – 1,2 %
водорозчинні солі	0,5 %	C : N	15
pH	6,5 – 7,5	Ca	4 %
загальний азот	не менш як 1,5 %	Mg	1 %

Поживні речовини біогумусу повільно розчиняються у воді, й отже, можуть тривалий час жити рослини. Гранульовані гумусні добрива за вмістом гумусу переважають гній і компости в 4...8 разів.

За чутливістю до біогумусу рослини поділяють на: *високочутливі* – багаті на вуглеводи (картопля, морква, кормові, цукрові і столові буряки, плодові культури), при внесенні біогумусу приріст їх урожаю досягає 35 % і більше; *добре чутливі* (озима та яра пшениця, жито, ячмінь, овес, рис, просо, гречка, кукурудза на зерно, сорго), які на біогумус реагують досить добре, приріст урожаю становить 25 % і більше; *середньочутливі* – бобові культури (горох, кормові боби, нут, соя, сочевиця), а також буркун, люцерна, еспарцет та ін., які задовільно реагують на біогумус і

забезпечують приріст урожаю до 15 %; *слабкочутливі* – олійні та ефіроолійні культури (соняшник, ріпак, гірчиця, коріандр та ін.), які слабо реагують на біогумус.

Використання як добрив продукту переробки відходів виробництва за допомогою вермикультури істотно зменшує витрати на збагачення ґрунтів поживними речовинами, підвищується можливість отримання екологічно безпечної продукції. І що дуже важливо – створюються умови для утилізації (з великою користю) значних обсягів органічних відходів.

Дози внесення біогумусу залежать від вмісту гумусу, елементів живлення в ґрунті, у вермикомпості та від виду сільськогосподарських культур. Оптимальними дозами є 3 - 3,5 т/га біогумусу за розкидного способу внесення і 250 - 300 кг/га – за локального. Максимальна доза – 4 т/га. На малопродуктивних ґрунтах вносять 3 т/га біогумусу через кожні 4 роки.

Дослідження, проведенні в нашій державі, в інших країнах, засвідчують високу ефективність біогумусу для підвищення врожаю й отримання екологічно чистої продукції, причому застосування біогумусу забезпечувало приріст урожаю зернових на 30-40 %, кукурудзи – на 30-50, пшениці – до 20, цукрових буряків – до 20, картоплі – на 30-70, овочевих культур – до 35-70 %. Біогумус також запобігає або зводить до мінімуму захворювання рослин. В разі внесення біогумусу під льон-довгунець рослини не уражувались фузаріозом, іржею, антракнозом, бактеріозом, тоді як у контрольному варіанті, а також при застосуванні сухих і рідких мінеральних добрив їх ураженість становила 8-17 %.

Доведено також здатність черв'яків і біогумусу зв'язувати радіонукліди та важкі метали, які містяться в ґрунті, органічних і мінеральних добривах, різко зменшувати їх надходження в рослини. Виявлено позитивний вплив біогумусу на зменшення вмісту нітратів у продукції рослинництва. Крім вироблення біогумусу вермикультура перспективна для різнобічного використання, що зумовлено високою поживною цінністю біомаси, вмістом речовин, які перешкоджають виникненню і розвитку хвороби, тощо.

Великі перспективи створення замкнених циклів виробництва у сільському господарстві на основі застосування черв'яків, універсальні властивості яких дають змогу використовувати їх для розробки і впровадження безвідходних технологічних процесів. Одним з таких

найбільш апробованих напрямів є анаеробна переробка органічних відходів, насамперед відходів тваринницьких комплексів і ферм.

Під час переробки різних відходів в анаеробних умовах виділяється значний об'єм газу, який можна використати для забезпечення роботи котелень, обігріву теплиць. У процесі бродіння гною в доступну для рослин форму переходить 100 % азоту, 70 % фосфору, 80 % калію, гинуть патогенні мікроорганізми та яйця гельмінтів, насіння бур'янів, а солі важких металів переходять у менш доступну форму. Внаслідок узагальнення та аналізу наявних матеріалів було сформульовано основні **агроекологічні властивості біогумусу**: біогумус переважає традиційні органічні добрива за дією на ріст, розвиток і врожайність різних сільськогосподарських культур; елементи живлення в біогумусі знаходяться в органічній формі, що надійно захищає їх від вимивання і сприяє пролонгованій дії; доступних елементів живлення в біогумусі дуже багато, оскільки більшість необхідних для рослин елементів міститься в ньому в добре засвоюваній формі; оптимальна реакція середовища, яка формується під дією біогумусу, створює сприятливіші умови для розвитку рослин; біогумус характеризується високою буферністю, що запобігає створенню надмірної концентрації солей у ґрунтовому розчині, як це переважно трапляється в разі внесення високих доз мінеральних добрив; велика кількість корисної мікрофлори в біогумусі істотно збільшує його поживне і фітосанітарне значення для вищих рослин; через відсутність у біогумусі насіння бур'янів зведена до мінімуму необхідність механічної або хімічної боротьби з бур'янами; вміст у біогумусі біологічно активних речовин (ауксинів, гетероауксинів тощо) ослаблює стрес рослин, особливо розсади, збільшує приживаність, прискорює проростання насіння, підвищує стійкість рослин до збудників хвороб.

Отже, вермикультивування слід розглядати як перспективний напрям формування й розвитку екологічних основ сільськогосподарського виробництва за допомогою раціонального використання природних можливостей, що ґрунтуються на значному активуванні діяльності живих організмів, керуванні цією діяльністю.

5.2 Система удобрення – основа підтримання балансу біогенних елементів

Система удобрення – це комплекс науково обґрунтованих прийомів раціонального екологічно чистого використання органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів, розрахований на ротацію сівозміни, в якому передбачено норми, строки, способи та своєчасність заробляння в ґрунт добрив залежно від запланованого урожаю, біологічних особливостей, чергування культур у сівозміні з урахуванням властивостей та поєднання органічних, мінеральних добрив, їх прямої дії та післядії, ґрунтово-кліматичних і економічних умов господарства, охорони навколишнього середовища.

Основними завданнями системи удобрення є: вирощування високих і стабільних урожаїв з високою якістю продукції; забезпечення максимально можливої продуктивності сівозміни; систематичне підвищення і раціональне використання родючості ґрунту за доцільного застосування добрив; підвищення окупності одиниці внесених добрив і продуктивності праці; зниження собівартості виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечення високого прибутку господарства.

Система застосування добрив передбачає: накопичення місцевих добрив (гною, компостів, пташиного посліду, попелу тощо) і правильне їх зберігання; закупівлю мінеральних добрив, хімічних меліорантів і правильне їх зберігання; своєчасне вивезення органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів на поля згідно з передбаченими нормами; механізацію своєчасного і правильного внесення добрив, хімічних меліорантів під культури сівозміни; заготівлю насіння, сівбу сільськогосподарських культур на зелене добриво; придбання нової техніки, підготовку механізаторів і спеціалістів; організацію праці та транспортних засобів.

Під час складання системи удобрення особливу увагу треба приділяти *балансу біогенних елементів* – складових елементів живих організмів, без яких неможливе їх існування.

Суха речовина рослин складається з вуглецю (45 %), кисню (42 %), водню (6,5 %), азоту (1,5–5 %) і золи (5–12 %), в якій містяться зольні елементи. В рослинах виявлено близько 85 елементів зі 108 відомих у природі. Вважається, що для нормального росту і розвитку рослинам необхідні 15 елементів: вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій,

кальцій, магній, залізо, сірка, мідь, бор, молібден, цинк, манган. Елементи літій, срібло, стронцій, кадмій, алюміній, силіцій, титан, свинець, хром, селен, фтор та нікель належать до умовно необхідних.

До **макроелементів** належать хімічні елементи, які в рослинах і ґрунті містяться у великих кількостях – від сотих часток до цілих відсотків у розрахунку на суху речовину. Це азот, вуглець, кисень, водень, сірка, фосфор, кальцій, калій, магній, залізо і натрій.

Мікроелементами вважають хімічні елементи, вміст яких у рослинах і ґрунті не перевищує тисячних часток відсотка в розрахунку на суху речовину. Це цинк, йод, бор, мідь, молібден, кобальт, манган та ін.

Баланс основних елементів живлення визначається співвідношенням між загальним виношенням їх урожаєм та кількістю, що повертається в ґрунт. Баланс може бути позитивним, якщо елементів живлення в ґрунт вноситься більше, ніж виноситься урожаєм, і негативним, якщо урожаєм їх виноситься більше, ніж повертається в ґрунт.

Баланс елементів живлення та гумусу слід розглядати як найдоступніший контроль за станом родючості ґрунтів. Позитивний баланс елементів живлення сприяє підвищенню врожайності та якості сільськогосподарських культур і прогресивному підвищенню родючості ґрунту. Ще у 1950-х роках академік Д.М. Прянишников, визначивши основне завдання агрохімії, по суті вперше встановив екологічні нормативи для основних елементів живлення, дотримання яких забезпечує стабільне функціонування системи ґрунт – рослина. Він вважав, що коефіцієнт відшкодування виношення елементів живлення урожаєм сільськогосподарських культур за рахунок внесення добрив має становити 70 - 80 % для азоту і калію та 100 – 110 % – для фосфору.

З метою виявлення глибини порушення балансової рівноваги в сівозмінах і на земельних територіях значно більшого масштабу можна скористатися показниками інтенсивності балансу. Доведено, що екологічно безпечне значення цих показників для азоту в дерново-підзолистих і сірих опідзолених ґрунтах становить 105 - 110 %, у чорноземах – 70 - 100 %.

Екологічно безпечні нормативи інтенсивності балансу фосфору і калію залежно від їх вмісту в цих ґрунтах такі:

Вміст у ґрунті	Інтенсивність балансу, %	
	фосфору (P_2O_5)	калію (K_2O)
Дуже низький	280	150
Низький	250	130
Середній	200	110
Підвищений	150	90
Високий	100	70
Дуже високий	80	50

Наведені нормативи інтенсивності балансу азоту, фосфору і калію забезпечують високу продуктивність землеробства, розширене відтворення родючості ґрунтів, екологічну чистоту агроценозів і сільськогосподарської продукції. Розрахунки балансу елементів живлення допомагають уникнути грубих помилок при складанні системи удобрення та є основою для розробки заходів, спрямованих на підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь.

Оптимізація живлення рослин. Життєдіяльність рослин, їх ріст і розвиток відбуваються в результаті постійного обміну речовин і енергії між рослиною та навколишнім середовищем. Інтенсивність і спрямованість процесів обміну визначають продуктивність сільськогосподарських культур та якість продукції.

Життєдіяльність рослин здійснюється за наявності в навколишньому середовищі всіх необхідних для цього чинників, до яких належать світло, тепло, волога, вуглекислий газ і кисень повітря, елементи мінерального живлення ґрунту.

Продуктивність культурних агрофітоценозів формується шляхом оптимізації життєвих чинників навколишнього середовища технологічними прийомами. Особливості використання рослинами цих чинників, кількість і якість урожаю залежать від спадкових біологічних особливостей культурних рослин, їх сортів і гібридів.

Крім азоту, фосфору і калію, на думку багатьох дослідників, у живленні рослин беруть участь 85 елементів періодичної системи Д.І. Менделєєва, найважливішими з яких є 20 - 25. Більшість елементів живлення рослини вбирають із ґрунту. Найважливішою і невід'ємною властивістю ґрунту є його **родючість** – здатність забезпечувати рослини постійно й одночасно елементами живлення, водою, теплом, повітрям та іншими чинниками.

Рівень родючості ґрунту залежно від конкретних екологічних умов та інтенсивності землеробства може бути різним. Наявність елементів живлення в ґрунті та рослинах визначає інтенсивність вибіркового

засвоєння ними поживних речовин, що зумовлює формування врожаю певної якості.

Потреби рослин в елементах живлення різні. Одна й та сама рослина в різні періоди росту і розвитку неоднаково вимоглива до умов живлення. Наприклад, у перший період вегетації, а він є критичним, рослина засвоює відносно малі кількості поживних речовин, проте їх нестача в цей період дуже негативно позначається на рості й розвитку рослин у наступні періоди вегетації. Навіть посилене живлення в наступні періоди не усуває негативного впливу нестачі елементів живлення на початку вегетації. Особливо чутливі рослини на початку росту і розвитку до нестачі фосфору, на їх нормальний ріст і розвиток негативно впливають як нестача, так і надлишок будь-якого елемента живлення.

Рослини розвиваються і живуть завдяки повітряному і кореневому живленню. Листками вони засвоюють понад 95 % вуглекислого газу. З водних розчинів листки рослини засвоюють зольні елементи, азот і сірку. Проте основна кількість азоту, зольних елементів і води надходить в рослину крізь кореневу систему, яку слід розглядати як орган вбирання й синтезу поживних речовин.

Різні культурні рослини характеризуються неоднаковою здатністю кореневої системи щодо вбирання з ґрунту та добрив поживних речовин. Дуже низьку здатність до засвоєння фосфору з важкорозчинних сполук має ячмінь; низьку – пшениця й овес; відносно високу – жито, кукурудза; високу – картопля, цукрові буряки, конюшина червона, гірчиця; дуже високу – люцерна, горох, люпин, гречка.

Інтенсивність засвоєння поживних речовин рослинами залежить від реакції ґрунту. Більшість культурних рослин краще розвивається на слабкокислих і нейтральних ґрунтах. За відношенням до кислотності ґрунту рослини поділяють на такі групи: *дуже чутливі* – люцерна, еспарцет, конюшина, гірчиця, ріпак, капуста, цибуля, часник, перець, столові, цукрові та кормові буряки, смородина; ці рослини дуже позитивно реагують на вапнування кислих ґрунтів підвищеними нормами вапна; *середньочутливі* – озима і яра пшениця, ячмінь, кукурудза, квасоля, горох, вика, соняшник, соя, кормові боби, салат, огірки, яблуна, слива, вишня; добре реагують на вапнування кислих ґрунтів помірними нормами вапна; *малочутливі* – овес, жито, просо, гречка, льон, кабачки, гарбузи, помідори, морква, редька, малина, агрус, груша; витримують помірну кислотність і позитивно реагують на вапнування невеликими нормами вапна, негативно реагують на

підвищений вміст кальцію; *стійкі* – люпин, картопля, бруква, щавель, серадела; добре витримують підвищену кислотність, слабо реагують на вапнування.

Чутливість рослин до реакції ґрунтового середовища з їх віком зменшується. За допомогою хімічної меліорації ґрунтів створюють оптимальні умови для розкриття рослинами своїх потенційних можливостей.

Оптимальні для нормального росту і розвитку рослин умови живлення створюються за рахунок водного і повітряного режимів, певного запасу доступних поживних речовин, концентрації ґрунтового розчину, інших чинників, більшість яких визначається агрохімічними властивостями ґрунту. Вплив ґрунту на врожайність культур пов'язаний із запасами в ньому елементів живлення, вологи, реакцією ґрунтового розчину, вмістом органічної речовини, його фізичними і біологічними властивостями. Радикальний спосіб впливу на поживний режим ґрунту та умови живлення рослин – застосування органічних і мінеральних добрив. Добрим фоном для підвищення ефективності органічних і мінеральних добрив є вапнування і гіпсування ґрунтів. Сумісне застосування вапнякових, органічних і мінеральних добрив сприяє підвищенню врожайності культур, родючості ґрунтів, збільшує оплату одиниці добрив.

Поєднанням способів і строків внесення добрив з агротехнічними заходами з урахуванням трансформації поживних речовин у ґрунті, динаміки їх вбирання підвищують ефективність добрив і знижують затрати праці.

На оптимізацію живлення рослин позитивно впливає комплексне застосування засобів хімізації, яке передбачає: доведення рН ґрунтового розчину до оптимального рівня за допомогою хімічної меліорації; забезпечення рослин достатньою кількістю поживних речовин ґрунту; посилення живлення рослин у критичні періоди їх росту з урахуванням агрохімічних властивостей ґрунтів, біологічних особливостей культур, величини врожаю та його якості; знищення бур'янів; зведення до мінімуму негативного впливу хвороб і шкідників за допомогою засобів захисту рослин; позитивне вирішення екологічних проблем і збереження навколишнього природного середовища.

Використання рослин для мобілізації біогенних елементів. У період вегетації рослини засвоюють різні кількості елементів живлення, що

часто призводить до зміни співвідношення і вмісту їх у листках та інших органах і потребує коригування умов живлення.

Надходження хімічних елементів у рослини з ґрунту, гірських порід і атмосфери, синтез органічних речовин і повернення хімічних елементів у ґрунт і атмосферу є основними складовими біологічного колообігу речовин. Велике значення в цьому колообігу мають зелені рослини.

Склад рослин дуже різноманітний і залежить не тільки від їх фази росту і розвитку, а й від умов вирощування. За формування високих урожаїв у культурах посилюється колообіг речовин, що приводить до накопичення їх у рослинних рештках, збагачення якими ґрунту слід враховувати при застосуванні добрив. Винесення елементів живлення з ґрунту значною мірою залежить від їх вмісту в основній і побічній продукції врожаю (табл. 5.1).

Найважливішим чинником регулювання колообігу елементів живлення в сівозміні та землеробстві є застосування добрив на науковій основі з урахуванням конкретних умов, за яких вони матимуть найвищу ефективність. Колообіг елементів живлення в агроecosистемах має певну спрямованість і за допомогою показників балансу може бути оцінений не тільки якісно, а й кількісно. Баланс елементів живлення в агроecosистемах дає змогу визначати їх винесення з ґрунту врожаєм та надходження в ґрунт із різних джерел і тим самим систематично контролювати й цілеспрямовано впливати на підвищення врожайності культур і родючості ґрунтів внесенням добрив, застосуванням хімічних меліорантів та інших засобів.

Біологічні процеси, що відбуваються в ґрунті, значною мірою залежать від діяльності вищих рослин, зокрема їхніх кореневих систем. Утворена рослинами органічна речовина включається в біологічний колообіг і внаслідок цього ґрунт збагачується. В агрофітоценозах, де частина надземної маси рослин відчужується з поля, органічна речовина утворюється в ґрунті в основному за рахунок кореневих систем рослин, що беруть участь у біогенній акумуляції, перенесенні й перерозподілі елементів живлення у ґрунтовому профілі. Чим більше надходить у ґрунт свіжої органічної речовини, тим краще розвиваються мікробіологічні процеси. Чим більша кількість післязбиральних решток і коріння поповнює органічну частину ґрунту, тим вищою буде його біологічна активність.

Маса і якість післязбиральних і кореневих решток впливають на процеси їх перетворення в ґрунті, формування його родючості. Найціннішими є рештки бобових багаторічних трав і зернобобових культур.

Таблиця 5.1 – Винесення з ґрунту елементів живлення урожаєм основних сільськогосподарських культур, кг/т продукції (О.Ф. Смаглій та ін., 2006)

Культура	Продукція								
	Основна			Побічна			Основна з урахуванням побічної		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	20,7	7,4	4,9	5,1	1,6	9,9	28,9	10,0	20,7
Озиме жито	17,4	7,5	5,4	5,6	2,2	11,0	27,8	11,7	26,4
Ячмінь									
озимий	17,0	8,3	4,9	6,0	2,0	13,6	24,7	10,9	22,6
ярий	18,4	7,6	5,3	6,6	2,3	13,9	26,2	10,4	22,0
Овес	18,9	8,3	5,1	5,2	2,8	17,9	27,2	12,7	33,7
Кукурудза									
на зерно	15,3	5,9	4,2	6,9	2,1	14,2	24,1	8,6	22,4
на силос	3,15	1,14	4,23	-	-	-	-	-	-
Просо	19,4	4,9	4,1	9,1	2,0	25,9	33,9	8,1	45,5
Гречка	17,7	5,9	7,1	9,7	4,1	16,4	36,1	13,7	38,3
Горох	33,4	8,4	13,0	10,0	2,3	13,6	44,4	12,5	28,0
Соняшник	23,7	10,4	8,4	8,7	3,1	43,6	42,8	17,2	104,3
Льон	5,4	2,01	10,1	38,9	15,0	11,6	61,6	19,9	63,3
Буряки									
цукрові	2,01	0,76	2,22	3,48	0,86	4,42	4,23	1,29	5,0
столові	3,64	0,76	2,31	-	-	-	-	-	-
кормові	2,12	0,55	3,18	4,63	0,94	4,08	3,69	0,86	4,56
Картопля	3,7	1,1	5,5	3,7	0,9	4,6	5,6	1,6	7,8
Трави (сіно)									
однорічні	20,0	6,0	20,7	-	-	-	-	-	-
багаторічні	23,3	5,3	20,1	-	-	-	-	-	-

Через ширше співвідношення мас надземної і підземної частин – конюшина, люцерна еспарцет та інші багаторічні бобові трави залишають у ґрунті 100-200 ц/га органічної речовини. Крім того, в цих рештках менше співвідношення С:N, тобто вони містять більше азоту в білковій формі, що сприяє перебігу мікробіологічних процесів. Зернобобові культури – горох, соя, квасоля, люпин – формують меншу кількість післязбиральних решток (50 - 150 ц/га).

Їх об'єднує також те, що на коренях усіх бобових культур розвиваються бульбочкові бактерії, які фіксують азот повітря і збагачують цим елементом ґрунт. Роль різних бобових культур у накопиченні азоту неоднакова. Так, однорічні культури – горох, соя, квасоля забезпечують азотом насамперед себе і залишають у ґрунті порівняно невелику його кількість (до 50 кг/га). Багаторічні бобові – конюшина, люцерна, люпин та інші накопичують і залишають у ґрунті значно більші кількості цього елемента (100 - 250 кг/га).

Роль бобових рослин у підвищенні родючості ґрунту не обмежується збагаченням його азотом і органічними рештками. Органічна маса бобових рослин багатша на кальцій і фосфор, які вони засвоюють з глибоких шарів ґрунту і тим самим збагачують верхні його шари.

Післязжнивні рештки бобових культур сприяють утворенню більшої кількості гумінових кислот, які, сполучаючись із кальцієм, магнієм та іншими катіонами ґрунту, закріплюють у гумусі поживні речовини, сприяють формуванню доброї структури та поліпшують фізичні властивості ґрунту.

Коренева система рослин має важливе значення для мобілізації елементів живлення та як джерело цих елементів для наступних культур. Після різних польових культур у ґрунті залишається від 35...45 до 70...100 ц/га і більше корневих і післязжнивних решток. Так, на посівах багаторічних трав у ґрунті щорічно залишається 60-80 ц/га сухої маси коренів. За 3 - 4 роки вирощування люцерна залишає 25...30 т/га органічної маси, в якій міститься 450...500 кг/га азоту, 100...120 фосфору, 350...400 кг/га калію. Кореневі рештки бобових трав (люцерни, конюшини, озимої і ярої вики, буркуну) містять у 2 - 3 рази більше азоту, значно більше фосфору і кальцію, ніж кореневі рештки злакових культур.

З урахуванням здатності бобових рослин, особливо їх кореневої системи, мобілізувати елементи живлення у верхньому шарі ґрунту, ці рослини використовують як зелене добриво, або сидерат, з метою підвищення родючості ґрунтів. Для цього придатні бобові (люпин, буркун, серадела) і небобові рослини (озимий і ярий ріпак, олійна редька, жито, гречка, гірчиця біла, озима свиріпа).

Як зелене добриво рослини використовують такими способами: повним – приорюють усю вирощену зелену масу рослин; укісним – врожай зеленої маси використовують на корм тваринам, а на зелене добриво –

тільки післяукісні рештки; отавним або комбінованим – перший укіс слугує кормом, отаву приорюють як зелене добриво.

Зелене добриво, або сидерати, – надійний засіб підвищення родючості ґрунтів, особливо дерново-підзолистих легкого гранулометричного складу.

Сидеральні культури вирощують окремо в ущільнених або проміжних посівах. Повне, укісне і комбіноване застосування проміжних культур як зеленого добрива – один з основних заходів підвищення продуктивності сівозмін.

Здатність рослин мобілізувати біогенні елементи використовують при виробництві продукції рослинництва на забруднених радіонуклідами територіях. Одним з ефективних заходів зменшення вмісту цезію, стронцію та інших важких металів у продукції є добір культур, одні з яких вбирають незначну кількість радіонуклідів, а інші – засвоюють їх із ґрунту у великих кількостях. Відносно мало важких металів засвоюють зернові культури і багато – бобові (конюшина, люцерна, горох, квасоля та ін.). Тому на забруднених радіонуклідами територіях доцільно вирощувати зернові культури і картоплю, в бульбах якої менше важких металів, оскільки вони акумулюються в картоплинні.

Найнижчими рівнями забруднення зерна радіоцезієм характеризуються кукурудза, тритикале, просо, дещо вищі рівні встановленні для ячменю, пшениці, жита, а рівень забруднення зерна вівса в 6 разів вищий, ніж зерна кукурудзи. Найбільший вміст радіоцезію в зерні гречки: в 11,6 раза вищий, ніж у зерні кукурудзи і в 5 разів – ніж у зерні проса.

Зернобобові культури забруднюються радіонуклідами більше, ніж зернові. Отже, зернові, зернобобові та круп'яні культури, вирощені в однакових умовах, значно різняться за вмістом радіоцезію в урожаї. Це дає змогу шляхом добору культур отримувати менш забруднену продукцію рослинництва для продовольчого використання за різних рівнів радіоактивного забруднення ґрунту.

5.3 Хімічні меліорації: види, значення, основи технології

Хімічна меліорація – це застосування хімічних речовин для поліпшення фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, їх хімічного складу та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Основними способами хімічної меліорації є: вапнування кислих ґрунтів,

гіпсування солонцюватих ґрунтів, кислування лужних ґрунтів, а також внесення мінеральних і органічних добрив.

Вапнування ґрунтів передбачає внесення вапнякових добрив у кислі ґрунти з метою нейтралізації їхньої надмірної кислотності, шкідливої для багатьох сільськогосподарських культур.

Реакція ґрунтового розчину залежить від складу й концентрації розчинених у ньому вільних мінеральних, органічних кислот та їхніх солей.

Ріст і розвиток рослин великою мірою визначається реакцією ґрунтового середовища, швидкістю і спрямованістю хімічних та біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті. Більшість культурних рослин формує високі врожаї лише за нейтральної або близької до нейтральної реакції ґрунтового середовища.

Реакція ґрунтового розчину залежить від співвідношення в ньому іонів водню H^+ та гідроксильних груп OH^- . Якщо концентрація іонів H^+ більша за концентрацію OH^- , ґрунти мають кислу реакцію.

У природних умовах кислотність ґрунту формується за перебігу підзолистого процесу ґрунтоутворення, внаслідок чого ґрунтовий вбирний комплекс насичується іонами водню й алюмінію, а ґрунтові колоїди теж мають виражені кислотні властивості.

Концентрацію іонів водню в ґрунтовому розчині, а звідси і кислотність ґрунту, умовно виражають показником рН – від’ємним логарифмом концентрації водневих іонів. За $pH < 6$ реакція ґрунту кисла, за $pH 7$ – нейтральна, а за $pH 8$ і більше – лужна.

Розрізняють три види ґрунтової кислотності: актуальну, обмінну і гідролітичну. З кислотністю пов’язані численні негативні властивості ґрунтів, їх низька родючість. Кислі ґрунти бідні на кальцій, фосфор, інші елементи живлення, а також гумус. Все це створює несприятливі умови для розвитку рослин. Крім того, за підвищеної кислотності ґрунту гальмується надходження азоту, фосфору, калію та інших поживних речовин у кореневу систему, порушується вуглеводний і білковий обмін речовин у рослинах, знижуються вміст хлорофілу та активність ферментів, уповільнюється процес фотосинтезу, внаслідок чого порушується процес запилення і розвитку генеративних органів, погіршуються умови наливання плодів (зерна, насіння), знижується продуктивність рослин.

Більшість культурних рослин для нормального розвитку потребує слабкокислої ($pH 6,0 - 6,5$) або нейтральної (pH близько 7) реакції ґрунтового розчину, коли створюються сприятливі умови для живлення

рослин: наявність поживних речовин у доступних для рослин формах, достатня нітрифікаційна активність, задовільні умови для існування корисних ґрунтових мікроорганізмів, відсутність токсичних рухомих елементів – алюмінію та мангану, які в кислих ґрунтах утворюють важкорозчинні сполуки.

Серед показників фізико-хімічних властивостей ґрунту найбільше значення мають обмінно-вбирні катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} і H^{+} , з якими пов'язані поняття актуальної і гідролітичної кислотності, суми ввібраних основ, ступеня насичення ґрунтів основами. За цими та іншими показниками вибирають шляхи хімічної меліорації кислих чи засолених ґрунтів.

За сучасного рівня застосування мінеральних добрив, особливо в інтенсивному землеробстві, проблема хімічної меліорації полів – вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів – особливо актуальна. Нині в господарствах України різко скоротилося застосування хімічних меліорантів. У багатьох регіонах підкислення ґрунтів стало критичним. Темпи щорічного збільшення площ з підвищеною кислотністю досягають 0,4...0,5 %. Нині в Україні близько 9 млн га ґрунтів з підвищеною кислотністю ($\text{pH} < 6$), в тому числі до 8,5 млн га орних земель.

Основні площі кислих ґрунтів знаходяться на Поліссі та в Лісостепу. Найбільшу кислотність мають верхові торфовища й дерново-підзолисті ґрунти Полісся, дещо меншу – сірі і темно-сірі лісові ґрунти. Низька кислотність ґрунтового розчину характерна для опідзолених і вилужених чорноземів. У комплексі агрохімічних заходів, спрямованих на підвищення родючості кислих ґрунтів, основна роль відведена вапнуванню, що забезпечує глибоку, тривалу і різнобічну дію вапна на ґрунт і рослину.

Екологічний ефект вапнування. Після внесення вапна знижується кислотність ґрунту, підвищується насиченість його основами, що створює оптимальні умови для росту і розвитку рослин, формування високого врожаю. Крім того, вапнування позитивно впливає на агрохімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості кислих ґрунтів, на них рослини формують краще розвинену кореневу систему, здатну засвоювати з ґрунту більше поживних речовин. Внаслідок вапнування активується процес розкладання клітковини рослинних решток у ґрунті, збільшується кількість нітрифікаторів та бактерій, які розкладають трифосфат кальцію й орґанофосфати, зменшується кількість бактерій, які утворюють отруйні для рослин і корисних мікроорганізмів речовини, інтенсифікуються біохімічні

процеси – в 1,5 - 2 рази підвищується виділення вуглекислого газу та активність ферментів у ґрунті.

Однак слід пам'ятати, що вапно, внесенне в надмірній кількості, може пригнічувати ріст рослин і знижувати їх урожайність. Це пояснюють тим, що кисла реакція ґрунту на декілька років може змінитись на лужну, яка для багатьох культур не менш шкідлива, ніж кисла.

Надмірно високі дози вапна порушують живлення рослин мікроелементами: бором, манганом, цинком та ін. Найчастіше рослини потерпають від нестачі бору, що зовні виявляється такими ознаками: у цукрових і кормових буряків загниває центральна частина коренеплоду, у льону відмирає верхівка стебла, картопля уражується першою, зернобобові не утворюють насіння і т.д.

Все це засвідчує, що не слід вапнувати ґрунти без попередніх аналізів і розрахунку норм вапна залежно від ступеня кислотності, врахування особливостей культур сівозміни і гранулометричного складу ґрунту.

5.3.1 Інтенсифікація землеробства на кислих ґрунтах

Вапнування є важливою умовою інтенсифікації землеробства на кислих ґрунтах, підвищує їх родючість та ефективність мінеральних добрив, особливо азотних: ефективність застосування добрив на кислих ґрунтах на 30 – 40 % нижча, ніж на тих самих ґрунтах після вапнування.

Зі збільшенням норм внесення мінеральних добрив значення вапнування ґрунтів зростає. Зниження кислотності ґрунтів після вапнування дає змогу рослинам використовувати елементи живлення з добрив, тому вапнування кислих ґрунтів має передувати внесенню добрив.

Строки, способи та місце внесення вапна в сівозміні взаємозв'язані і залежать від норми вапнякового матеріалу, його форми та якості, реакції культур на вапнування.

У сівозмінах Полісся рекомендовані норми вапнякових матеріалів доцільно вносити під покривну культуру багаторічних трав, картоплю, льон і люпин. Під картоплю вапно можна вносити восени або навесні. Під льон і люпин, якщо застосовують повну норму вапна, його вносять восени, а половину норми можна вносити навесні. У разі вапнування поля під картоплю, льон і люпин велике значення має форма вапнякового матеріалу. Найкраще вносити повільнодіючі матеріали (мелене вапно, доломітове

борошно) і збільшувати при цьому в 1,5 - 2 рази норми калійних та борвмісних добрив.

Ґрунти потребують вапнування у 12 областях України. Його слід проводити з регулярною періодичністю через 5 – 7 років повною нормою, розрахованою за гідролітичною кислотністю. Для цього щорічно треба вносити 6,0 – 6,5 т/га меліорантів.

Повна норма вапна, що відповідає значенню гідролітичної кислотності, в сівозміні діє протягом 7 - 8 і більше років. Ця норма забезпечує слабкокислоу реакцію ґрунту, оптимальну для більшості культур. Згодом ґрунт починає підкислюватись і його реакція поступово наближається до початкового рівня, що потребує повторного, або підтримувального, вапнування, що зумовлюються переважно втратами кальцію внаслідок винесення його урожаєм і вимивання у глибші шари ґрунту.

Реакція рослин на наявність у ґрунті кальцію протилежна їх реакції на рН середовища. Рослини, які страждають від підвищеної кислотності, краще ростуть і розвиваються на ґрунтах, збагачених на кальцій, і навпаки.

Втрати кальцію з ґрунту можуть значно коливатись і залежать від багатьох чинників: кількості опадів, ступеня просочування вологи, гранулометричного складу ґрунту та його кислотності, норм вапна, складу та норм добрив, що вносяться, набору культур у сівозміні та їх урожайності тощо. Середньорічні втрати кальцію з орного шару ґрунту внаслідок його вимивання коливаються від 50 до 250 кг/га у перерахунку на СаО. Більші втрати спостерігаються на дерново-підзолистих ґрунтах і менші – на опідзолених і вилужених чорноземах.

Дослідження підтверджують, що втрати кальцію з ґрунту перевищують його надходження. Дефіцит балансу кальцію в ґрунті здебільшого усувають вапнуванням, оскільки з органічними та мінеральними добривами, які містять кальцій, надходить недостатня кількість основ для нейтралізації природного підкислення ґрунту. Органічні добрива можуть виконувати цю функцію лише за щорічного їх внесення 25...30 т/га. Незначна кількість кальцію надходить у ґрунт з атмосферними опадами – 15...25 кг/га за рік. Отже, під час вапнування треба створювати позитивний баланс кальцію в ґрунті, оскільки лише в цьому разі площа кислих ґрунтів зменшується, а за негативного – збільшується, незважаючи на щорічне проведення вапнування. Негативний баланс кальцію призводить

до таких негативних наслідків: постійно зростають площі з підвищеною кислотністю ґрунту; знижується ефективність мінеральних добрив і не використані рослинами нітрати потрапляють у ґрунтові води; зменшується захисна здатність протистояння рослин до надходження в них важких металів і решток пестицидів; зростає рухливість гумусових сполук ґрунту.

Для підтримання оптимальної реакції ґрунтового розчину та позитивного балансу обмінних основ кальцію і магнію в ґрунті як доповнення до системи удобрення щорічно треба вносити невеликі дози вапна під кожен культуру, яка потребує нейтральної реакції ґрунту, причому вапно доцільно вносити під культивування, а його дозу розраховувати за нормативами витрат CaCO_3 на нейтралізацію одиниці кислотності (0,1 рН_{KCl}).

Вапнування кислих ґрунтів – це захід тривалої дії, тому неякісне його проведення негативно позначається на родючості ґрунтів протягом багатьох років. У зв'язку з цим слід суворо дотримуватися рекомендованих норм, строків, способів, глибини загортання, рівномірності внесення та черговості використання вапна на полях сівозміни. Потребу у вапнуванні кислих ґрунтів визначають за гідролітичною кислотністю, рН сольової витяжки з урахуванням гранулометричного складу та вмісту гумусу, ступенем насичення ґрунту основами з урахуванням набору сільськогосподарських культур у сівозміні.

Норми вапна встановлюють за: гідролітичною кислотністю; для цього вміст водню, виражений у міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту, множать на коефіцієнт 1,5, оскільки 1 мг-екв H^+ / 100 г ґрунту відповідає 1,5 т/га CaCO_3 ; цей метод найточніший; значенням рН сольової витяжки з урахуванням гранулометричного складу ґрунту; нормативами витрат вапна для зміщення значення рН на 0,1.

За даними Г.А. Мазура, 1 т вапна (CaCO_3) збільшує рН піщаних ґрунтів на 0,66, супіщаних – на 0,27, легкосуглинкових – на 0,18.

Для підвищення рН ґрунту на 0,1 потрібні такі дози вапна, т/га: для піщаних ґрунтів – 0,12...0,16; для супіщаних – 0,35...0,40; для суглинкових – 0,50...0,60.

В усіх зонах поширення кислих ґрунтів незалежно від вирощуваних культур дозу вапна визначають за гідролітичною кислотністю ґрунту.

Останнім часом для розрахунку норм вапна часто вдаються до нормативного методу (табл. 5.2).

За цим методом дозу CaCO_3 розраховують за формулою

$$D = \Delta pHx, \quad (5.1)$$

де D – доза CaCO_3 , т/га; ΔpH – різниця між оптимальним і фактичним значеннями pH_{KCl} ; x – норматив витрат CaCO_3 , т/га, для зміщення pH на 0,1.

Таблиця 5.2 – Нормативи оптимальних значень pH KCl різних типів ґрунтів на витрати CaCO_3 для зміни pH на 0,1 (Смаглій та ін., 2006)

Тип ґрунту	Значення pH_{KCl}		$\Delta \text{pH}_{\text{KCl}}$	Норматив витрат CaCO_3 для зміни pH на 0,1 т/га	Витрати CaCO_3 ΔpH , т/га
	вихідне	оптимальне			
Дерново-підзолистий	<4,5	5,5	1,2	0,35	4,2
	4,6...5,0	5,5	0,7	0,47	3,29
	5,1...5,5	5,5	0,2	0,90	1,80
Сірий опідзолений	<4,5	5,9	1,6	0,86	10,8
	4,6...5,0	5,9	1,1	0,79	8,69
	5,1...5,5	5,9	0,6	0,86	5,16

Примітка. На ґрунтах з pH_{KCl} 5,6 – 6,0 норма вапна на нейтралізацію кислотності мінеральних добрив становить 3 т/га CaCO_3 .

Повторне або підтримувальне вапнування доцільно проводити в разі зниження pH на 0,5 одиниці відносно оптимального значення pH для даної сівозміни, оскільки воно дає високий позитивний ефект, посилюючи дію мінеральних добрив. Строки повторного вапнування залежать від норми та якості вапнякових матеріалів, кількості опадів, форм і норм добрив, набору культур у сівозміні (табл. 5.3).

Середня періодичність вапнування ґрунтів у різних регіонах України неоднакова: на Поліссі – 6 - 7 років, у Лісостепу – 6 - 9, Карпатах і Закарпатті – 4 - 6 років.

Вапнування проводять практично протягом усього року. В теплий період вапнують перезволожені ґрунти і ґрунти на горбистих ділянках полів, навесні та восени– добре дреновані ґрунти, влітку – вільні від посівів поля. Вапно можна вносити взимку на рівні поля, на яких висота снігового покриву не перевищує 30 см. При цьому вологість вапнякових добрив має

бути не вищою за 7 %, а швидкість вітру – не більш як 5 м/с. Вапно вносять під культури, які добре реагують на вапнування, або під їх попередники, а половинні норми також під льон і люпин. Його не можна вносити взимку на посівах озимих культур і багаторічних трав.

Таблиця 5.3 – Показники кислотності дерново-підзолистих і сірих опідзолених ґрунтів (pH_{KCl}), за яких доцільно проводити повторне вапнування (Смаглій та ін., 2006)

Гранулометричний склад ґрунту	Тип сівозміни			
	Польова з великими площами льону	Польова з багаторічним и травами та великими площами льону, картоплі, люцерни	Польова з цукровими буряками та люцерною	Кормова та овочево-кормова
Піщаний і супіщаний	4,8	5,0	5,3	5,2
Легко- та середньосуглинковий	5,0	5,2	5,6	5,4
Важкосуглинковий та глинистий	5,2	5,4	5,8	5,6
Торфовий	4,4	4,6	5,2	5,0

5.3.2 Хімічні меліорації на лужних ґрунтах

До *хімічної меліорації належить і гіпсування лужних ґрунтів* – солончаків, солонців та ґрунтів із різним ступенем солончакуватості і солонцюватості. Засолені ґрунти поширені в Степовій та Лісостеповій зонах України, де займають площу близько 2,2 млн га орних земель. Концентрація легкорозчинних солей у них досягає 0,1 – 0,3 %.

Солонці й солонцюваті ґрунти як правило розміщуються в комплексі з іншими ґрунтами, займають від 4 до 80 % площі. Мають негативні водно-фізичні та агрономічні властивості, що пояснюється підвищеним вмістом у них колоїдів та значною кількістю увібраних катіонів натрію і магнію. Вони характеризуються підвищеною лужністю (pH 7,5...9,5), високою в'язкістю, липкістю, поганими водопроникністю і набуханням у вологому стані, сильним ущільненням, розтріскуванням і безструктурністю у сухому стані.

На таких ґрунтах рослини страждають від нестачі вологи в посушливі періоди та від нестачі повітря – у вологі.

За глибиною залягання сольового горизонту засолені ґрунти поділяють на: солончакові (солі в шарі 0-30 см); солончакуваті (30-80 см); глибоко солончакуваті (80-150 см); глибоко засолені (глибше 150 см).

За вмістом увібраного натрію їх поділяють на:

несолонцюваті	< 5 % ємності вбирання
слабкосолонцюваті	10 – 20 %
солонці	> 20 % (залягають окремими плямами)

За складом солей солонці поділяють на содові, содово-сульфатні, сульфатно-содові, хлоридно-содові, содово-хлоридно-сульфатні (Лісостеп), хлоридні, сульфатні, хлоридно-сульфатні (Степ).

Гіпсування ґрунтів проводять за вмісту увібраного натрію понад 5 % ємності катіонного обміну. Витісняють увібраний натрій та нейтралізують ґрунт внесенням гіпсу, фосфогіпсу, сульфату заліза, сульфату алюмінію, хлориду або нітрату кальцію, дефекату, неорганічних кислот (сірчаної, соляної, азотної), кислих органічних відходів промисловості (лігнін) тощо. Найчастіше для меліорації солонців і засолених ґрунтів використовують гіпс і фосфогіпс. Норму гіпсу визначають за формулою

$$H = 0,086(Na - 0,1E)hd \quad (5.2)$$

де H – норма гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), т/га; Na – вміст увібраного натрію, мг-екв/100 г ґрунту; E – ємність вбирання, мг-екв/100 г ґрунту; h – глибина меліоративного шару ґрунту, см; d – щільність ґрунту, г/см³.

Ефективність гіпсування залежить від ступеня зволоження ґрунтів, реакції ґрунтового розчину, глибини залягання ґрунтових вод, способів внесення гіпсу тощо. Меліоранти краще вносити по паровому полю під просапні культури (кукурудзу, цукрові буряки) та багаторічні бобові трави. На солонцюватих ґрунтах повну їх норму вносять під оранку. На мілкостовпчастих солонцях половину норми меліоранту вносять під оранку, а решту – під культивуацію, на глибокостовпчастих солонцях – 0,75 норми під оранку і 0,25 норми – під культивуацію.

Ефективне поліпшення солонцюватих ґрунтів і солонців можливе в разі комплексного застосування агротехнічних, меліоративних, агрохімічних і біологічних заходів, які мають охоплювати: внесення меліорантів; обробіток ґрунту чизельними розпушувачами на глибину 35–45 см або плантажну оранку на глибину 55 – 60 см; вирівнювання

поверхні поля; регулювання поверхневого стоку, влаштування дренажу й промивного водного режиму за рахунок зрошення і снігозатримання; внесення органічних, зелених і мінеральних добрив; створення після меліорації сприятливого агробіологічного фону висіванням солестійких рослин (у перші роки – буркуну, суданської трави, люцерни, а в міру окультурення – ячменю, озимої пшениці, сорго, цукрових буряків).

5.4 Захист ґрунту від ерозії – метод збереження його енергопотенціалу

Ерозія ґрунтів – це руйнування їх під впливом природних і антропогенних чинників. Основними чинниками є вода, вітер, механічна дія ґрунтообробних знарядь, забруднення середовища, витокуванню тощо. Внаслідок ерозії ґрунтів втрачається значна частина родючих земель, катастрофічно знижується загальний рівень родючості орних земель.

Залежно від чинників руйнування ґрунтів розрізняють водну, вітрову, агротехнологічну, антропогенну, пасовищну ерозію та ін. Водна ерозія поширена повсюдно, але найбільше – в районах з пересіченою місцевістю. Розрізняють *площинну* (або поверхневу) та *лінійну* (яружну) водну ерозію. За площинної ерозії змиваються верхні шари ґрунту, за лінійної ґрунт розмивається з утворенням вимоїн і ярів. Площинна ерозія супроводжується руйнуванням і змиванням поверхневого шару ґрунту рівномірно по всій площі, при цьому втрачається найродючіший шар ґрунту. Розрізняють також *іригаційну* водну ерозію, яка виявляється у змиві ґрунту під час зрошення.

Розвиток водної ерозії залежить від рельєфу місцевості. Руйнування ґрунтів водою починається за кута нахилу території 1 - 2°.

За ступенем еродованості ґрунти поділяють на слабо-, середньо-, сильно- і дуже змиті. У слабозмитих ґрунтах зруйнована не більш як половина гумусового горизонту, трапляється на слабопологих схилах серед незмитих ґрунтів. У середньозмитих ґрунтах гумусовий горизонт зруйнований на 2/3, знаходяться вони на пологих і стрімких схилах. У сильнозмитих ґрунтах повністю зруйнований гумусовий горизонт і частково – перехідний, залягають вони на стрімких і опуклих схилах. У дуже змитих ґрунтах повністю зруйновані як гумусовий, так і перехідний горизонти.

Водна ерозія виявляється в усіх зонах країни на схилах понад $0,5^\circ$. У середньому з одного гектара схилових земель змивається до 15 т родючого шару ґрунту, а у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та Харківській областях – 23...27 т. Внаслідок цього втрачається 500 кг/га гумусу, 500 - 700 кг/га елементів живлення, що в 2-3 рази більше, ніж їх вносять із добривами. На посівах просапних культур, розміщених на схилах понад 3° , змив ґрунту зростає до 30...50 т/га за допустимого рівня 4...6 т/га.

Руйнування поверхні ґрунту під дією сильних вітрів називають вітровою ерозією (дефляцією). Вона виявляється у вигляді пилових (чорних) бур і місцевої (повсякденної) вітрової ерозії. Розпочинається за швидкості вітру 3...4 м/с на супіщаних, 4...6 м/с – на легкосуглинкових, 5...7 м/с – на важкосуглинкових і 7...9 м/с – на глинистих ґрунтах. Вітрова ерозія поширена у степових посушливих районах. Вітер зносить з полів верхній шар ґрунту (пилові бурі), видуває рослини або засипає посіви, зрошувальні системи ґрунтом і піском. Пилові бурі охоплюють великі території й повторюються періодично. Дрібні часточки ґрунту (менші за 0,25 мм) можуть переноситись на десятки, сотні, тисячі кілометрів від місця видування. За даними М.Й. Долгілевича, у Степовій зоні України в середньому за рік видувається 21,5 млн т дрібнозему, з яким виноситься 39,5 тис. т фосфору.

Великої шкоди завдає місцева вітрова ерозія, яка виявляється у вигляді верхової і поземки: часточки ґрунту переносяться вітром на невеликі відстані або перекочуються по його поверхні, пошкоджуючи сходи сільськогосподарських культур.

Кількісно процеси ерозії оцінюють за інтенсивністю втрат ґрунту, тобто в тонах на гектар за рік або в міліметрах за рік. У цих одиницях вимірюють і швидкість процесів ґрунтоутворення. Порівнявши інтенсивність втрат ґрунту зі швидкістю ґрунтоутворення, можна оцінити ступінь небезпеки ерозії.

Ерозійні процеси за характером поділяють на нормальні і прискорені. *Нормальна (геологічна) ерозія* відбувається під природною рослинністю, не зміненою діями людини (цілинні степи, ліси, луки, пасовища та ін.). За своєю природою вона дуже повільна і, як правило, не призводить до утворення еродованих ґрунтів, тому що втрати ґрунту протягом року повністю компенсуються його утворенням. *Прискорена (антропогенна) ерозія* розвивається там, де внаслідок господарської діяльності людини

природну рослинність знищено, а територія використовується без урахування її природних властивостей. У цьому разі втрати ґрунту набагато вищі за його утворення, що призводить до різкого зниження родючості. Такій ерозії легше і дешевше запобігти, ніж боротися з її наслідками.

Площа ерозійно небезпечних ґрунтів в Україні досягла 17,0 млн га, у тім числі 5,0 млн га орних земель зруйновано вітром. Ерозія прогресує зі швидкістю 100 – 120 тис. га за рік.

За останні десятиліття дефляція ґрунтів охопила й територію Полісся, вона руйнує осушені торфовища і мінералізовані переосушені землі, а також переміщує піски на пасмових формах рельєфу, навіть вкритих лісовою рослинністю. Втрати дрібнозему на Поліссі, за даними М.Й. Долгілевича, становлять 2 – 5 т/га за рік.

Останнім часом допустиму норму ерозії запропоновано встановлювати за швидкістю гумусоутворення у верхньому шарі ґрунту і за потребою органічного матеріалу для цього. *Норма ерозії* – це та гранична інтенсивність ерозії, яка компенсується ґрунтоутворенням, точніше, за визначенням М.М. Заславського, гумусонакопиченням.

Для різних типів ґрунтів встановлено такі норми ерозії (за М.К. Шиколою та ін.), т/га: дерново-підзолисті – 1; світло-сірі та сірі ґрунти – 2; темно-сірі – 3; чорноземи вилужені – 5; чорноземи глибокі – 6; чорноземи звичайні – 4; чорноземи південні та каштанові ґрунти – 3.

Допустимі втрати ґрунту не повинні перевищувати 0,2...0,5 т/га за рік. Річні втрати ґрунту класифікують за такою шкалою, т/га: незначні – до 0,5; слабкі – 0,5...1,0; середні – 1,0...1,5; сильні – 5...10; дуже сильні – > 10.

Захист ґрунтів від ерозії передбачає здійснення профілактичних заходів для запобігання її розвитку та вжиття конкретних заходів щодо ліквідації ерозії там, де вона вже розвинулась. Комплекс заходів щодо захисту ґрунтів від водної ерозії охоплює агротехнічні, лукомеліоративні, лісомеліоративні, гідротехнічні та організаційно-господарські.

5.4.1 Агротехнічні заходи щодо запобігання процесам ерозії ґрунтів

Для запобігання процесам ерозії велике значення мають такі основні **агротехнічні заходи**: різноглибинний безполицевий обробіток ґрунту упоперек схилів з мульчуванням його стернею; безполицеве лушення та культивування із залишанням стерні на поверхні поля; щільювання ґрунтів на

глибину 50 -60 см упоперек схилів через кожні 5 -7 м; терасування стрімких схилів, нарізування валів упоперек схилів, борознування та ямкування зябу; впровадження ґрунтозахисних сівозмін; внесення органічних і мінеральних добрив, у тім числі нетоварної частини врожаю – стебел кукурудзи, соняшнику, гички, сидератів, соломи; снігозатримання та регулювання сніготанення; залуження ерозійно небезпечних ділянок багаторічними травами; зміна структури посівних площ.

До лукомеліоративних протиерозійних заходів належить: докорінне поліпшення пасовищ знищенням природних малопродуктивних трав, посівом і вирощуванням культурних трав; докорінна меліорація пасовищ, у тім числі із засоленими та солонцюватими ґрунтами; поверхнєве поліпшення пасовищ; щілювання пасовищ і висівання трав; догляд за пасовищами; періодичне відновлення травостою пасовищ; загальне планування (вирівнювання) поверхні пасовищ і засипання вимоїн; виположування ярів у разі розчленування пасовищ ярами завглибшки до 10 м.

З лісомеліоративних протиерозійних заходів найважливішими є: полезахисні лісосмуги упоперек схилів для затримання поверхневого стоку, а також вітрозахисні лісосмуги, які влаштовують на межах полів сівозміни; насадження навколо ставів і водойм; суцільне або плямисте залісення еродованих чи ерозійно небезпечних земель (пісків, виходів гірських порід на поверхню та інші ділянки землі, які непридатні для сільськогосподарського використання).

Гідротехнічні протиерозійні заходи доцільно застосовувати тільки тоді, коли інші неспроможні запобігти ерозії. До них належать спеціальні споруди для регулювання стоку: водозатримні вали – влаштовують на відстані, не ближче від трьох глибин яру від його вершини; вали-тераси – споруджують на ріллі для повного затримання стоку; вали-лимани та вали-шляхи – водозатримні гідротехнічні споруди на межі полів сівозміни; донні та вершинні водоскидні споруди (загати, лотки-швидкотоки, східчасті перепади, консолі та ін.).

5.4.2 Ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства. Поняття, основні ланки

Диференційоване використання орних земель, контурно-смугова організація території. У боротьбі з ерозією як дуже негативним

агроекологічним чинником велике значення має **грунтозахисна система землеробства** - комплекс природоохоронних заходів, які треба розробляти для кожного регіону й господарства. Основними її ланками є: контурно-меліоративна організація території з напрямними лініями обробітку ґрунту та системи сівозмін, ґрунтозахисного обробітку ґрунту, удобрення культур, захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, машин і знарядь, насінництва.

Системи обробітку ґрунту, удобрення та захисту рослин у комплексі забезпечують ґрунтозахисні технології вирощування культур, які розробляють для кожної зони чи регіону. Всі ґрунтозахисні технології разом з протиерозійною організацією території, гідро-, лісо-та лукомеліоративними заходами формують загальну або регіональну ґрунтозахисну систему землеробства.

Освоєння ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території забезпечує захист ґрунтів від ерозії та інших чинників деградації ґрунтового покриву, розширене відтворення родючості, формування екологічно стійких агроландшафтів, підвищення врожайності вирощуваних культур і валового збору сільськогосподарської продукції.

Еколого-технологічна група орних земель – це землі, виділені й об'єднані в окремі групи з урахуванням стрімкості схилу, еродованості, інтенсивності використання при контурно-меліоративній організації території. З метою формування в господарствах ерозійно стійких агроландшафтів орні землі за стрімкістю схилів поділяють на три еколого-технологічні групи.

Перша група – рівнинні землі, а також схили до 3°. Сюди належать усі орні землі, технологічно придатні для вирощування просапних культур в інтенсивних польових сівозмінах. Площа під багаторічними травами на цих землях мінімальна або їх не вирощують зовсім. На контурних полях цієї групи застосовують ґрунтозахисну агротехніку – плоскорізний, чизельний та інший обробіток ґрунту за напрямком горизонталей. Для відтворення родючості ґрунту збільшують норми внесення органічних і мінеральних добрив.

Друга група – оброблювані землі на схилах від 3 до 7°. Тут застосовують інтенсивні зернотравні сівозміни без просапних культур. Крім багаторічних трав у сівозмінах вирощують культури, які мають високу ґрунтозахисну ефективність (озимі та ярі зернові, однорічні трави). На

землях цієї групи застосовують ґрунтозахисний обробіток у поєднанні з мульчуванням ґрунту соломною та іншими післяжнивними рештками.

Третя група – орні землі на схилах понад 7°, на яких важко проводити навіть найпростіші технологічні операції. Їх засівають багаторічними травами і вилучають із ріллі. Такі землі перетворюються на штучні сіножаті з сіяних багаторічних трав.

У процесі землевпорядкування здійснюється перехід від прямолінійної до контурної організації території з розміщенням сівозмін, полів і робочих ділянок, шляхів, полезахисних лісосмуг та інших елементів з максимальним наближенням до напрямку горизонталей або з допустимим відхиленням від них.

Агролісомеліорація – це система лісонасаджень, яка забезпечує поліпшення ґрунтових і кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Ліс, як і трави, є одним із найпотужніших механізмів природи для запобігання водній та вітровій ерозіям ґрунтів.

Всередині лісонасаджень формується лісова підстилка, ґрунт стає менш щільним, значно зростає його водопроникність.

У поліпшенні природних умов для сільськогосподарського виробництва та запобігання негативним наслідкам його інтенсифікації (ерозія ґрунтів, забруднення та замулення водних об'єктів тощо) важливого значення набувають ефективне використання і відтворення лісових насаджень – *захисне лісорозведення*. Сучасне сільськогосподарське виробництво зобов'язане передбачати не тільки використання природних умов і ресурсів, а й їх охорону, відновлення й перетворення.

На основі глибокого вивчення змін природних умов степів В.В. Докучаєв розробив систему заходів проти посухи, суховіїв та ерозії ґрунту, в якій провідне місце відведено лісорозведенню. Ця система передбачає: регулювання річок і закріплення ярів; будівництво протиерозійних ставів; зрошення; встановлення певного співвідношення площ ріллі, луків і лісу залежно від місцевих умов; використання більш пристосованих до степових умов сортів сільськогосподарських культур; застосування найдосконаліших прийомів обробітку ґрунту.

Агролісомеліоративні насадження й природні ліси в комплексі із сільськогосподарськими угіддями утворюють *лісо-аграрні ландшафти*, в яких створюються сприятливі умови для підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та охорони навколишнього середовища.

Лісові насадження як один із важливих компонентів природних комплексів сприяють інтенсифікації процесу ґрунтоутворення, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, впливають на формування мікроклімату, баланс тепла і вологи, ослаблюють водну й вітрову ерозії, запобігають обмілінню, забрудненню та замуленню річок і водойм.

В зв'язку з тим що лісові насадження виконують різноманітні меліоративні функції протягом тривалого часу, вони є основною постійно діючою складовою частиною захисних інженерно-біологічних комплексів, що є системою запроваджуваних у межах водозбору організаційно-господарських, технологічних, агротехнічних, луко-лісомеліоративних, гідротехнічних та інших заходів, спрямованих на формування сприятливого мікроклімату, зменшення інтенсивності ерозійних процесів, підвищення родючості ґрунтів, запобігання негативним наслідкам сільськогосподарського виробництва.

Агролісомеліоративні насадження на місцевості мають бути єдиною біологічною меліоративною системою і займати територію окремих водозборів.

Групи захисних лісових насаджень на сільськогосподарських землях. *Полезахисне лісорозведення* є найважливішою складовою частиною агролісомеліорації, яка передбачає поліпшення ґрунтово-кліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур і захист ґрунтів від ерозії за допомогою створення полезахисних лісових смуг.

Лісові насадження зменшують швидкість вітру, затримують на полях сніг, сприяють підвищенню вологості ґрунту і повітря, поліпшують гідрологічний режим місцевості, знижують випаровування вологи з ґрунту, захищають його та сходи сільськогосподарських культур від видування.

Функціональна ефективність лісових насаджень забезпечується відповідним добором дерев і чагарників, застосуванням найдоцільніших схем розміщення в посадках і спеціального догляду, а також збереженням захисної дії для своєчасного відтворення посадок у певних місцях.

До захисних насаджень належать полезахисні та водорегулювальні лісосмуги, насадження навколо ставів та водойм, прибалкові та на незручних землях.

Полезахисні лісосмуги – це група захисних лісових насаджень, призначених для запобігання вітровій ерозії, поліпшення водного режиму ґрунту, захисту культурних рослин від посухи та шкідливого впливу суховіїв, збереження агроценозів тощо. Їх насаджують по межах полів та

сівозмін і орієнтують упоперек напрямку вітрів, які спричиняють пилові бурі чи повітряну посуху. Вони поліпшують мікроклімат поля, сприяють затриманню снігу й підвищенню врожаїв сільськогосподарських культур.

Водорегулювальні лісосмуги висаджують на межі полів сівозмін і орієнтують довгим боком точно упоперек схилу. Вони перехоплюють поверхневий стік і переводять його у внутрішньогрунтовий, а також поліпшують мікроклімат міжсмугового простору. Водорегулювальні лісосмуги застосовують на водозбірних схилах як основні, додаткові і допоміжні насадження.

Насадження на незручних землях влаштовують на ділянках, непридатних для сільськогосподарського використання. Вони мають бути залісеними, оскільки ліс – це легені планети. Чим більше лісів, тим здоровіше, чистіше і більш насичене киснем повітря.

За однакових географічних, метеорологічних та інших умов ефективність впливу лісових насаджень залежить від їхньої конституції, під якою розуміють їх будову в поздовжньому профілі.

Полезахисні смуги характеризуються ажурністю, або відношенням площі просвітів у поздовжньому профілі лісових смуг до загальної площі цього профілю. Ажурність визначають, коли дерева повністю вкриті листям. За ступенем ажурності та характером розміщення просвітів розрізняють такі основні види конструкцій: *щільна* – лісосмуги у поздовжньому профілі не мають наскрізних просвітів або їх кількість за рівномірного розміщення не перевищує 10 % загальної площі профілю; як правило, це багаторядні лісові смуги складної будови з густокронних деревних порід і густого високорослого підліску, які мають суцільні чагарникові або порістеві узлісся, що зникаються з нижньою частиною крон дерев; крізь такі смуги вітер майже не проникає, а на завітряних узліссях зберігається повний затишок; *ажурна* – лісові смуги, в яких у поздовжньому профілі рівномірно розміщені наскрізні просвіти загальною площею 15 - 45 % усієї його площі. Це порівняно вузькі (не більш як 7 рядів) лісосмуги, що складаються з рідкокронних або рідко розміщених дерев з негустим підліском чи без нього, але з низько опущеними до землі кронами у дерев крайніх рядів; вони рівномірно продуваються вітром, основна частина повітряного потоку проходить крізь них без зміни напрямку, але швидкість його зменшується, на завітряному узліссі швидкість вітру зменшується різко; *продувна* – лісосмуги, в яких у середній та верхній частинах поздовжнього профілю немає наскрізних просвітів або їх кількість не перевищує 10 % усієї площі

цієї частини профілю, а в нижній приземній – просвіт суцільний, що створює ажурність понад 60 %; в основному це вузькі смуги (до 7 рядів) з густокронних порід без чагарників або з низьким чагарниковим підліском, який не досягає нижньої частини крон дерев; повітряний потік, що підходить до смуги, розділяється на дві частини: верхня проходить крізь насадження, а нижня з підвищеною швидкістю проникає крізь просвіт під кронами дерев, при цьому в лісосмузі та на її узліссі, в тому числі й на завітрянному, швидкість вітру буває навіть більшою, ніж у відкритому полі.

В агрономічному та меліоративному плані найефективнішими є лісосмуги продувної конструкції, найменш ефективними – лісосмуги щільної конструкції, ажурні – займають проміжне місце.

Ефективна дія полезахисних лісосмуг спостерігається на відстані до 30 висот деревних насаджень.

В умовах хвилястого рельєфу з поширеними процесами водної ерозії поздовжні смуги з метою водорегулювання розміщують упоперек схилів 2° і більше на суглинкових та 3 - 4° і більше – на супіщаних ґрунтах. Поздовжні смуги висаджують на межах полів сівозміни, в середині їх з урахуванням рельєфу місцевості та загальної організації території господарства. Допускається відхилення цих смуг до 30 - 45° від перпендикулярного напрямку до найбільш шкідливих вітрів. Рекомендовані відстані між полезахисними лісосмугами для різних ґрунтово-кліматичних зон наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4– Рекомендовані відстані між полезахисними лісосмугами (Смаглій та ін., 2006)

Зона	Рівні місця та схили до 2-3°		Схили крутістю від 3 до 8°	
	Відстань між смугами			
	поздовжніми	поперечними	поздовжніми	поперечними
Суглинкові ґрунти				
Лісостеп	550...650	1500...2000	450	150...2000
Чорноземі звичайні та південні				
Степ	450...500	1500...2000	350...400	1500...2000
Супіщані ґрунти				
Лісостеп	350...400	1000	-	-
Степ	250...300	600...700		--
Піщані ґрунти				
Лісостеп	300	500	-	-
Степ	200	400	-	-
Піщані та супіщані ґрунти				
Полісся	400	700...900	300	700...900

За рекомендованих відстаней між лісосмугами площа полів становитиме 70 – 120 га. На піщаних і супіщаних ґрунтах і схилах понад 3° площа полів менша (мінімальна – 12,5...15 га).

При складанні схем лісових смуг слід пам'ятати, що основна порода у змішаних насадженнях має займати не менш як 50 – 60 % посадкових місць.

Залежно від призначення ширина лісових смуг змінюється (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Ширина лісових смуг (м) залежно від числа рядів і ширини міжрядь (Смаглій та ін., 2006)

Ширина міжрядь, м	Число рядів			
	2	3	4	5
1,5	3	4,5	6,0	7,5
2,0	4	6,0	8,0	10,0
2,5	5	7,5	10,0	12,5
3,0	6	9,0	12,0	15,0
3,5	7	10,5	14,0	-
4,0	8	12,0	16,0	-

Загальну ширину лісових смуг визначають за формулою

$$Ш = Mn, \quad (5.3)$$

де $Ш$ – ширина смуги, м; M – ширина міжрядь, м; n – число рядів.

Відстані між рядами та рослинами в рядах визначаються ґрунтово-кліматичними умовами. У Лісостеповій зоні відстань між рядами коливається від 2,5 до 3, у Степовій – від 4 до 5 м. Відстань між рослинами в рядах залежить від швидкості їх росту і коливається від 1 до 3 м. З метою підвищення ефективності безпосереднього впливу лісових насаджень на поверхневий стік їх доцільно поєднувати з простими протиерозійними гідротехнічними спорудами.

Ґрунтозахисні властивості рослин. Здатність посіву певного виду рослин захищати ґрунт від ерозії характеризують показником середньовиваженого значення проектного покриття ґрунту рослинами в ерозійно небезпечний період. У сівозміні цей показник визначають у відсотках. Залежно від покриття поверхні поля сільськогосподарські культури виявляють різну ґрунтозахисну здатність. Надійний захист ґрунтів забезпечують багаторічні та однорічні трави, добре розвинені озимі, ранні

ярі зернові й зернобобові культури. Після культур суцільної сівби протиерозійний фон зберігається в разі плоскорізного обробітку ґрунту та поліпшується фітомеліоративна дія рослин. Просапні культури до змикання міжрядь мало захищають ґрунт від ерозії, їх ґрунтозахисний вплив посилюється в другій половині літа, коли в рослин добре розвивається листкова поверхня.

Ґрунтозахисна здатність рослин зменшується зі збільшенням стрімкості схилу (табл. 5.6). Захищають ґрунт від ерозії не лише живі, а й відмерлі рослини. На цьому ґрунтується захист ґрунтів від ерозії мульчуванням соломою та післяжнивними рештками. Мульча поглинає енергетичну силу дощових крапель, зменшує швидкість стоку і силу вітру, запобігає інтенсивному випаровуванню.

Таблиця 5.6 – Ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур залежно від стрімкості схилу (Смаглій та ін., 2006)

Сільськогосподарська культура, агрофон	Ґрунтозахисна ефективність за стрімкості схилу, %		
	3°	6°	9°
Багаторічні трави	95	94	84
Озимі на зерно	83	78	69
Коноплі, ярий ячмінь на зерно	50	46	41
Однорічні трави, горох	47	42	37
Цукрові буряки	47	-	-
Просо, овес	42	36	32
Гречка	39	35	31
Соняшник	37	34	-
Кукурудза на силос	35	32	-
Картопля	32	28	-
Пар чорний	0	0	0
Стерня озимих	51	45	39
Стерня ярих суцільної сівби	25	23	20

Крім того, мульча є енергетичним матеріалом процесу ґрунтоутворення, забезпечує відтворення гумусу, сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту.

Чим густіші посіви та більша біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур. Важливу ґрунтозахисну роль відіграють кореневі системи рослин. Проникаючи в

глибокі горизонти і залишаючись у них після відмирання, корені рослин збільшують пористість, структурність та водопроникність ґрунту, що підвищує його родючість та протиерозійну стійкість.

Протиерозійну роль рослин широко використовують у ґрунтозахисному землеробстві – ґрунтозахисні сівозміни, смугове розміщення культур, вирощування культур суцільної сівби, застосування буферних смуг, залуження схилових ділянок багаторічними травами.

Для боротьби з ерозією ґрунтів на схилах влаштовують полезахисні та водорегулювальні лісосмуги, засаджують яри, піски і землі, непридатні для сільськогосподарського використання. Густа трав'яниста рослинність оберігає ґрунт від водної та вітрової ерозій, але найнадійніше його захищають дерева і чагарники, особливо в посушливих районах країни.

Ґрунтозахисні сівозміни. *Ґрунтозахисними* називають сівозміни, в яких набір, розміщення і чергування сільськогосподарських культур забезпечують підвищення врожаїв, захист ґрунтів від водної та вітрової ерозій, створюють умови для підвищення родючості еродованих та ерозійно небезпечних земель. Впровадження цих сівозмін у виробництво поєднують із контурно-меліоративною організацією території, яка включає спорудження різних водорегулювальних систем, смугове розміщення посівів, залуження відповідно до змитості ґрунту, стрімкості схилу та ґрунтозахисної ефективності культур.

Залежно від співвідношення зернових і кормових культур ґрунтозахисні сівозміни бувають польові та кормові. Ці сівозміни здебільшого розміщують на середньо- та сильнозмитих ґрунтах, а також на ерозійно небезпечних площах зі схилами 3...7°. В них передбачають переважно 2 - 3-річне використання багатокомпонентних сумішей трав, озимі зернові культури та однорічні 2 - 3-укісні суміші; просапні культури виключаються або використовуються лише за смугового розміщення культур.

Добираючи культури для ґрунтозахисних сівозмін, особливу увагу треба звертати на те, як вони задовольняють потреби господарства, забезпечують захист ґрунтів від ерозії, сприяють підвищенню родючості еродованих ґрунтів, впливають на роботу машино-тракторних агрегатів під час сівби, догляду за посівами та збирання врожаю.

У ґрунтозахисних сівозмінах Полісся та Лісостепу значна частка багаторічних трав (30...70 %), належна увага приділяється вирощуванню зернових культур (20...50 %) і однорічних трав (10...20 %), а на піщаних і

супіщаних ґрунтах (30...40 %) та післяжнивним посівам (10...30 %). На насичення ґрунтозахисних сівозмін різними культурами впливає гранулометричний склад і зволоження ґрунтового покриву. У районах з достатнім зволоженням висівають переважно конюшину, а з нестійким зволоженням – люцерну або еспарцет.

Велику ґрунтозахисну ефективність та продуктивність забезпечують суміші багаторічних трав. У районах достатнього зволоження висівають конюшину зі злаковими травами та люцерну з еспарцетом, а в районах нестійкого і недостатнього зволоження – люцерну з еспарцетом та злаковими травами.

Добре захищають ґрунт від ерозійних процесів післяжнивні й післяукісні посіви багаторічних трав та їх сумішей.

Кулісні, смугові, проміжні, сумісні посіви. *Кулісні посіви* – це смуги або окремі рядки високорослих рослин, висіяних у паровому полі впоперек напрямку панівних вітрів з метою зменшення сили вітру, затримання й накопичення снігу, захисту озимих культур і багаторічних трав від вимерзання. Такі посіви практикують у Степовій та Лісостеповій зонах з використанням соняшнику, кукурудзи, сорго, білої гірчиці та інших високорослих культур, їх культивують також для збільшення запасів води в ґрунті та боротьби з ерозією.

Кулісні посіви складаються з 1 – 2 – 3 рядків рослин, висіяних широкорядно (60 см), більш поширені дворядні куліси. Відстань між кулісами встановлюють з урахуванням стрімкості схилу, типу ґрунту та кратності проходу посівних агрегатів. Кулісні рослини висівають у чистий пар навесні у сприятливі строки та влітку (наприкінці червня – на початку липня). Нині більш поширене літнє висівання куліс. Кулісні посіви високорослих рослин добре затримують сніг і талі води, збільшують запаси продуктивної вологи, зменшують змив і розмив ґрунту, підвищують урожай озимих і ярих культур. Смугові посіви є одним із важливих заходів підвищення ґрунтозахисної ролі сівозмін.

Смуговими називають посіви, коли поле зайняте не однією культурою чи паром, а кількома культурами, які розміщують не суцільно, а точно чергують окремими смугами (стрічками) з метою забезпечення захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозій. Для захисту від водної ерозії смугові посіви влаштовують на схилах понад 2° і протяжністю 150 – 200 м, для захисту від вітрової ерозії – перпендикулярно до напрямку панівних вітрів або з допустимим відхиленням від нього.

Смуги посівів поділяють на протистічні та противітрові. Протистічні смуги (для захисту від водної ерозії) розміщують перпендикулярно до основного напрямку руху схилом рідкого стоку або з допустимим відхиленням від напрямку горизонталей. Ці смуги бувають: паралельними (розміщені впоперек загального схилу, але не контурними (спрямовані суворо по горизонталях); контурно-паралельними (зорієнтовані суворо паралельно, здебільшого вздовж горизонталей з допустимим відхиленням від них); контурно-паралельними із залуженням основних улоговин (водостоків).

Противітрові (протидефляційні) смуги розміщують перпендикулярно (або з відхиленням на $30...35^\circ$) до напрямку панівних вітрів, які спричиняють пилові бурі.

Усі види смугових посівів крім противітрових застосовують для запобігання як водній, так і сумісній дії водної і вітрової ерозій. За складного, пересіченого улоговинами рельєфу вдаються до контурно-смугового спрямування посівів із залуженням улоговин. Смугові посіви розміщують двома способами: смуги однорічних трав чергують зі смугами багаторічних; смуги із густопокривних культур – з ерозійно нестійкими фонами або посівами просапних культур.

Ґрунтозахисні властивості смугових посівів сільськогосподарських культур полягають у тому, що за чергування на полях агрофонів надземні органи рослин (стебла і листки) захищають поверхню ґрунту від ударів дощових крапель та повітряних струменів, а їх коренева система міцно утримує часточки ґрунту. Надійність захисту поверхні ґрунту та зменшення швидкості руху й концентрації поверхневого стоку залежать від фази розвитку рослин. Максимальний захист ґрунту від ерозії на схилах забезпечує смугове розміщення посівів багаторічних трав і озимих культур.

Проміжні посіви в сівозмінах є важливим резервом збільшення виробництва продукції рослинництва та протеїну, а також біологічним протиерозійним засобом. Проміжними посівами називають посіви сільськогосподарських рослин у період часу, вільний від вирощування основних культур сівозміни. Введення їх у сівозміну дає змогу вирощувати два врожаї за один рік на одній і тій самій земельній площі.

Залежно від строків, способів сівки і тривалості вирощування проміжні культури поділяють на підсівні, післяукісні, післяжнивні та озимі.

Підсівні культури висівають під покрив основної (озимі та ярі зернові) і збирають восени в той самий рік. Одночасне вирощування покривної та

підсівної культур може впливати на їхню продуктивність як позитивно, так і негативно, тобто культури бувають сумісними і несумісними. Тому вирішальне значення для отримання врожаїв і покривної, і підсівної культур має їх добір.

Біологічним вимогам підсівних культур найкраще відповідають рослини, які рано звільняють поле. Це озимі й кормові культури, які вирощують для отримання ранніх зелених кормів, а також ранні озимі та ярі зернові. Водночас підсівна культура в період росту під покривом має бути тіневитривалою, повільно рости, використовувати мало вологи і поживних речовин із ґрунту, щоб не пригнічувати покривної культури. В умовах достатнього зволоження до таких належать люпин, буркун, серадела, морква, конюшина, озима та яра вика, а в умовах недостатнього зволоження – люцерна, буркун, еспарцет, сорго, суданська трава. Із зернових найкращою покривною культурою є озимий ячмінь, оскільки його збирають у ранні строки і підсівні культури менше пригнічуються під покривом.

Післяукісні культури висівають навесні або в другій половині літа після скошування на корм озимих, багаторічних і однорічних трав та інших кормових культур. Урожай післяукісних рослин збирають протягом року.

Озимі культури висівають у рік збирання основної, а їх урожай збирають на корм навесні наступного року, до сівби основної культури. Ущільнення сівозмін проміжними культурами дає змогу ефективніше використовувати біокліматичний потенціал, родючість ґрунту, створювати посіви, стійкі до несприятливих природних чинників. Сприятливо впливаючи на водно-фізичні властивості та санітарний стан ґрунту, такі посіви створюють умови для мінімального його обробітку, що посилює ґрунтозахисну роль рослин, знижує енергетичні затрати на їх вирощування, значно підвищує продуктивність ріллі.

Проміжні посіви, закріплюючи ґрунт і накопичуючи поживні речовини, слугують надійним засобом охорони водойм від забруднення добривами і пестицидами.

Рослини проміжних культур збагачують ґрунт на органічну речовину за рахунок стерньових і кореневих решток, які в процесі мінералізації поповнюють ґрунт елементами живлення та гумусом. Рівномірний розподіл у верхніх шарах післяжнивних і кореневих решток підвищує біологічну активність ґрунту, захищає його від несприятливого впливу поверхневого стоку.

Проміжні культури підвищують вміст у ґрунті водостійких агрегатів, особливо в поверхневому шарі 0 – 10 см. Водночас збільшується пористість ґрунту. За впливом на ці показники проміжні культури прирівнюються до багаторічних трав.

Відомо, що добре захищають ґрунт від ерозії багаторічні трави, слабкіше – озимі, дуже слабо – просапні культури. З урахуванням ґрунтозахисних властивостей рослин у сівозміні треба оптимально поєднувати основні і проміжні культури. Правильне їх розміщення в сівозмінах дає змогу упродовж усього теплого періоду займати ріллю продуктивним рослинним покривом, усувати або зменшувати втрати вологи, гумусу, поживних речовин і самого ґрунту від негативного впливу ерозії, підвищувати продуктивність ріллі більш як в 1,5 рази.

Сумісними називають посіви двох або кількох культур на корм (зернофураж), висіяних одночасно чи в різні строки автономно– стрічками, смугами. Збирають їх одночасно в один транспортний засіб або окремо. Залежно від мети із сумісних посівів можна отримувати: корми з більшим вмістом протеїну; посів, що не вилягає, завдяки наявності в ньому виду або сорту з такою властивістю; суміш компонентів з різними періодами вегетації.

Крім того, такі посіви в багатьох випадках сприяють кращому росту рослин компонентів. Це добре видно в сумісних посівах вики з вівсом, озимої вики з житом, де злакові компоненти ростуть краще порівняно з їх чистими посівами. У них практично не виявляється ґрунтовтома. За вдалого добору рослин сумісні посіви стійкіші до хвороб, шкідників і бур'янів.

Залуження земельних ділянок. Дуже важливим напрямом зменшення інтенсивності ерозійних процесів, деградації сільськогосподарських агроландшафтів і ґрунтового покриву є вилучення з обробітку та зі складу ріллі земельних ділянок із сильно- й середньоеродованими ґрунтами під постійне їх залуження або залісення. Під залуження багаторічними травами рекомендується відводити землі схилів понад 5°. Залуження ерозійно небезпечних ділянок багаторічними травами застосовують, як правило, у місцях проходження великих мас води під час злив і сніготанення: залужені водотоки, водопідвідні улоговини, найстрімкіші ділянки довгих схилів із середньо- та сильнозмитими ґрунтами, кювети вздовж доріг, сильно еродовані ділянки схилів.

Ґрунтозахисна здатність багаторічних трав першого року використання становить 92 %, другого – 97, третього – 99 %, тоді як

однорічні суміші (горох, вика, овес або кукурудза з горохом і викою) – тільки 65 %.

При освоєнні схилів під кормові угіддя основною вимогою є запобігання виникненню або зведення до мінімуму ерозії під час залуження. Тому всі види обробітку ґрунту та підготовки його до посіву трав проводять лише уперек схилів.

Найефективнішим ґрунтозахисним заходом є смугове залуження схилів. У перший рік залуження оброблювані смуги завширшки 25...30 м чергують з необроблюваними завширшки 10...20 м залежно від стрімкості схилів, зайнятих природним травостоєм, що на початку освоєння схилів слугує захисним буфером від змивання і розмивання ґрунту. Після утворення міцної дернини під посіяними багаторічними травами (через 1-2 роки) готують під залуження смуги з природним травостоєм. Для залуження добирають найбільш урожайні та стійкі багаторічні трави з урахуванням екологічних умов їх вирощування (еродованість, реакція ґрунтового розчину, умови вологозабезпечення) та призначення травостою.

Для створення сіяних травостоїв перевагу віддають бобово-злаковим травосумішам, які продуктивніші за чисті посіви, оскільки більше сприяють підвищенню родючості ґрунту, стійкіші проти витоптування тваринами, довговічніші, краще збалансовані за поживними речовинами.

Для залуження схилів Полісся та Лісостепу із бобових використовують конюшину, синьогібридну люцерну, зі злакових – безостий стоколос, лучну вівсяницю, лучну тимофіївку, збірну грястицю, багатоукісний та пасовищний райграс.

У південно-східних районах Лісостепу та Степу в травосуміші включають безостий стоколос, лучну кострицю, високий райграс, безкореневищний пирій та посухостійкіші рослини – прямий стоколос, сизий пирій, вузьколистий житняк та ін. Із бобових компонентів для залуження схилів використовують еспарцет і синьогібридну люцерну, а в південних районах – жовту та жовтогібридну люцерну, на засолених ґрунтах – білий та жовтий буркун.

У Степовій зоні найоптимальнішими травосумішами є: на північних схилах – люцерна із сизим або повзучим пирієм; на південних, менш родючих, – піщаний еспарцет зі стоколосом, житняком, райграсом.

Залуження схилів проводять напровесні або влітку, коли в ґрунті є достатня кількість продуктивної вологи. Весняні посіви трав добре розвиваються в роки з достатнім зволоженням, особливо в разі створення

значних запасів вологи з осені. У посушливі роки вищі врожаї дають трави, висіяні влітку на добре обробленому ґрунті. Кращий час для сівби – липень – перша половина серпня (не пізніше).

Для формування кореневої системи та врожаю надземної маси багаторічні трави потребують фосфорних і калійних добрив, які підвищують зимостійкість рослин, урожайність та якість продукції на всіх ґрунтах.

5.5 Екологічні напрями обробітку ґрунту

У системі заходів підвищення родючості ґрунту, культури землеробства та врожайності сільськогосподарських культур велике значення має мінімізація обробітку ґрунту. **Мінімізація обробітку** – новий, економічно й екологічно обґрунтований напрям у науці та практиці з обробітку ґрунту, що дає змогу зменшити розпиленість, ущільнення ґрунту, скоротити енергетичні, трудові, матеріальні витрати на механізовані польові роботи зменшенням кількості та глибини обробітків, поєднанням операцій в одному робочому процесі за екологічно обґрунтованого застосування засобів хімізації.

Багаторічними дослідженнями й виробничим досвідом доведено, що мінімізація обробітку ґрунту доцільна за умов, коли обробіток не знижуватиме культуру землеробства, родючість ґрунту, врожайність культур і якість продукції.

За мінімального обробітку ґрунту усувається потреба в найбільш енергоємних операціях – оранці та глибокому розпушуванні. Вони, як і поверхневий та мілкий обробіток ґрунту, поряд зі зміною будови орного шару негативно впливають на ґрунт. Щорічно на оранку в країні витрачається близько 3,3 млн т нафтопродуктів, 40 % енергетичних і 25 % – трудових ресурсів. При вирощуванні зернових культур під час підготовки ґрунту, догляду за посівами, збирання врожаю сільськогосподарські машини проходять полем 5...15 разів, внаслідок чого ґрунт ущільнюється й розпилюється, а в кінцевому підсумку знижується його родючість. Часте розпушування ґрунту активує біологічні процеси та мінералізацію органічних речовин, призводить до значних втрат розчинних сполук азоту, фосфору, калію, інших макро- і мікроелементів, знижує гуміфікацію, спричинює водну та вітрову ерозію.

Стійкість родючості ґрунту великою мірою залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації й мінералізації органічної речовини. За сільськогосподарського використання ґрунтів динамічна рівновага гуміфікація – мінералізація зміщується в бік посилення мінералізації, знижується вміст гумусу.

Інтенсивний полицевий обробіток, надмірне насичення сівозмін просапними культурами, ерозія, надмірне зрошення, недостатнє внесення органічних добрив – все це призводить до істотного зниження вмісту гумусу.

За останні десятиліття в багатьох країнах світу вміст і запаси гумусу в ґрунтах, що використовуються під рілля, зменшились на 15 - 25 %, а в деяких – на 50 % попереднього вмісту. Значні втрати гумусу і в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Середньорічні втрати гумусу за останні 20 років порівняно з темпами його втрат за попередні 80 років зросли в Лісостеповій зоні в 1,65 рази, Степовій – у 2,4, Поліській – у 8,4 рази. Щорічні втрати гумусу через підвищення темпів мінералізації органічної речовини порівняно з його накопиченням досягають 18 млн т на всій площі ріллі, або 0,6 т/га за рік.

Лише від водної ерозії середньорічні втрати гумусу становлять у Поліській зоні 2,4 млн т, у Лісостеповій – 10,3, у Степовій – 11, загалом в Україні – 23,7 млн т.

Крім зниження вмісту гумусу в ґрунтах погіршується і його якість. У складі гумусу зменшується частка рухомої фракції й відносно зростає частка інертної. Такий гумус не бере активної участі в енергетичному обміні ґрунту, дуже повільно віддає поживні речовини і тому слабо впливає на ефективну родючість ґрунту навіть за високих його запасів, як наприклад у чорноземних ґрунтах. Значні втрати гумусу супроводжуються погіршенням його групового складу.

У дерново-підзолистих ґрунтах зростає вміст фульвокислот, а в чорноземах – зменшується кількість гумінових кислот, внаслідок чого погіршується весь комплекс агрономічно цінних властивостей ґрунтів. Втрати гумусу нерозривно пов'язані з веденням землеробства, складовою частиною якого є система обробітку ґрунту. Віковий досвід землеробства засвідчує, що при оранці з перевертанням скиби неможливо зберігати й підтримувати запаси гумусу в ґрунтах на належному рівні.

Цілковите припинення або зведення до мінімально допустимих меж втрати ґрунтів внаслідок ерозійних процесів і зниження інтенсивності

біологічної мінералізації гумусу спроможні забезпечити регіональні екологічно збалансовані ґрунтозахисні безплужні системи землеробства, важливою ланкою яких поряд із контурно-меліоративною організацією території, комплексом протиерозійних заходів є ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, основані на мінімізації обробітку ґрунту. За існуючих обсягів використання органічних добрив лише такий обробіток здатний наблизити процеси гуміфікації до природних і забезпечити вихід землеробства на позитивний баланс гумусу.

У сучасному землеробстві застосовують такі основні напрями мінімізації обробітку ґрунту: скорочення кількості й зменшення глибини основних, передпосівних і міжрядних обробітків ґрунту в сівозміні у поєднанні із застосуванням гербіцидів для боротьби з бур'янами; заміна глибокого обробітку продуктивнішими поверхневими або плоскорізними знаряддями, використання широкозахватних знарядь з активними робочими органами, які забезпечують високоякісний обробіток ґрунту за один прохід; поєднання кількох екологічних операцій і заходів в одному процесі застосуванням комбінованих ґрунтообробних і посівних агрегатів; зменшення оброблюваної поверхні поля за допомогою впровадження смугового передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні широкорядних культур у поєднанні з гербіцидами; пряма сівба, або хімічний чи нульовий обробіток ґрунту, – сівба насіння по стерні або в дернину з попередньою обробкою площі гербіцидами без механічного обробітку ґрунту за винятком формування мілких борозен (щілин), в які висівається насіння.

Перспективним напрямом мінімізації обробітку ґрунту є поєднання виконання кількох технологічних операцій і заходів за один прохід трактора застосуванням комбінованих ґрунтообробних і посівних агрегатів (табл. 5.7).

Мінімізація обробітку ґрунту дає змогу: економити час, робочу силу, паливо, кошти, проводити сівбу в оптимальні строки; зводити до мінімуму втрати вологи, органічної речовини, водну й вітрову ерозію; зберігати головні переваги непорушеної будови орного шару ґрунту й ущільненої поверхні, що уможливорює раннє випасання тварин на слабо розвиненій дернині багаторічних і однорічних трав; вдосконалювати технології сівби й вирощувати два – три врожаї за рік на одній площі.

Таблиця 5.7 – Вплив обробітку та удобрення на зміну вмісту гумусу в орному шарі чорнозему типового за 1980 – 1988 рр. (Веселовський, Бегей, 1995)

Система удобрення на 1 га сівозміни	Система обробітку ґрунту					
	Полицева		Комбінована		Ґрунтозахисна мінімальна	
	Вмісту гумусу	± до контролю	Вмісту гумусу	± до контролю	Вмісту гумусу	± до контролю
Початковий вміст гумусу в 1980 р., %						
Без добрив (контроль)	2,96	-	2,94	-	3,07	-
Вміст гумусу в 1988 р., %						
Без добрив (контроль)	2,88	-0,07	2,91	-0,03	3,06	-0,01
Гній 12 т	2,95	-0,01	2,91	+0,02	3,16	+0,09
Гній 12 т + N ₇₈ P ₇₀ K ₇₈	2,99	+0,03	3,02	+0,08	3,31	+0,09
Солома 2,4 т + N ₂₄	2,96	0	2,96	+0,02	3,24	+0,17
Солома 2,4 т + N ₂₄ +N ₇₈ P ₇₀ K ₇₈	2,98	+0,02	2,99	+0,05	3,41	+0,34

Наукові дослідження і практичний досвід засвідчують, що застосування мінімального обробітку ґрунту сповільнює мінералізацію та втрати гумусу (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Екологічна ефективність різних технологій обробітку ґрунту (Веселовський, Бегей, 1995)

Показник	Обробіток		
	полицевий	плоскорізний	мінімальний
Втрата ґрунту від ерозії, т/га	6,7	1,1	0
Накопичення гумусу, т/га	1,33	1,36	1,36
Продуктивність сівозміни, ц/га кормових одиниць	35	37	37

Головними чинниками, які визначають необхідність застосування мінімізації обробітку ґрунту, є: зниження родючості й продуктивної здатності ґрунту через застосування важких тракторів і транспортних

засобів; необхідність зменшення енергетичних витрат поєднанням кількох операцій за один прохід трактора та кількості й глибини механічного обробітку ґрунту; можливість заміни обробітку як способу боротьби з бур'янами на застосування гербіцидів в екологічно допустимих нормах; використання для обробітку ґрунту енергонасичених тракторів, комбінованих агрегатів, машин і знарядь з активними робочими органами; економія часу, енергетичних і трудових ресурсів.

Контрольні запитання

1. Що таке органічна речовина ґрунту?
2. Дайте визначення гумусовій речовині. Що розуміють під гуміфікацією?
3. Яким чином бобові рослини впливають на ефективність гуміфікації?
4. Що таке вермикультура?
5. Яким чином отримують біогумус? Властивості биоґумусу.
6. Вплив біогумусу на властивості ґрунту.
7. Охарактеризуйте агроекологічні властивості біогумусу.
8. Що розуміють під системою удобрення?
9. Охарактеризуйте біогенні елементи живих організмів. Баланс елементів живлення і гумусу.
10. В чому полягає оптимізація живлення рослин?
11. Яким чином для мобілізації біогенних елементів в ґрунті використовуються рослини?
12. Яка роль бобових рослин у підвищенні родючості ґрунту?
13. Що таке хімічна меліорація? Основні способи хімічної меліорації.
14. Що таке кислотність ґрунту? Види ґрунтової кислотності.
15. В чому екологічний ефект вапнування ґрунтів? Норми, строки та способи вапнування кислих ґрунтів.
16. Які хімічні меліорації проводять на лужних ґрунтах?
17. Дайте визначення ерозії ґрунтів. Види ерозії. Характер прояви.
18. Які основні агротехнічні заходи використовують для запобігання процесам ерозії?
19. Що розуміють під ґрунтозахисною системою землеробства?
20. Охарактеризуйте контурно-меліоративну систему землеробства.
21. Що таке агролісомеліорація?

22. Які існують групи захисних лісових насаджень на сільськогосподарських землях?
23. Яким чином рослини захищають ґрунти від ерозії?
24. Що таке ґрунтозахисні сівозміни? Їх екологічна роль в боротьбі з ерозією ґрунтів.
25. Як запобігає ерозії ґрунтів залуження земельних ділянок?
26. В чому полягає екологічне значення мінімізації обробітку ґрунту?

6 ВИРОБНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

6.1 Еколого-токсикологічні нормативи

Поняття «екологічно безпечна продукція». Виробництво екологічно безпечної продукції – ключове завдання при екологізації сільськогосподарської діяльності. Поняття «екологічно безпечна сільськогосподарська продукція» засноване на праві людей на здорове і плідне життя в гармонії з природою.

Під екологічно безпечною сільськогосподарською продукцією розуміють таку продукцію, яка протягом прийнятого для різних її видів «життєвого циклу» (виробництво - переробка - споживання) відповідає встановленим органолептичним, загальногігієнічним, технологічним і токсикологічним нормативам і не чинить негативного впливу на здоров'я людини, тварин і стан довкілля.

Гострі проблеми сучасності - проблеми недоїдання і голоду - поглиблюються хворобами і смертністю в результаті вживання неякісних продуктів. Однак на планеті Земля досить ресурсів, розроблені рішення і технології, які дають можливість назавжди покінчити з цими явищами. Бракує, на жаль, лише зобов'язань і відповідальності.

Несприятливий вплив ксенобіотиків пов'язаний з міграцією хімічних речовин по одній або декільком екологічним ланцюгам:

Ксенобіотики	– повітря – людина ;
»	– вода – людина ;
»	– харчові продукти – людина ;
»	– ґрунт – вода – людина;
»	– ґрунт – рослина – людина ;
»	– ґрунт – рослина – тварина – людина і т. д.

Чим довше міграційний шлях міграції, тим меншу небезпеку для здоров'я людини представляє ксенобіотик, оскільки при просуванні хімічних речовин по екологічних ланцюгах вони піддаються деструкції і перетворенням.

Встановлено, що в організм людини близько 70% отрути надходить з їжею, 20% - з повітря і 10% - з водою.

В Україні приблизно 30 ... 40% продукції забруднено небажаними інгредієнтами. Забруднено також до 70% питної води (тобто приблизно сім чоловік з десяти п'ють забруднену воду). Основними джерелами

забруднення продукції і навколишнього середовища є енергетика (особливо ТЕС), промисловість, транспорт, не залишилася осторонь і агросфера. Проблему отримання якісного продовольства в умовах негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, в тому числі і в процесі сільськогосподарського виробництва, можна вирішити на основі екологізації сформованих або новостворених систем ведення сільського господарства.

Забруднення продукції рослинництва і тваринництва різними шкідливими речовинами зумовлене великою кількістю процесів в сполучених середовищах і компонентах екосистем. При цьому в багатьох регіонах не тільки зростає пряма дія хімічних речовин, але і ускладнюються прояви цих впливів.

Оцінка стану агроєкосистем та сільськогосподарської продукції.

Для отримання екологічно безпечної продукції необхідно мати достовірні вихідні дані про екологотоксикологічну обстановку в агроєкосистемах, особливо тих, які відчувають прес багаторічного інтенсивного використання агрохімікатів (добрива, пестициди, меліоранти і ін.). Роботу слід починати з оцінки еколого-токсикологічного стану агроєкосистем, перш за все – ґрунтового покриву. Прагнення підвищити продуктивність вирощуваних культур і вирощуваних тварин без належного врахування природоохоронних вимог призвело до необґрунтованого збільшення обсягів застосування мінеральних добрив (переважно азотних), пестицидів і меліорантів. Викиди промислових виробництв і транспорту, комунальні відходи постачають в природні та штучні екосистеми з'єднання поліхлорованих біфенілів, сірки, важких металів і т.д. Для оцінки та запобігання негативному впливу продуктів харчування на здоров'я людини і кормів на сільськогосподарських тварин оперують такими поняттями, як гранично допустима концентрація (ГДК), допустима залишкова кількість (ДЗК) або максимально допустимі рівні (МДР) речовини в них. Еколого-токсикологічний норматив, гранично допустима концентрація – концентрація речовини в продукції (продуктах харчування, кормах), яка протягом необмежено тривалого часу (при щоденному впливі) не викликає відхилень у стані здоров'я людини і тварин. ГДК хімічних речовин в харчових продуктах встановлюють при цьому з урахуванням допустимої добової дози (ДДД) або допустимого добового надходження (ДДН), оскільки різноманітність раціону і його хімічного складу не дозволяють

нормувати допустимий вміст хімічної речовини в кожному харчовому продукті.

Межі вмісту забруднюючих речовин у харчових продуктах та кормах встановлюють на підставі результатів вивчення токсичності препаратів для різних організмів. При вмісті у продукції забруднюючих речовин в кількостях, що перевищують ГДК, ДЗК або МДР, таку продукцію в їжу або на корм використовувати не дозволяється.

При оцінці ступеня токсичності елемента (агрохімікату) для рослин враховують концентрацію елемента. При цьому не повинно бути зниження продуктивності рослин, накопичення агрохімікату в рослинах, кормах та харчових продуктах вище ГДК. При летальній концентрації виникає загибель рослин.

6.2 Речовини, що забруднюють продукти харчування і корми

6.2.1 Забруднення сільськогосподарської продукції важкими металами

Найбільш небезпечними забруднюючими речовинами визнані важкі метали: свинець, ртуть, кадмій, миш'як, цинк, нікель і ін. Приблизно 90% важких металів, що надходять в навколишнє середовище, акумулюються ґрунтами. Потім вони мігрують в природні води, поглинаються рослинами і надходять в харчові ланцюги.

Основними забруднювачами вважаються свинець, ртуть, кадмій, миш'як і цинк. Встановлено, що техногенне їх накопичення в навколишньому середовищі йде особливо високими темпами. Дані елементи схожі з фізіологічно важливими органічними сполуками і здатні пригнічувати найбільш значущі процеси метаболізму, гальмують зростання і розвиток. У сільськогосподарському виробництві це призводить до зниження продуктивності і погіршення якості продукції.

Допустима кількість важких металів, які людина може споживати з продуктами харчування без ризику захворіти, коливається в залежності від виду металу: свинець - 3 мг, кадмій - 0,4 ... 0,5, ртуть - 0,3 мг на тиждень. Ці рівні умовні, однак вони служать основою для контролю вмісту важких металів у продуктах харчування.

В живих організмах важкі метали грають двояку роль. У малих кількостях вони входять до складу біологічно активних речовин, що

регулюють нормальний хід процесів життєдіяльності. В результаті техногенного забруднення відбувається порушення сформованих еволюційно концентрацій важких металів, що призводить до негативних і навіть катастрофічних наслідків для живих організмів. Наприклад, важкі метали, які надійшли в організм людини, накопичуються переважно в печінці і виводяться вкрай повільно. Спочатку вони накопичуються головним чином в ґрунтах. Продукція рослинництва, яка вирощена навіть на слабкозабруднених ґрунтах, спроможна викликати кумулятивний ефект, обумовлюючи поступове збільшення вмісту важких металів в організмі теплокровних (людина, тварини).

Важкі метали, що надійшли в рослини, розподіляються в їх органах і тканинах вельми нерівномірно. Отже, вивчення особливостей акумуляції важких металів в рослинах може допомогти обмежити їх надходження в організм людини.

Найчастіше кореневі системи рослин містять більше цинку, ніж надземні органи. У надземних органах цинк концентрується переважно в старих листках. Коріння пшениці відрізняються більш високим вмістом свинцю і кадмію в порівнянні з листям. У репродуктивних органах рослин рівень накопичення важких металів значно нижче, ніж в вегетативних. Рівень накопичення важких металів залежить від біологічних особливостей культури, фізіологічної ролі елемента, його вмісту в ґрунті і доступності для рослин.

Органи накопичення асимілятів (коренеплоди, бульби, плоди) містять значно менше важких металів, ніж вегетативна маса рослин. Це можна вважати позитивним фактом, оскільки саме вони складають господарсько цінну частину основних овочевих культур.

Механізми поглинання, транспорту, метаболізму і розподілу важких металів в органах і тканинах тісно пов'язані з видовими і сортовими особливостями вирощуваних культур, на них впливають екологічні та антропогенні фактори. Знання закономірностей розподілу важких металів в тканинах і органах рослин дає можливість з'ясувати механізми їхнього перерозподілу і акумуляції в процесі розвитку рослин, розробити достовірні методи оцінки якості врожаю, грамотно сертифікувати продукцію.

Знання особливостей розподілу важких металів в рослинах становить інтерес для споживача, оскільки дозволяє раціонально використовувати продукцію в процесі технологічної переробки (консервування, сушіння, квашення, соління, приготування соків і пюре) і при вживанні в їжу в сирому

вигляді. Накопичення і розподіл важких металів в органах рослини залежать від: виду, фізіологічної спеціалізації, морфологічних ознак окремих органів (тип листя, розмір черешків і жилок, розмір центрального циліндра в коренеплодах).

Важливо знати особливості розподілу важких металів в овочевих культурах.

В коренеплодах моркви вміст важких металів (крім заліза) убиває від кінчика до головки. Для заліза характерний високий вміст в голівці і рівномірний розподіл в іншій частині коренеплоду. В центральній частині коренеплоду міститься підвищена кількість цинку і свинцю, а в корі - підвищена кількість міді, марганцю, кадмію і заліза (рис. 6.1б).

Для нижньої частини коренеплоду столового буряка (рис. 6.1а) характерний підвищений вміст всіх елементів, крім міді. Найменший вміст міді та заліза відзначено в середній частині коренеплоду. У центральному циліндрі спостерігається підвищена кількість цинку і свинцю, а в корі – міді, марганцю, кадмію і заліза.

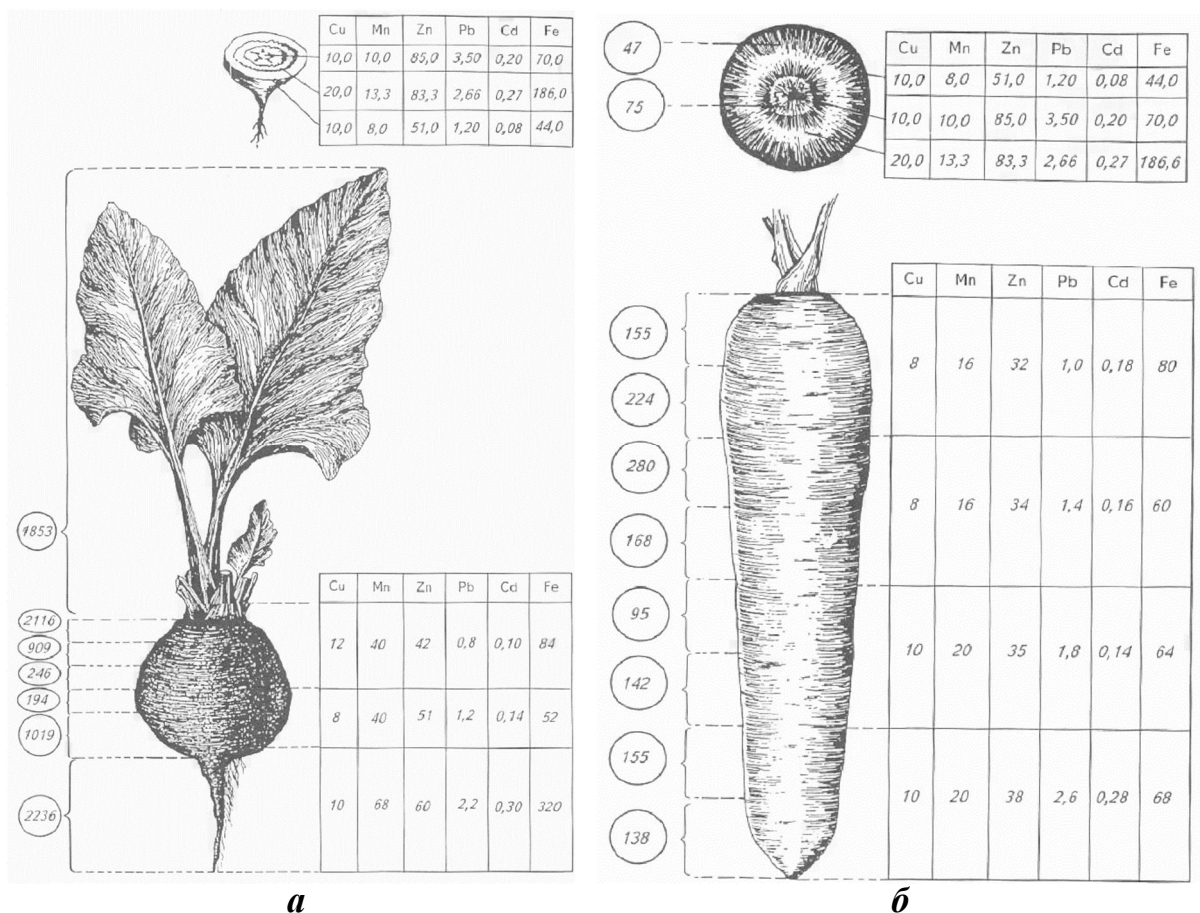


Рисунок 6.1 – Вміст у столовому буряку а) і моркві столовій б) важких металів, мг/кг сухої речовини та нітратів – цифри в кружальцях, NO₃, мг/кг сирієї маси (Черников та ін., 2000)

Мінімальна кількість кадмію, цинку і свинцю знаходиться в м'якоті бульб картоплі. Підвищена кількість заліза характерна для периферійної частини бульб. Мідь розподілена рівномірно у всіх частинах бульби (рис. 6.2).

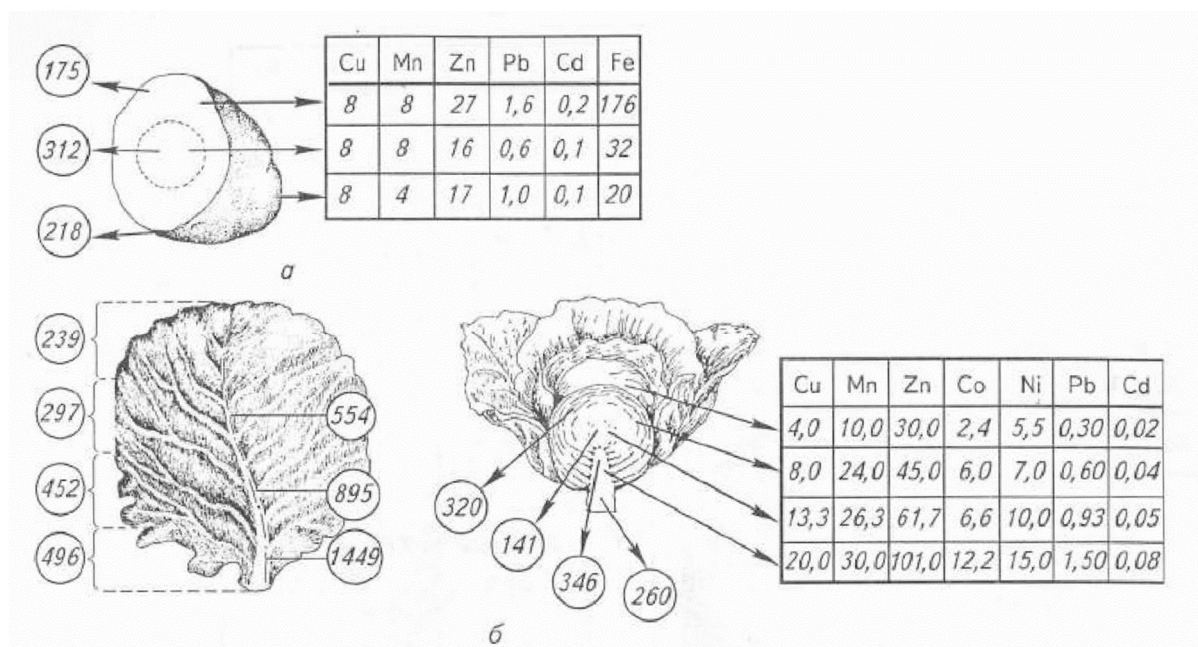


Рисунок 6.2 – Вміст в картоплі (а) і капусті білоголовій (б) важких металів, мг/кг сухої речовини та нітратів – цифри в кружечках, NO₃, мг/кг сирої маси (Черников та ін., 2000)

У плодів кабачків важкі метали розосереджені приблизно однаково по всій їх довжині, крім зони, що примикає до плодоніжки (приблизно третина-чверть плоду), в цій зоні вміст важких металів в 1,5...3 рази вище. Найбільша кількість важких металів знаходиться в шкірці плоду і в серцевині (рис. 6.3).

Для гарбуза (рис 6.4) характерний підвищений вміст важких металів у верхній частині, що примикає до плодоніжки. Мінімальна їх кількість знаходиться в нижній частині плодів (приблизно в 1,5 ... 4 рази менше, ніж у верхній).

Капуста відрізняється від інших овочевих культур і картоплі підвищеним вмістом цинку і зниженим - кальцію. Вміст всіх елементів зростає (приблизно в 3 ... 5 разів) від зовнішніх листків качана до кочережки.

Розподіл свинцю в капусті білокачанної має сортову специфіку (табл. 6.1).

Незважаючи на те, що обидва сорти ранні, у сорту Номер перший виявлена знижена здатність до акумуляції свинцю у всіх частинах качана, крім верхніх листків.

Таблиця 6.1 – Розподіл свинцю в качані різних сортів капусти білоголової, мг /кг сухої речовини (Черников та ін., 2000)

Частина качана	Сорт	
	Іюньська	Номер перший
Кочерижка	1,50	0,64
Середні листя	0,60	0,40
Верхні листя	0,30	0,33

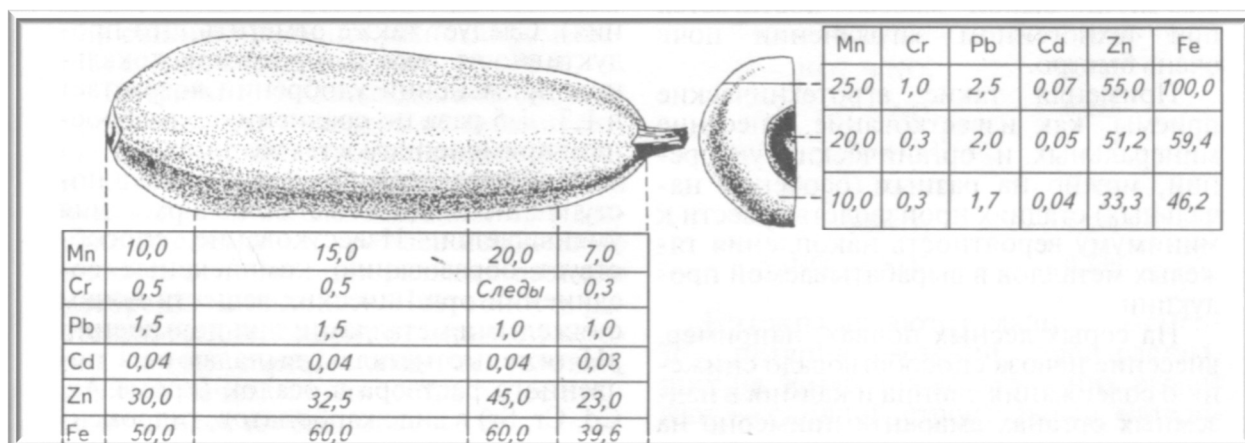


Рисунок 6.3 – Вміст важких металів в кабачку, мг/кг сухої речовини

Найбільша кількість свинцю в репродуктивних органах зернових культур, гречки і соняшнику зосереджена в зародку зернівки, плоду і насіння (табл. 6.2). У пшениці, гречки і вівса в ендоспермі міститься більша кількість цього елемента, ніж в оболонці, тоді як у ячменю – навпаки.

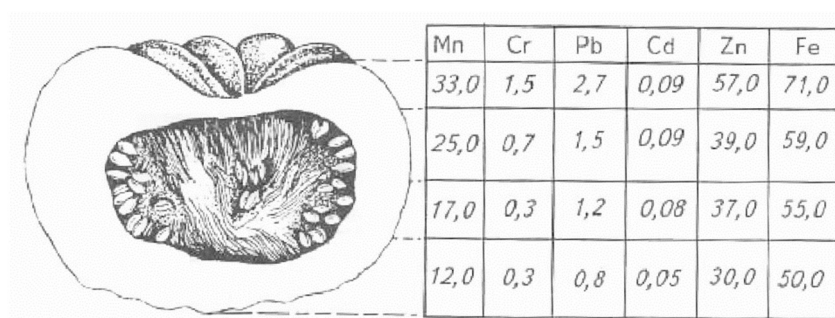


Рисунок 6.4 – Вміст важких металів в гарбузі, мг/кг сухої речовини

Таблиця 6.2 – Розподіл свинцю в різних органах рослин, мг/кг сухої речовини (Черников та ін., 2000)

Рослина	Орган	Вміст	Рослина	Орган	Вміст	Рослина	Орган	Вміст
Ячмінь (зернівка)	Оболонка	1,35	Гречка (зернівка)	Оболонка	0,06	Естрагон	Черешок	18,4
	Ендосперм	0,50		Ендосперм	0,06		Лист	7,0
	Зародиш	8,90		Зародиш	0,09	Лук	Луковиця	13,8
Пшениця (зернівка)	Оболонка	0,74	Коріандр	Черешок	1,00		Лист	5,0
	Ендосперм	1,22		Лист	0,50	Кріп	Стебло	41,7
	Зародиш	7,69	Петрушка	Черешок	19,7		Листя	24,8
Овес (зернівка)	Оболонка	3,85		Лист	28,4	Часник	Луковиця	10,0
	Ендосперм	8,33		Корінь	37,4		Лист	30,0
	Зародиш	63,33	Салат	Черешок	37,5	Хрін	Лист	0,25
Соняшник (зернівка)	Оболонка	0,06		Лист	28,0		Черешок	0,75
	Ендосперм	0,06		Корінь			Корінь	0,25
	Зародиш	0,09	Щавель	Черешок		Селера	Лист	2,0
				Лист			Черешок	4,0
							Коренеплід	3,5

Для зеленних культур характерно більш високий вміст свинцю в черешках, ніж в листових пластинках. Рослини салату відрізняються найбільш високим вмістом свинцю в коренях, тоді як рослини петрушки і хрону - найменшим. Серед зеленних культур найбільшу кількість свинцю у всіх органах рослини спостерігається в кропі, щавлі, салаті.

Таким чином, знаючи розподіл важких металів в окремих зонах і тканинах різних органів рослин, можна оцінити їх небезпеку в залежності від обсягу, який вони займають в даному органі. Це дає підставу для механічного видалення небезпечної частини органу.

Запропоновано заходи зниження рівня вмісту важких металів у продукції, одержуваної в процесі вирощування сільськогосподарських культур. Одним з найважливіших ланок виробництва екологічно безпечної продукції є нормування вмісту важких металів.

Нормування токсичних інгредієнтів в компонентах навколишнього середовища, в першу чергу в продовольчій сировині і безпосередньо в продуктах харчування, – важливий крок на шляху зниження надходження шкідливих речовин в організм людини і тварин. У таблиці 6.3 наведені ГДК важких металів у харчових продуктах. ГДК забруднювачів дозволяють порівнювати якісний стан продукції за рівнем її забрудненості, розробляти і реалізовувати необхідні охоронні заходи і т. д.

Таблиця 6.3 – Гранично допустимі концентрації важких металів у харчових продуктах та продовольчій сировині (Беляев та ін., 1993)

Харчовий продукт	Концентрація важких металів, мг/кг					
	Свинець	Кадмій	Ртуть	Мідь	Цинк	Миш'як
Зернові	0,5 (0,3)	0,1 (0,03)	0,03	10,0	50,0	0,2
Гречка	0,5 (0,3)	0,04	0,03	15,0	50,0	0,2
Хліб	0,3	0,05	0,01	5,0	25,0	0,1
Сіль кухонна	2,0	0,1	0,01	3,0	10,0	1,0
Цукор(пісок)	1,0	0,05	0,01	1,0	3,0	0,5
Цукерки	1,0	0,1	0,01	15,0	30,0	0,5
Молоко	0,1 (0,05)	0,03 (0,02)	0,005	1,0	5,6	0,05
Вершкове масло	0,1	0,03	0,03	0,5	5,0	6,1
Сир	0,3	0,2	0,02	4,0	50,0	0,2
Олія рослинна	0,1	0,05	0,03	0,5	5,6	0,1
Овочі свіжі	0,5	0,03	0,02	5,0	10,0	0,2
Фрукти, ягоди	0,4	0,03	0,02	5,0	10,0	0,2
Гриби	0,5	0,1	0,05	10,0	20,0	0,5
Чай	10,0	1,0	0,1	100,0		1,0
М'ясо та птиця	0,5	0,05	0,03	5,6	70,0	0,1
Яйця	0,3	0,01	0,02	3,0	50,0	0,1
Жири тварини	0,1	0,03	0,03	0,5	5,6	0,1
Нирки	1,0	1,0	0,2		100,0	1,0
М'ясні нутроші	0,6	0,3	0,1		100,0	1,0
Риба свіжа :						
річкова	1,0	0,2	0,6	10,0	40,0	1,0
морська	1,0	0,2	0,4	10,0	40,0	5,0
Молюски і раки	10,0	2,0	0,2	30,0	200,0	2,0
Мінеральні води	0,1	0,01	0,005	1,0	5,6	0,1
Пиво, вино	0,3	0,03	0,005	5,0	10,0	0,2
Напої		0,03	0,005	3,0	10,0	0,1
Дитяче харчування:						
на молочній основі		0,02	0,005	1,0	5,0	0,05
на зерновій основі	0,1	0,02	0,01	5,0	10,0	0,10
на м'ясній основі	0,3	0,03	0,02	5,0	50,0	0,1
на овочевій основі	0,3	0,02	0,01	5,0	10,0	0,2

У багатьох країнах розроблені національні нормативи допустимої залишкової кількості (ДЗК). Порівняння цих норм свідчить про те, що у них є як подібність, так і відмінності. Наприклад, в Німеччині (табл. 6.4) ДЗК

кадмію в овочах в 3 рази вище, ніж прийнято в Україні. У той же час ДЗК кадмію в овочах, що встановлена в Україні і дорівнює 0,03 мг/кг сирової маси, досягається при техногенному забрудненні ґрунтів дуже швидко.

Застосовуючи такі агротехнічні прийоми, як вапнування, внесення мінеральних і органічних добрив, можна на різних (особливо початкових) стадіях виробництва звести до мінімуму ймовірність накопичення важких металів в вироблюваній продукції.

Наприклад, на сірих лісових ґрунтах, внесення гною сприяло зниженню вмісту свинцю і кадмію в надземних органах амаранту приблизно на 12% в порівнянні з контролем. В даному випадку проявляється здатність гною утворювати комплексні сполуки з важкими металами. Утворені металоорганічні комплекси малорухливі або не здатні до подолання клітинних мембран на кордоні між ґрунтом і коренем.

Таблиця 6.4. – Допустимі залишкові кількості важких металів у харчових продуктах, мг/кг (Найштейн і ін., 1987)

Продукція	Hg	Cd	Pb	Zn	Ni	Cr	As
Рибні продукти	5,0	0,1	1,0	40,0	0,5	0,3	1,0
М'ясопродукти	0,03	0,05	0,5	40,0	0,5	0,2	0,5
Молочні продукти	0,005	0,01	0,05	5,0	0,1	0,1	0,05
Хлібопродукти	0,01	0,02	0,2	25,0	0,5	0,2	0,2
Овочі	0,02	0,03	0,5	10,0	0,5	0,2	0,2
Фрукти	0,01	0,03	0,4	10,0	0,5	0,1	0,2
Соки, напитки	0,005	0,02	0,4	10,0	0,3	0,1	0,2

Зменшення токсичності металів для рослин має ґрунтуватися насамперед на заходах, спрямованих на підвищення вмісту гумусу в ґрунті (внесення органічних добрив, використання сидератів, заорювання соломи і т. д.). Токсичність сполук хрому, наприклад, знижується при внесенні в ґрунт торфу. Локальне внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ знижує вміст кадмію і свинцю в 1,3...1,8 рази в урожаї вівса і гороху (табл. 6.5).

При вапнуванні кислих ґрунтів надходження важких металів в рослини зменшується. Вапнування сприяє утворенню комплексних сполук органічних речовин ґрунту з важкими металами. При підвищенні рН важкі метали випадають з ґрунтового розчину в осад (крім As, Cd, Cr, Sr) у вигляді карбонатів, гідроксидів і фосфатів. При підвищенні рН і збільшенні вмісту

кальцію в ґрунті знижується активність поглинання кореневими системами рослин деяких важких металів.

Таблиця 6.5.— Залежність вмісту важких металів в урожаї сільськогосподарських культур від способу внесення мінеральних добрив

Культура	Вміст важких металів, мг/кг сирової речовини			
	Кадмій		Свинець	
	вразкид	локально	вразкид	локально
Овес	1,05	0,56	10,5	7,8
Горох	2,2	1,2	46	34

На процеси детоксикації важких металів позитивно впливають фосфорні добрива. Фосфати цинку і свинцю є важкорозчинні сполуки, тому малодоступні для рослин. За ефектом детоксикації монокальцій фосфат, внесений в ґрунт у дозі 3 т/га, дорівнює внесенню 1...4 т вапна на 1 га. На кислих ґрунтах доцільно замість суперфосфату застосовувати фосфоритне борошно.

Суттєвому зниженню надходження Sr, Cd, Pb, Sb, Zn сприяє застосування цеолітів (кліноптілоліт), які, будучи ємними іонообмінниками, поглинають рухомі форми елементів і тим самим знижують надходження їх в рослини. Завдяки застосуванню цеолітів вдається знизити рівень забруднення продукції на 30%. Дози застосування цеоліту коливаються в межах 40. ..75 т / га.

Серед біологічних прийомів слід виділити вирощування толерантних сортів і культур, що використовуються в їжу або як корм, вирощування культур на насіння, обробіток технічних і лісових культур, розведення квітів.

Вміст важких металів в овочах та картоплі істотно зменшується при кулінарній обробці. В результаті очищення, промивання, зняття шкірки і бланшировки кількість свинцю і ртуті знижується на 50% в овочах і на 80...85% в картоплі, а кадмію - на 20%. Зменшення вмісту свинцю при одноразовому промиванні салату може досягати 30...70%.

6.2.2 Забруднення продуктів харчування нітратами та нітритами

Сільськогосподарської продукції без нітратів не буває, оскільки вони є основним джерелом азоту в живленні рослин. Для отримання не тільки високих, але і високоякісних урожаїв необхідно вносити в ґрунт мінеральні азотні добрива і органіку. Потреба рослин в азоті залежить від багатьох чинників: виду, сорту, погодних умов, властивостей ґрунту і кількості добрив, які застосовувались раніше.

Проблема нітратів у сільськогосподарській продукції тісно пов'язана з вкрай низькою культурою землеробства як в державному, так і в приватному секторі.

Неграмотне застосування азотних мінеральних і органічних добрив у високих і надвисоких дозах (в погоні за «валом») веде до того, що надлишок азоту в ґрунті викликає надходження нітратів в рослини у великих кількостях. Крім того, азотні добрива сприяють збільшенню надходження з самого ґрунту нітратів, що утворюються при мінералізації органічної речовини.

Нітрати (NO_3^-) уявляють собою солі азотної кислоти (з формулою HNO_3), нітрити (NO_2^-) – солі азотистої кислоти. Солі азотної кислоти використовують як добрива: нітрат натрію – натрієва селітра, нітрат калію – калієва селітра, нітрат амонію – аміачна селітра, нітрат кальцію – кальцієва селітра.

Останнім часом у зв'язку із збільшеним уваги до охорони навколишнього середовища все частіше об'єктами контролю стають ґрунт, вода, добрива, рослини. Вміст нітратів виражають в мг/100 г або мг/кг для ґрунту; в мг/кг сирової маси; у відсотках на суху речовину; в мг і відсотках для рослин; в мг/л для води. Вміст нітратів характеризують по азоту нітратів ($N-NO_3^-$), по нітрат-іону (NO_3^-) або по нітрату натрію ($NaNO_3$). З цією метою можна використовувати коефіцієнти перерахунку:

Форми сполук	Коефіцієнт
$N-NO_3^-, \rightarrow NO_3^-$	4,427
$NO_3^- - N \rightarrow NO_3^-$	0,226
$NaNO_3 - N \rightarrow NO_3^-$	0,165
$N-NO_3^- \rightarrow NaNO_3$	6,068
$NO_3^- \rightarrow NaNO_3$	1,371
$NaNO_3 \rightarrow NO_3^-$	0,730

Нітрати є головним елементом живлення рослин, які ростуть на землі, оскільки в них входить азот-основний будівельний матеріал. У природних умовах (в лісі чи на лузі) вміст нітратів в рослинах невеликий (1...30 мг/кг сухої маси), вони майже повністю переходять в органічні сполуки (амінокислоти, білки і т.д.). В культурних рослинах (капуста, картопля, редис, буряк і т.д.) при вирощуванні на удобреному ґрунті кількість нітратів збільшується у багато разів (40...12 000 мг / кг сухої маси). Нітрати присутні у всіх середовищах: ґрунті, воді, повітрі. Самі нітрати не відрізняються високою токсичністю, але під дією мікроорганізмів або в процесі хімічних реакцій відновлюються до нітритів, небезпечних для людини і тварин. В організмі теплокровних нітрити беруть участь в утворенні більш складних (і найбільш небезпечних) з'єднань – нітрозоамінів, які мають канцерогенні властивості.

Серед вирощуваних культур найбільша кількість нітратів накопичується в столовому буряку, салаті, шпинаті, кропі, редисці, редьці, мг/кг сирої маси (табл. 6.6). Томат, перець, баклажан, часник, горошок і квасоля відрізняються низьким вмістом нітратів.

Таблиця 6.6 – Вміст нітратів в овочевих культурах, мг/кг сирої маси (Черников та ін., 2000)

Культура	Вміст	Культура	Вміст	Культура	Вміст
Баклажан	80...270	Цибуля зелена	40...1400	Буряк столовий	200...4500
Бруква	400...550	Цибуля ріпчаста	60...900	Селера	120...1500
Гірчиця салатна	1700... 2500	Морква	160...2200	Томат	10...190
Диня	40...500	Огірок	80...560	Гарбуз	300... 1300
Зелений горошок	20...80	Патисон	160...900	Кріп	400...2200
Капуста білокачанна	600...3000	Перець солодкий	40...330	Квасоля	20...900
Капуста пекінська	1000...2700	Петрушка (зелень)	1700... 2500	Часник	40...300
Капуста кольрабі	160...2700	Ревінь	1600...2400	Шпинат	600...4000
Кабачок	400... 700	Редька чорна	1500...1800	Щавель	240...400
Картопля	40...980	Редис	400...2700	Естрагон	1200...2200
Коріандр	40...750	Репа	600...900		
Крес-салат	1300...4900	Салат	400...2900		

У зв'язку з небезпекою, яку нітрати можуть представляти для нормального функціонування організму людини, в різних країнах

розроблені ГДК нітратів в продуктах харчування. ГДК встановлюють шляхом проведення спеціальних досліджень на піддослідних тваринах (миші, щури). Так NO_3^- надходить в організм людини переважно з овочів, то особливу увагу слід звертати на динаміку вмісту NO_3^- в овочах і продуктах їх переробки.

Показники гранично допустимої концентрації (ГДК) нітратів встановлені для продукції як відкритого, так і захищеного ґрунту (парники, теплиці) (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Гранично допустимі концентрації нітратів в харчових продуктах, мг/кг сирової маси (Беляев та ін., 1993)

Харчові продукти	Відкритий ґрунт	Захищений ґрунт	Харчові продукти	Відкритий ґрунт	Захищений ґрунт
Картопля	250	-	Листові овочі (салат, шпинат, щавель, капуста салатна, петрушка, селера, коріандр, кріп)	2000	3000
Капуста білоголова: рання	900	-			
пізня	500	-			
Морква: рання	400	-	Кавун	60	—
пізня	250	-	Перець солодкий	200	400
Томати	150	300	Кабачок	400	400
Огірки	150	400	Виноград столових сортів	60	—
Буряк столовий	1400	—	Яблука	60	—
Цибуля ріпчаста	80	—	Груші	60	—
Цибуля зелена	600	800	Продукти дитячого харчування (овочі консервовані)	50	

Для умов захищеного ґрунту характерні більш високі ГДК, ніж для відкритого ґрунту. Справа в тому, що в умовах закритого ґрунту рослини, у результаті нестачі світла, накопичують більшу кількість нітратів.

Для зниження вмісту нітратів в продуктах харчування важливо правильно вибрати спосіб вирощування культур, способи зберігання і переробки та методи контролю.

Накопичення нітратів різними культурами має сортову специфіку. Така специфіка виявлена у багатьох видів овочевих і баштанних культур: шпинату, салату, селери, редису, столового буряка, моркви, картоплі, томаті, квасолі, огірка, дині, а також у кормових культур, цукрових буряків, вівса, кукурудзи (табл. 6.8).

Широке поширення сортів з низькою здатністю до накопичення нітратів має стати основою для поліпшення біологічної якості рослинницької продукції. Даний шлях найбільш доцільний при вирощуванні овочів з коротким періодом вегетації (редис, листові овочі), що відрізняються підвищеним накопиченням нітратів.

Таблиця 6.8 – Сорти сільськогосподарських культур з різним рівнем нітратів в урожаї (Черников та ін., 2000)

Культура	Сорти з вмістом нітратів	
	низьким	високим
Картопля	Моналіза, Олева,	Адретта, Лаймдота
	Сулев	
Морква	Шантене 2461, Бірючукська 415, Консервна	Артек, Лосиноострівська 13, Нантська 4
Капуста білокачанна	Зимовка 1474, Подарунок	Червнева, Біло руська 455, Амагер 611, Слава 1305
Редис	Красний велетенський	Спека, Рубін
Огірок	Парад, Сюрприз 66	Конкурент, Квітневий
Буряк столовий	Бордо 237, Одноросткова, Сквирський дар	Єгипетська плоска
Селера	Делікатес	Яблучний

Нітрати в рослинах розподіляються нерівномірно. У генеративних органах нітрати відсутні або містяться в менших кількостях, ніж у

вегетативних. В корені, стебліні і черешках листя нітратів значно більше, ніж в листовій пластинці (табл. 6.9).

Порівняно небагато нітратів накопичується в цибулинах (рис. 6.5). У плодах культур сімейств Гарбузові і Капустяні міститься до 3000 мг/кг NO_3^- , тоді як у рослин сімейства Бобові цей рівень не перевищує 100 мг/кг. Нітрати практично відсутні в зерні злакових культур, вони в основному зосереджені в вегетативних органах (лист, стебло). Активне накопичення нітратів відзначається в соковитих плодах овочевих і баштанних культур.

Нерівномірність у розподілі нітратів пов'язана з неоднаковою швидкістю транспортних і синтетичних процесів в різних органах рослин. Накопичення нітратів в різних органах залежить і від віку рослин: як правило, молоді органи акумулюють великі їх кількості.

При використанні в їжу тих частин (органів) рослин, які містять найменшу кількість нітратів, можна істотно знизити (більш ніж удвічі) надходження їх в організм людини.

Серцевина і кінчик кореня буряка столового відрізняються від інших частин коренеплоду підвищеним вмістом нітратів. Їх високий вміст спостерігається також в верхівці; в середній частині коренеплоду нітратів менше (див. рис. 6.1).

У бульбах картоплі низький вміст нітратів відзначено в м'якоті. У шкірці і середній частині їх міститься в 1,1...1,3 рази більше (див. рис. 6.2).

Таблиця 6.9 – Вміст нітратів (NO_3^-) в різних органах і частинах рослин, мг/кг сирої маси (Черников та ін., 2000)

Культура	Орган	NO_3^-	Культура	Орган	NO_3^-	Культура	Орган	NO_3^-
Буряк столовий	Лист	1300-2000	Кріп	Лист	40-400	Шпинат	Лист	200-400
	Коренеплід	220-3000		Черешок	800-1600		Черешок	400-2000
Морква	Лист	600-1500		Стебло	1300-2100		Стебло	500-5000
	Черешок	1700-3000	Картопля	Корінь	1300-1600	Щавель	Корінь	70-100
	Коренеплід	10-1200		Лист	20-400		Лист	40-150
Петрушка	Лист	130-900		Стебло	40-1100		Черешок	170-250
	Черешок	1700-2600	Салат	Бульба	40-1000	Коріандр	Лист	10-100
	Коренеплід	1700-5700		Лист	100-550		Черешок	150-350
				Черешок	400-900		Стебло	14-300
				Стебло	600-3000		Корінь	60-110

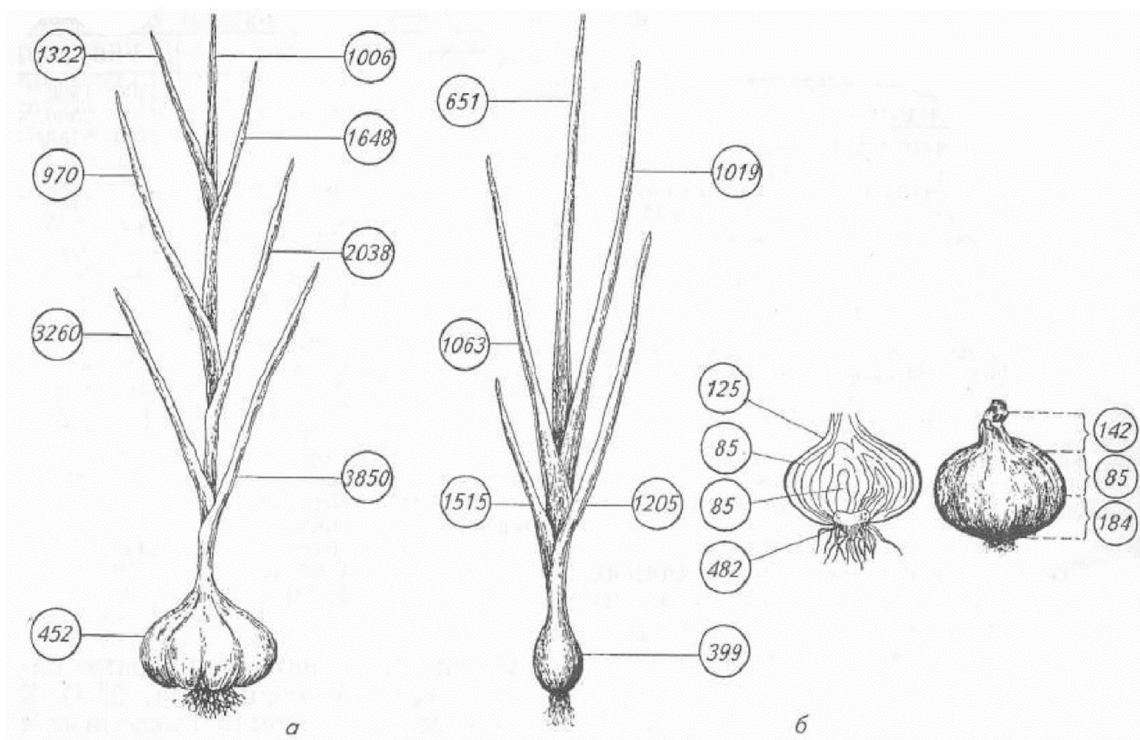


Рисунок 6.5 – Вміст нітратів у часнику (а) і цибулі (б), мг/кг сірої маси (Черников та ін., 2000)

В серцевині коренеплоду моркви нітратів в півтора рази більше, ніж в коровій частині. Рівень нітратів в серцевині зменшується від кінчика кореня до голівки. У шкірці вони розподілені рівномірно (див. рис. 6.1).

Коренеплоди редису круглої форми містять менше нітратів, ніж довгоплідні. Найбільша кількість нітратів спостерігається в нижній частині коренеплоду і в зоні, що примикає до листів (рис. 6.6).

Овочі сімейства Гарбузові характеризуються підвищеною здатністю до накопичення нітратів. Вміст нітратів в огірках зростає від кінчика до плодоніжки (основи). У насіннєвій камері міститься найбільша кількість нітратів (рис. 6.7).

У плодах томатів найбільше нітратів в шкірці, менше – в насіннєвій камері.

Вміст нітратного азоту в плодах кабачків зменшується від плодоніжки до кінчика. Насіннєві камери відрізняються більш низьким вмістом нітратів, ніж м'якоть або шкірка.

Найбільша кількість нітратів в патисоні зосереджена у плодоніжки, найменше – в насіннєвій камері. Кількість нітратів зростає від центру плоду до його периферійної частини.

Внутрішні і зовнішні листя качана капусти білоголової містять більше нітратів, ніж середні. У жилці листка накопичується більше нітратів, ніж у листовій пластинці (див. рис. 6.2).

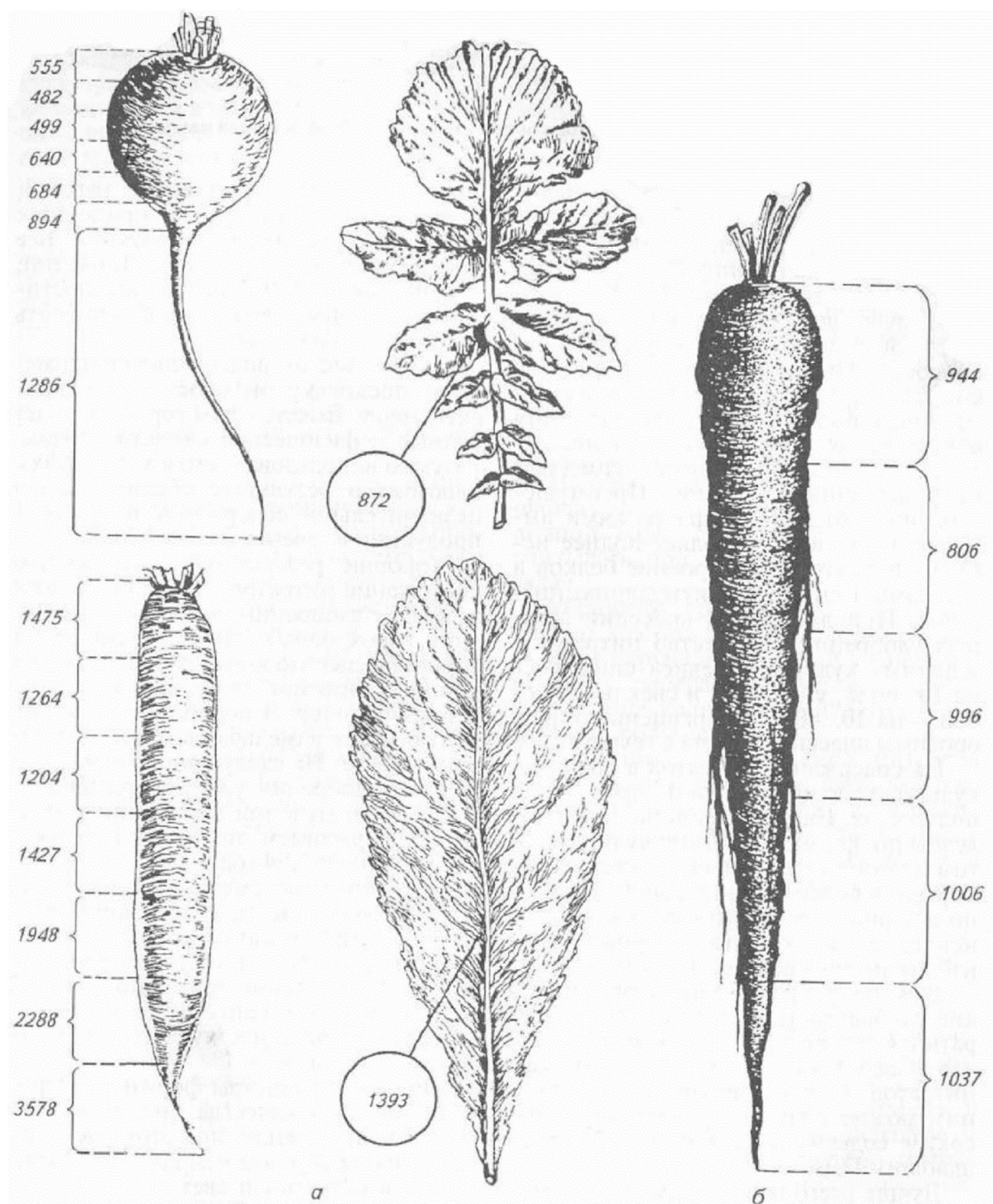


Рисунок 6.6 – Вміст нітратів в редисі (а) і корені петрушки (б), мг/кг сирової маси (Черников та ін., 2000)

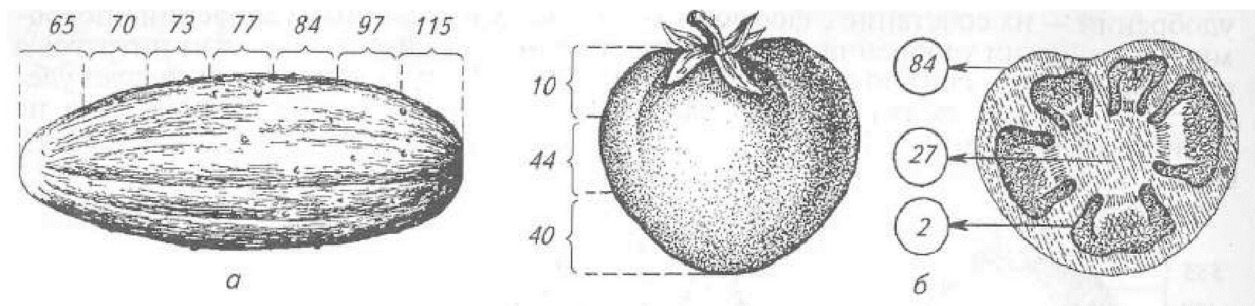


Рисунок 6.7 – Вміст нітратів в огірку (а) і томаті (б), мг/кг сирової маси

Агротехнічні заходи щодо зниження вмісту нітратів. Рациональна система застосування добрив, що дозволяє зменшити ймовірність накопичення нітратів в рослинницькій продукції, передбачає правильне визначення форм, доз, строків і способів внесення.

Кращі форми азотних мінеральних добрив – сульфат амонію і сечовина. Не рекомендується застосовувати під овочеві культури аміачну і натрієву селітру. Обов'язкова умова успішного застосування азотних добрив – їх поєднання з фосфорними і калійними добривами. Кращим співвідношенням вважається N: P: K = 1: 0,6: 1,8, тобто повинні переважати калійні добрива. Внесення фосфорних і калійних добрив сприяє зниженню кількості нітратів в овочах. Велику увагу слід приділяти дозі азотного добрива. Вона не повинна перевищувати 20 г на 1 м² по азоту.

Вносити добрива краще всього перед перекопкою ділянки, локальним способом – азотні добрива вносять рядками (стрічками) на глибину 10...12 см (відстань між рядками 15...20 см).

У цьому випадку дозу азоту можна скоротити на 25...30% у порівнянні з розкидним способом. Продуктивність рослин не знижується, а часто навіть підвищується, оскільки в місці внесення азоту утворюється осередок підвищеної концентрації амонію, який уповільнює нітрифікацію на 3...5 тижнів. Споживання рослинами амонійного азоту дозволяє повніше використовувати його на побудову білків і тим самим знижувати акумуляцію нітратів. Встановлено, що при локальному внесенні азотних добрив кількість нітратів у зеленних культур і редису знижується на 10...60%, у капусти і буряка столового – на 10...40% у порівнянні з розкидним внесенням азоту в тих же дозах.

На вміст нітратів в овочевих культурах впливають терміни проведення підживлень. Найбільш дієві і корисні підживлення овочевих культур азотом в кінці червня – на початку липня. Підживлення в більш

пізні терміни, особливо в період масового дозрівання коренеплодів і качанів, призводять до надмірного накопичення нітратів.

Важливе значення мають органічні добрива (гній, компости, сидерати). Слід, однак, пам'ятати про те, що гній також є джерелом нітратів. При невмілому поводженні з ним можна отримати продукцію з високим вмістом нітратів, що перевищує ГДК.

Найкраще гній застосовувати, попередньо прокомпостувавши його з соломною або торфом. Внесення такого компосту робить ґрунт більш пухким, покращує її структуру і не призводить до накопичення нітратів в продукції. Вносити компост в ґрунт треба з осені.

Торф в чистому вигляді краще не застосовувати, оскільки він підкислює ґрунт. Разом з тим торф поліпшує водні та фізичні властивості ґрунту. Розумно використовувати його в компостах з гноєм, в результаті забезпечується незначний вміст нітратів в продукції протягом двох років.

Хороші результати по зниженню вмісту нітратів у продукції дають зелені добрива (конюшина, люпин, вика, горох, боби). Ці культури мають добре розвинену кореневу систему, їх коріння проникає на велику глибину і розпушує ґрунт. У період цвітіння зелену масу подрібнюють лопатою і перекопують. На наступний рік на цій ділянці добрива вже не застосовують. Гарантія отримання продукції з низьким вмістом нітратів в урожаї забезпечена на 3...4 роки.

Горохово-вівсяна суміш, яку вирощують на зелене добриво, – хороший попередник для капусти, що збільшує її врожайність і знижує вміст нітратів приблизно в 1,5...2 рази не тільки в капусті, а й в вирощуваних після неї культурах (бурак столовий, морква).

Овочеві культури формують урожай високої якості при оптимальній густоті стояння, при цьому рослини найкращим чином використовують азот з ґрунту і сонячне світло. Оптимальна густота стояння, що забезпечує мінімальне накопичення нітратів, для моркви становить 150...180 рослин на 1 м², для буряка столового – 70...100, капусти білокачанної – 10...12, салату листових сортів – 40...45, салату кочанного – 20...25, шпинату – 40...50, редиски – 75...80, петрушки – 90...100, селери – 20...25, редьки – 20...25, ріпи – 25...30 рослин на 1 м².

Вміст нітратів в овочевих культурах зростає на 30...40% при вирощуванні в тіні плодових дерев або ягідників. Овочеві рослини, особливо зелені культури, краще розмішувати на добре освітлених ділянках.

На накопичення нітратів в овочевих культурах впливає і вологозабезпеченість. Підтримка вологості ґрунту в межах 60...70% повної польової вологоємності гарантує мінімальне накопичення нітратів в продукції. В посушливе літо перед збиранням овочевих і особливо зеленних культур (шпинат, салат, кріп) їх необхідно рясно полити.

Для отримання високоякісних бульб картоплі з мінімальною кількістю нітратів пророщують і прогрівають бульби, вибирають оптимальні ранні терміни посадки, прагнуть зберегти бадилля в вегетуючому стані протягом тривалого періоду.

Мінімальна кількість нітратів в бульбах накопичується при внесенні мінеральних добрив у співвідношенні N: P: K = 1,0: 1,5: 1,2. Кращою формою органічних добрив під картоплю вважається перепрілий гній, який доцільно вносити восени (під перекопування). При внесенні рідкого гною до нього необхідно додавати соломі (1 частина на 5 частин гною). Пташиний послід краще вносити в формі компосту (60% посліду і 40% торфу) – 4 кг/м². Оптимальна кислотність ґрунту для картоплі – рН 5,1 ... 5,5.

Кількість нітратів в коренеплодах до періоду їх збирання зменшується. У пучковій моркві і молодому столовому буряку вміст нітратів в 2...4 рази вище, ніж при збиранні в кінці вегетації. Вміст нітратів коливається і протягом доби. Так, збирання листових овочів слід проводити у вечірні години, в цей час в них міститься нітратів на 30 ... 40% менше.

Розглядаючи нітратне забруднення сільськогосподарської продукції, слід враховувати макро- і мікроелементний склад ґрунтів, ступінь їх забруднення та ін. Так, на ґрунтах легкого гранулометричного складу, бідних калієм, небезпека нітратного забруднення зростає. Недолік сірки теж сприяє накопиченню нітратів, так як сульфогрупа входить до складу ферменту нітратредуктази, що представляє собою комплекс флавопротеїнів з молібденом. При дефіциті в ґрунті молібдену і марганцю нітратредуктаза утворюється в недостатній кількості, що, в свою чергу, стимулює накопичення нітратів в рослинах.

На процеси накопичення нітратів в овочах впливає забруднення ґрунту і поливної води. Це також необхідно враховувати при вирішенні практичних завдань.

Зібрану продукцію слід правильно зберігати і переробляти, оскільки порушення умов зберігання та режимів переробки може викликати підвищення кількості нітратів в кінцевому продукті.

Коливання у вмісті нітратів при зберіганні залежать від виду продукції, вихідного вмісту їх і режимів зберігання. Зберігання щойно зібраних овочів при низькій температурі (в холодильнику) запобігає утворенню нітратів, зберігання при кімнатній температурі сприяє їх утворенню. До накопичення нітратів призводять сильна забрудненість листових овочів і коренеплодів, механічні пошкодження, відтавання свіжозаморожених овочів протягом тривалого часу при кімнатній температурі. При зберіганні овочів і картоплі в оптимальних умовах (температура і вологість повітря) кількість нітратів у всіх видах продукції знижується, причому найбільш помітно в лютому-березні (табл. 6.10).

Таблиця 6.10 – Зниження вмісту нітратів в продукції, мг/кг сірої маси

Продукція	Через 3 міс	Через 6 міс	Продукція	Через 3 міс	Через 6 міс
Картопля	10...15	50...70	Буряк столовий	20...30	50...55
Морква	20...30	50...60	Капуста білоголова	10...15	50...60

Залежно від режимів та видів технологічної переробки змінюється вміст нітратного азоту в кінцевому продукті. Як правило, кількість нітратів у продукті в процесі переробки знижується. При цьому важливо дотримуватися режиму переробки. Попередня підготовка продукції (очищення, миття, сушіння) призводить до зниження кількості нітратів в продуктах харчування на 3 ... 35%. У процесі переробки продукції швидко руйнуються ферменти і гинуть мікроорганізми, що зупиняє подальше перетворення нітрату в нітрит.

В процесі варіння картоплі рівень нітратного азоту падає на 40...80%, на пару - на 30 ... 70%, при смаженні в рослинному маслі - на 15%, у фритюрі - на 60%. Якщо попередньо картоплю замочити в 1%-ому розчині хлориду калію і 1%-ому розчині аскорбінової кислоти, то при подальшому смаженні у фритюрі рівень нітратів спадає на 90%.

Найбільшу кількість нітратів втрачає в процесі варіння капуста – майже 60% вихідного змісту (табл. 6.11).

У плодах солоних томатів кількість нітратного азоту зростає в 1,4...1,8 рази, при цьому в розсолі його в 2,2...2,8 рази більше, ніж у вихідних свіжих плодах. Це результат застосування в якості приправи зеленних овочів (кріп, петрушка) і часнику, що містять підвищену кількість нітратів.

У перші дні кількість нітратів в плодах огірків ефективніше знижується при консервуванні, ніж при засолюванні. Однак на 30-ту добу ефект від засолювання і консервування виявляється приблизно рівним, кількість нітратів становить понад 30% вихідного рівня в продукції. При квашенні капусти вміст нітратів на п'яту добу знижується в 2,1 рази в порівнянні з вихідною кількістю у свіжій капусті. Протягом двох наступних діб рівень нітратів у квашеній капусті практично не змінюється, постійне утримання зберігається в розсолі протягом тижня.

Таблиця 6.11 – Зниження вмісту нітратів в різних продуктах в процесі варіння (Черников та ін., 2000)

Продукт	NO_3^- , мг/кг		Зниження, %
	До варіння	Після варіння	
Капуста	57,8	24,3	58
Морква	34,6	28,8	17
Буряк столовий	100,8	80,3	20
Картопля очищена	39,0	23,5	40
Картопля неочищена	32,6	27,2	17

При квашенні, маринуванні і консервуванні частина нітратів переходить у нітрити, кількість яких зростає на третій-четвертий день, потім їх зміст падає і до п'ятого - сьомого дня нітрити повністю зникають. Ось чому використовувати в їжу консервовані продукти протягом першого тижня не рекомендується.

При виготовленні томатного соку, в процесі термічної обробки, кількість нітратів зменшується в 2 рази. При 57%-му виході соку з моркви і 80%-ному виході соку із столового буряка значна частина нітратів переходить у рідку фазу. Кількість їх в соку залежить від виду продукції. Так, в морквяний сік з коренеплодів переходить 44% нітратного азоту від загальної кількості його в сировині, у буряка майже 80% його також переходить в сік (табл. 6.12).

При виробництві сухих вин нітрати переходять в сік. Отримані вина можуть містити 1 ... 47,8 мг нітратного азоту в 1 л. Відомо, що концентрація нітратів вище 8 мг/л істотно позначається на якості смаку продукту. Сік набуває терпкий, кислувато-солоний смак.

Свіжий приготований сік не можна довго зберігати без обробки, він може стати небезпечним для здоров'я внаслідок швидкого переходу нітратів

у нітрити. При зберіганні бурякового соку протягом доби при 37°C кількість нітритів зростає від нуля до 296 мг/л, при кімнатній температурі – до 188 мг/л, а в холодильнику – до 26 мг / л.

Таблиця 6.12 – Вміст нітратів в соку овочевої продукції (Черников та ін., 2000)

Продукт	Вміст азоту нітратів у вихідному продукті	Вміст азоту нітратів в соку	
		мг/л	% кількості в продукті
Морква столова	148,8	64,8	44
Буряк столовий	455,3	335,4	77

В процесі сушіння продукту або упарювання рідини кількість нітратів найчастіше збільшується.

Нітрити. Нітрит-іон (NO_2^-) є складовою частиною азотної кислоти (HNO_2), яка існує у вигляді розведеного водного розчину на холоді, так як в звичайних умовах легко розкладається.

У ґрунті нітрити утворюються в результаті діяльності нітрифікуючих і денітрифікуючих мікроорганізмів в якості проміжного продукту окислення аміаку і відновлення нітратів.

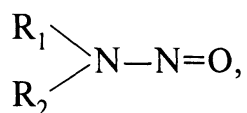
У звичайних умовах їх вміст у рослинах і воді невеликий. Однак при зберіганні свіжих овочів при кімнатній температурі може відбуватися мікробіологічне перетворення нітратів в нітрити.

Вміст нітритів збільшується до 3600 мг/кг сухої речовини. При зберіганні в холодильнику протягом доби кількість нітритів, наприклад, в свіжозібраному шпинаті поступово збільшується, в той час як в замороженому шпинаті їх вміст не змінюється. Однак кількість нітритів різко зростає при відтаванні замороженої продукції при кімнатній температурі протягом тривалого часу. Тривале зберігання банок з консервованими продуктами дитячого харчування у відкритому стані веде до підвищення вмісту нітритів. Нітрити (зокрема, нітрит натрію) широко використовують при виробництві та консервуванні ковбасних і м'ясних виробів і рибної продукції для запобігання ботулізму. Звичайні концентрації нітритів у харчових продуктах і воді не представляють небезпеки для здоров'я дорослих і дітей старшого віку, але ризик може бути набагато вище для грудних дітей до 3 ... 6-місячного віку.

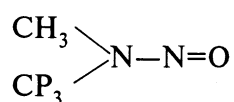
У деяких країнах додавання нітритів в м'ясо, м'ясні продукти, сир та рибні продукти регламентується законодавством.

З м'ясних продуктів найбільшу кількість нітритів виявлено в солонині і шинці (відповідно 20...200 і 10...180 мг/кг), найменша їх кількість міститься в сосисках (8 ... 10 мг/кг). Сири, як правило, не містять помітної кількості нітритів (не більше 1 мг/кг).

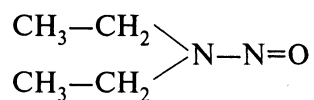
N-нітрозоз'єднання. Ці речовини мають загальну структуру:



де R_1 и R_2 є алкільними чи арільними групами. N-нітрозоз'єднання відносяться до хімічних сполук, широко поширених в компонентах навколишнього середовища – ґрунті, воді, повітрі, рослинах, тому вони постійно діють на людину. Багато з цих сполук здатні викликати пухлини у теплокровних навіть при невеликих концентраціях. Вважається, що доза нітрузоамінів 10...14 мг/кг є канцерогенною при тривалому надходженні з продуктами, що мають суттєву питому вагу в раціоні людини. До N-нітрузо сполук відносяться N-нітрузоаміни і N-нітрузоаміди. N-нітрузоаміни утворюються як в самих організмах теплокровних, так і поза ними. На відміну від N-нітрузоамінів N-нітрузоаміди проявляють канцерогенну дію без попередньої модифікації. Широко поширені N-нітрузоаміни: N-нітрузо діметиламін (НДМА) зі структурною формулою



і N-нітрузодіетиламін (НДЕА) зі структурною формулою



Нітрузоаміни – досить стабільні з'єднання, здатні тривалий час циркулювати в навколишньому середовищі, забруднюючи ґрунт, воду, повітря, корми. У багатьох регіонах існує реальна загроза підвищення вмісту N-нітрузоз'єднань і їх попередників, негативного впливу на екосистеми, стан здоров'я людини і тварин.

Наявність нітрузоамінів в ґрунті свідчить про те, що вони можуть надходити в рослини екзогенним шляхом, тобто в системі ґрунт - рослина нітрузоаміни можуть утворюватися і розкладатися, поглинатися рослинами.

Нітрозоз'єднання, які надходять з ґрунту в рослини під дією ферментів піддаються денітрозуванню і розщепленню до вихідних речовин. Крім того, нітрузоаміни можуть утворюватися і в самих рослинах при наявності попередників: амінів, амідів, нітратів, нітритів і деяких амінокислот. До речовин, що каталізують реакції нітрузування, відносяться: хлориди, броміди, нітрати, солі металів, комплексні сполуки Мо, Сu, Fe, Hg, Со, хлорогенова і галова кислоти. До інгібіторів реакції нітрузування відносяться: аскорбінова кислота, токоферол, лізин, треонін, кавава і ферулова кислоти.

Найбільша кількість НДМА (нітрузодіетиламіна) знайдена в рибних (31...35 мг/кг), м'ясних (37...41) продуктах, пиві (40...45) і солоді (560...590 мг/кг). Зміст нітрузоамінів в молочних і рослинних продуктах, напоях і соках коливається в широких межах (0,01...1,2 мкг/кг). Допустимі концентрації нітрузоамінів в продукції рослинництва встановлені в межах 0,005...0,01 мг/кг сирової речовини. Сумарний вміст НДМА і НДЕА в зерні не повинен перевищувати 0,002 мг/кг, в пиві – 0,003 мг/кг, в солоді – 0,015 мг/кг. Однак для інших продуктів нормативів на утримання нітрузоамінів поки немає.

У сумішах соковитих концентрованих кормів зміст НДМА може досягати 150 мкг/кг. У кормах з додаванням рибного борошна кількість НДМА коливалася в межах 5...400 мкг/кг. Серед культурних рослин найменшим вмістом нітрузоамінів відрізняється пшениця, а найбільшим – буряк. Високою кількістю нітрузоамінів відрізняються такі лікарські трави, як череда, собача кропива і шавлія.

Кількість нітрузоамінів в продукції рослинництва залежить від погодних умов, властивостей ґрунту і застосовуваних добрив. При несприятливих погодних умовах вміст нітрузоамінів збільшується. При внесенні фосфорних і калійних добрив кількість НДМА і НДЕА в бульбах картоплі знижується більш ніж в 4 рази. В процесі зберігання картоплі протягом 9 міс. кількість нітрузоамінів також знижується. Азотні добрива, сприяють акумуляції нітрузоамінів у врожаї редьки та капусти пекінської.

В цілому зміст N-нітрозоз'єднань в рослинницької продукції значно нижче в порівнянні з можливим їх накопиченням в продукції тваринництва. Як правило, в продукції рослинництва кількість НДМА вище, ніж НДЕА. Найбільше НДМА накопичується в капусті, буряку кормовому і моркві. Високим вмістом НДЕА відрізняються яблука, капуста і кукурудза.

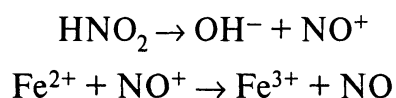
Таким чином, висока акумуляція N-нітрозоз'єднань в продукції в значній мірі обумовлена діяльністю людини. Зрозуміло, дуже важливо враховувати допустимі рівні вмісту нітрозоз'єднань (табл. 6.13).

Таблиця 6.13 – Допустимі рівні вмісту N-нітрузоамінів в продовольчій сировині і харчових продуктах (сумарний вміст НДМА і НДЕА) (Беляєв та ін., 1993)

Продукт	Вміст	Продукт	Вміст
М'ясо та м'ясні продукти (крім копчених)	0,002	Зернові, зернові бобові, крупи, борошно, хлібобулочні та макаронні вироби	0,002
Копчені м'ясні продукти	0,004	Пивоварений солод	0,015
Риба і рибопродукти	0,003	Пиво, вино, горілка та інші спиртні напої	0,003

Вплив нітратів і їх похідних на здоров'я людини. Як речовини з токсичними властивостями, нітрати і нітрити відомі давно. Наприклад, широку популярність одержало захворювання під назвою «метгемоглобінемія», особливо небезпечне для дітей грудного віку. При цьому захворюванні нітратний іон (NO_3^-) взаємодіє з гемоглобіном крові, утворюючи метгемоглобін, який не здатний транспортувати кисень крові, що призводить до задухи.

Метгемоглобін – продукт окислення двовалентного заліза (Fe^{2+}) в тривалентне (Fe^{3+}). В результаті гемоглобін, який має червоне забарвлення, перетворюється в метгемоглобін, що відрізняється темно-коричневим забарвленням:



При нормальному стані в організмі утворюється близько 2% метгемоглобіну, оскільки редуктори червоних кров'яних тілець (еритроцитів) дорослої людини мають здатність знову перетворювати утворений метгемоглобін в гемоглобін.

При надходженні значних кількостей нітратів в організм людини проявляється ціаноз (темно-синє або фіолетово-синє забарвлення слизової і шкірного покриву), знижується кров'яний тиск, спостерігається серцева і легенева недостатність.

Перші ознаки захворювання відзначаються при вмісті в крові 6...7% метгемоглобіну. Легка форма хвороби відповідає змісту в крові 10...20% цієї речовини, середня – 20...40, а важка – більше 40% (не виключається летальний наслідок).

Нітрати в підвищеній концентрації можуть впливати на активність ферментів травної системи, метаболізм вітаміну А, діяльність щитовидної залози, роботу серця, на центральну нервову систему. Хронічна інтоксикація нітратами знижує вміст в організмі вітамінів А, Е, С, В, і В₆.

Підвищені кількості нітратів в продуктах харчування можуть призводити до виникнення і більш небезпечних захворювань. Нітрити, що утворилися в кишечнику, можуть перетворюватися в нітрузоаміни – сильні канцерогени.

Механізм канцерогенної дії N-нітрузоз'єднань на молекулярному рівні включає алкілювання нуклеїнових кислот, в першу чергу гуаніну.

Канцерогенність нітрузоз'єднань для плоду, що розвивається в 10 разів вище, ніж для дорослих людей, що, можливо, визначається більшою активністю нуклеїнових кислот в період ембріонального розвитку, а також високою чутливістю нервової системи плода.

Вивчення біологічної дії нітратів та їх похідних свідчить про те, що підвищені концентрації цих речовин можуть мати негативний вплив на всі життєво важливі функції людини (рис. 6.8).

Інгібіторами реакції нітрузування в організмі людини є аскорбінова кислота (вітамін С), а також токоферолі (вітаміни групи Е), поліфеноли, танін і пектинові речовини, що містяться в овочах.

При співвідношенні вітаміну С і нітратів 2:1 нітрузоаміни не утворюються. Таке співвідношення властиво багатьом овочам, що природним шляхом запобігає небезпеку утворення нітрузоамінів. Перешкоджає утворенню нітрузоамінів і клітковина, яка пригнічує всмоктування їх в кров в товстій кишці.

Передбачається, що аскорбінова кислота інгібує утворення метгемоглобіну. Так, досліді, проведені на щурах, показали, що при годуванні їх капостою, що містить NO_3^- в кількості 260 мг/кг концентрація метгемоглобіну в крові піддослідних тварин була практично однакова, що пояснюється більш високим вмістом вітаміну С в капусті.

Вітамін С володіє і протираковою дією. Отже, необхідно вводити в раціон продукти з високим вмістом вітамінів, особливо вітаміну С (овочі і фрукти).



Рисунок 6.8 – Можливі ефекти впливу підвищених кількостей нітратів і їх похідних на організм людини (Черников та ін., 2000)

6.2.3 Пестициди та їх залишкові кількості в продуктах

Поряд з добривами в агроєкосистемах надходять різні хімічні сполуки, що використовуються в якості засобів захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, загальна назва яким – пестициди. Особливу небезпеку викликає можливість забруднення ґрунтів, води, рослин, в тому числі врожаю і продуктів його переробки, залишковими кількостями пестицидів.

Пестициди можуть призводити до утворення злоякісних пухлин у людини. Приблизно 70% застосовуваних сполук потрапляє в організм людини з м'ясом, молоком і яйцями, а 30% - з рослинною їжею.

Основна причина накопичення залишкових кількостей пестицидів в продуктах - порушення правил і регламентів застосування препаратів. До них відносяться: завищення рекомендованих доз; порушення термінів обробки сільськогосподарських культур; неправильний вибір препаратів і способів їх застосування і т.п.

При оцінці можливості допуску нового препарату проводять ряд екотоксикологічних перевірок. При цьому слід робити ставку не тільки на виявлення характерних особливостей поведінки пестициду в навколишньому середовищі, а й на його дію на рослини і тварин в процесі їх біологічного розвитку. Контроль повинен поширюватися і на якість кінцевої продукції, що використовується для харчування. Необхідно знати

всі процеси проходження забруднюючих речовин через організм рослин і тварин, що харчуються цими рослинами (рис. 6.9).

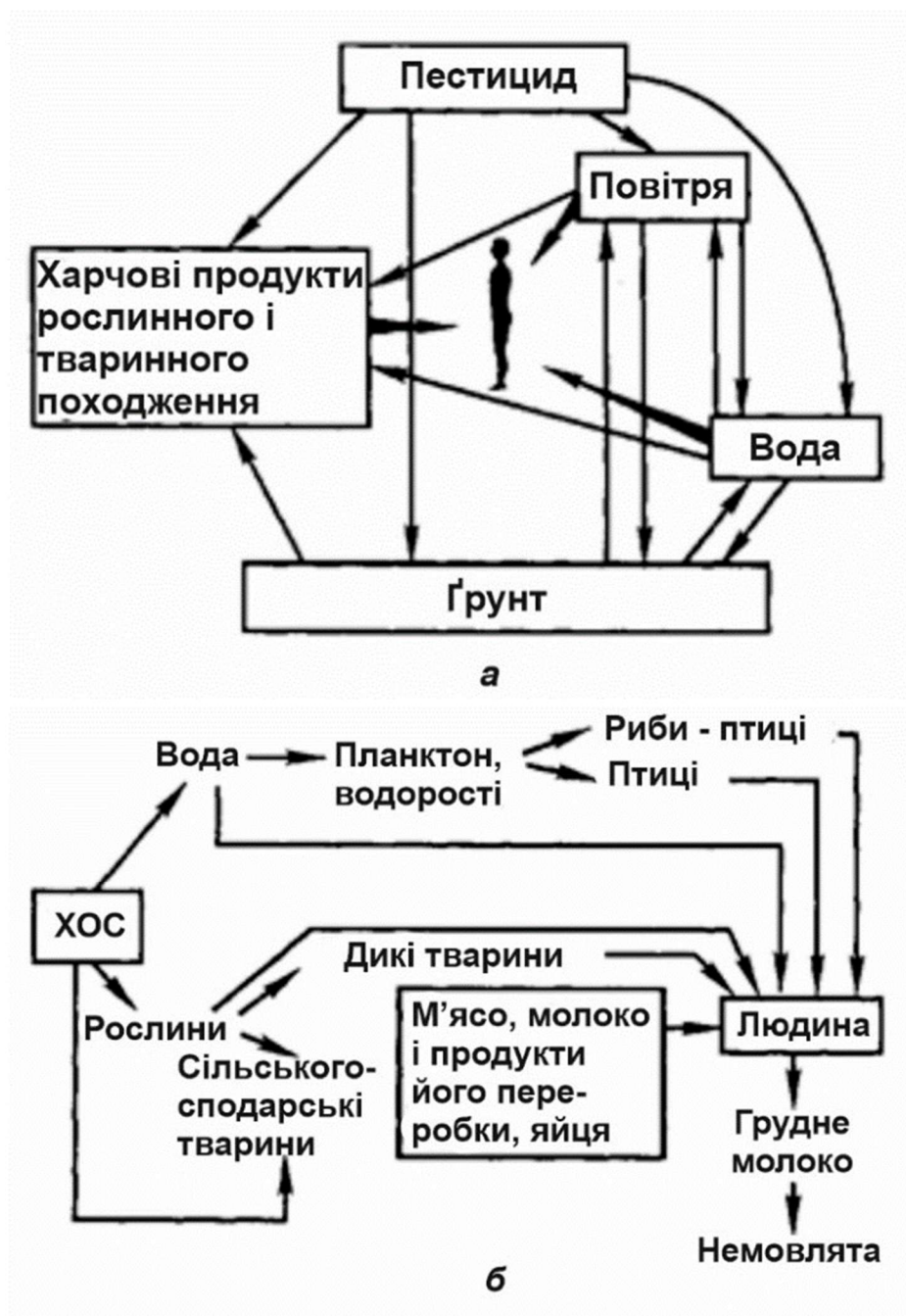


Рисунок 6.9 – Можливі шляхи надходження пестицидів в організм людини (а); міграція та біоконцентрації хлорорганічних сполук (ХОС) у харчових ланцюгах (б) (Черников та ін., 2000)

Критерієм оцінки вмісту пестицидів є гранично допустима концентрація (ГДК) або припустима залишкова кількість (ПЗК). У різних країнах ці нормативи неоднакові, що ускладнює обмін продовольством.

Основна причина таких відмінностей – використання різних методів визначення залишкових кількостей препаратів та продуктів їх розпаду.

Найчастіше в харчових продуктах містяться залишки діхлордіфенілтрихлоретану (ДДТ) і ізомерів гексахлорциклогексану (ГХЦГ).

Пестициди можуть впливати на обмінні процеси в рослинах, що впливає на хімічний склад і харчову цінність продукції. При дотриманні всіх правил застосування засобів хімізації негативних змін в складі і вмісті поживних елементів в рослинах не відбувається, а накопичення пестицидів в продукції не перевищує ГДК.

Для уникнення можливості акумуляції залишкових кількостей пестицидів у навколишньому середовищі, зменшення ризику виникнення резистентних видів шкідливих організмів, необхідно чергувати препарати з різним механізмом дії. Використання окремих ефективних прийомів захисту рослин не забезпечує довготривалого придушення шкідливих організмів. Необхідно використовувати інтегрований захист рослин, коли хімічні методи поєднуються з біологічними і агротехнічними заходами.

Рослини за ступенем накопичення залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів (ХОП) в продуктивних органах розташовуються в наступному порядку: морква > петрушка > картопля > буряк > багаторічні трави > томати > кукурудза > капуста білоголова. В коренеплодах ХОП накопичуються в основному в шкірці і в менших кількостях – в м'якоті. Накопичення пестицидів і продуктів їх розпаду в харчовій продукції пов'язане з процесами метаболізму, з біохімічним складом рослин. У зерні, плодах і ягодах тривалому збереженню хімічних засобів захисту рослин сприяє наявність в продукції моносахаридів і полісахаридів, які є стабілізаторами токсикантів. Ці властивості цукру використовують у фармакології для приготування таблеток. Встановлено, що сорти картоплі з великою кількістю крохмалю краще накопичують і зберігають фунгіцид ридоміл МЦ. Після 8 місяців зберігання бульб вміст цієї речовини в 270 разів перевищувало максимально допустимий рівень.

Основну роль у стійкому функціонуванні агроecosистем грають ґрунти з їх унікальними властивостями і здатністю до самоочищення від забруднюючих речовин, в тому числі і від залишкових кількостей пестицидів. Важливими чинниками в процесах трансформації забруднюючих речовин є гранулометричний склад, вміст гумусу в ґрунті і його склад. Гумус інактивує продукти розпаду пестицидів і перешкоджає

тим самим забруднення екосистем. Разом з тим ксенобіотики, що сорбуються гумусовими сполуками можуть зберігатися в ґрунті тривалий час, представляючи постійну загрозу токсикації окремих компонентів екосистем.

Хлорорганічні пестициди протягом декількох десятиліть займали одне з перших місць за масштабами використання в сільському господарстві України. ХОП стійкі до високої температури, сонячної радіації, дії сильних кислот і лугів. Вони характеризуються міцністю утворених хімічних зв'язків, слабкою розчинністю у воді. Ці властивості зумовлюють тривале збереження препаратів у навколишньому середовищі (період напіврозпаду в ґрунті 10 ... 15 років), здатність циркулювати в природі і поширюватися на великі відстані, забруднюючи природні компоненти. Існує два шляхи надходження ХОП в екосистеми: 1) випадання з опадами в результаті глобального переносу повітряних мас в напрямку із заходу на схід у Північній півкулі; 2) багаторічне застосування на полях ДДТ і ГХЦГ (другий шлях - основний).

ДДТ з'явився в середині 40-х рр. ХХ ст. Препарат відразу ж затьмарив інші хімікати як найефективніший. Швейцарський дослідник П. Мюллер в 1948 році за синтез ДДТ отримав Нобелівську премію. У перші роки після другої світової війни ДДТ рекомендували застосовувати при вирощуванні всіх культур, він вважався абсолютно безпечним. А приблизно через 10 років було встановлено, що кормові культури, оброблені ДДТ, небезпечні не тільки для самих корів, а й для телят. Надходячи з молоком, ДДТ викликав у телят серйозні порушення здоров'я (розлад нервової системи). У 70-х рр. ХХ ст. з'ясувалося, що ДДТ і його похідні мають мутагенну дію, що порушує спадковість. При цьому негативний вплив пестициду істотно посилюється його метаболітами.

В кінці 60-х - на початку 70-х рр. ХХ ст. препарат і його похідні були виявлені в жирових тканинах і материнському молоці, причому кількість їх в материнському молоці виявилося набагато вище, ніж у коров'ячому.

Використання високочутливих методів аналізу дозволило з'ясувати, що органохлориди, до яких відносяться ДДТ і його метаболіти, – стійкі речовини, здатні тривалий час забруднювати навколишнє середовище, перебуваючи в ґрунті, воді або повітрі і тим самим беручи участь в утворенні небезпечних харчових ланцюгів.

Серед пестицидів виявлено чимало речовин, що мають канцерогенну дію. Потрапляючи в організм, вони можуть вступати в реакції

нітрозорування, утворюючи канцерогенні сполуки. Крім того, канцерогенність препаратів багато в чому пояснюється наявністю канцерогенних домішок. Так, в препараті 2,4-Д міститься до 14мг/кг НДМА, а в тріфлані – до 500 мг/кг.

При розпаді пестицидів в рослинах можуть утворюватися різні сполуки (метаболіти), які набирають реакції нітрозорування. Про це свідчить виявлення в рослинних тканинах N-нітрозосімазину і N-нітрозозатразину, що представляють канцерогенну небезпеку. Хлорорганічні сполуки і препарати діоксинового синтезу, які зберігаються тривалий час в ґрунті, можуть потрапляти в ланцюги харчування людини і тварин. У зв'язку з цим необхідно нормування вмісту стійких пестицидів не тільки в харчових продуктах, але і в ґрунтах. Якщо вміст пестицидів в ґрунті вище ГДК, то деякі культури (морква, петрушка, картопля) не рекомендується вирощувати на даному полі, оскільки частина препаратів може накопичуватися в товарній частині врожаю.

Залишкові кількості 2,4-Д виявлені в кормах і рибі. Досить високий вміст даного гербіциду виявлено в молоці і незначний – в зерні злаків (мг/кг):

Зернові	0,02	Риба	0,30
Картопля	0,04	Молоко	0,09
Овочеві	0,05	Корма	0,34

Окремий напрямок біологічного захисту – використання препаратів на природній (найчастіше рослинній) основі. Слід пам'ятати і про деякі загальнодоступні прийоми. Так, висушене і подрібнене листя картоплі, поміщене з бульбами в сховище, знижують на 40% втрати продукту при зберіганні. Настій зеленого перцю з часником або тютюном дуже ефективний проти колорадського жука.

Важливо також враховувати потенційні можливості самоочищення і самовідновлення екосистем і їх компонентів. Величезна кількість пестицидів, що циркулюють у біосфері, в кінцевому підсумку осідає в ґрунті, впливаючи на якість сільськогосподарських продуктів. Подальша доля ксенобіотиків, самоочищення агрофітоценозів від них залежать від властивостей ґрунту, головним чином від її біологічної активності. Мікроорганізми, що виділяють ферменти, грають основну роль в процесах розкладання пестицидів у ґрунті. Так, розкладання препарату 2,4-Д у нестерильному ґрунті відбувається в кілька разів швидше, ніж в стерильному.

При відсутності впливу світлового фактора (фоторозкладання) на частку мікробного розкладання 2,4-Д припадає близько 70%. Отже, підтримання умов, необхідних для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів, сприяє обмеженню надходження пестицидів у вирощувану продукцію.

6.3 Способи виключення або мінімізації негативного впливу забруднень

6.3.1 Зв'язок «чистоти» сільськогосподарської продукції зі станом ґрунтового покриву

Використовуючи ґрунтові ресурси, людина отримує приблизно 90...94% продуктів харчування. «Чистота» цих продуктів визначається властивостями ґрунту, – самоочищення та буферності, які в значній мірі залежать від вмісту гумусу, кислотності ґрунту, гранулометричного і мінералогічного складу, окислювально-відновних умов, щільності ґрунту.

Оцінюючи основні ґрунтово-екологічні фактори, що визначають безпеку сільськогосподарської продукції, необхідно брати до уваги наступне. Гумус в ґрунті виконує ряд екологічних функцій. Маючи високу сорбційну здатність, гумусові речовини утворюють з токсикантами (наприклад, з важкими металами) малорухливі з'єднання і тим самим запобігають надходженню токсикантів в сільськогосподарські продукти. Так, гумінові кислоти ґрунту, що містять 4% гумусу, можуть зв'язати (в розрахунку на 1 га): 17 929 кг заліза, 4500 кг свинцю, 1517 кг міді, 1015 кг цинку, 913 кг марганцю.

Гумус не тільки сорбує речовини, а й активізує ґрунтову біоту, нормалізує структуру мікробного ценозу, блокує таким чином появу мікотоксинів і забруднення ними продуктів харчування.

У зв'язку з цим на ґрунтах підзолистого типу, бідних органічною речовиною, небезпека забруднення сільськогосподарської продукції значно вище, ніж на чорноземах.

Екологічна безпека сільськогосподарської продукції залежить і від кислотності ґрунту (pH), що впливає на розчинність токсикантів і їх надходження в рослини. В ґрунтах, що мають реакцію, близьку до нейтральної, небезпека забруднення сільськогосподарської продукції (наприклад, важкими металами) знижується. При збільшенні кислотності,

як і лужності, розчинність важких металів зростає і міграція їх в рослини збільшується. Як і гумус, рН ґрунту впливає на структуру мікробного ценозу, знижуючи або підвищуючи небезпеку забруднення харчових продуктів мікотоксинами. Врахування фактичної кислотності ґрунтів при розміщенні сільськогосподарських культур і ліквідація надлишкової кислотності за допомогою вапнування дуже важливі для отримання безпечної продукції.

Гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту впливають на ємність катіонного обміну, що обумовлює різну рухливість токсикантів, а отже, різну ступінь надходження їх в сільськогосподарську продукцію. Так, на ґрунтах важкого гранулометричного складу, що мають велику площу поверхні частинок, ємність катіонного обміну вище, що зменшує рухливість токсикантів і надходження їх в харчові продукти. Сільськогосподарська продукція, яка вирощена на ґрунтах, до складу яких входять мінерали з невисокою ємністю катіонного обміну (наприклад, каолініти), легше забруднюється токсикантами, ніж та, що вирощена на ґрунтах, представлених мінералами монтморилонітової групи.

На перезволожених ґрунтах (глеюватих, глеєвих) збільшується небезпека забруднення сільськогосподарської продукції токсикантами (важкими металами) внаслідок збільшення їх рухливості. Надлишок води в ґрунті сприяє появі в ній металів з низькою валентністю в більш розчинній формі. Використовувати для вирощування сільськогосподарських культур ґрунту з порушеним гідрологічним режимом слід тільки після меліоративних робіт.

Ущільнення ґрунту збільшує рухливість токсикантів (важких металів), що робить небезпечним вирощування сільськогосподарських культур. Так, збільшення щільності ґрунту з 0,6...1,0 до 1,3...1,8 г/см³ підсилює рухливість важких металів в кілька разів.

Певну роль в питаннях «здоров'я» ґрунту, а отже, якості вирощуваної сільськогосподарської продукції відіграють живі організми, що населяють ґрунт, особливо мікробіота. При попаданні токсикантів в ґрунт подальша доля цих речовин залежить від активності і структури мікробних ценозів, які визначають здатність ґрунту до самоочищення. Ця здатність тісно взаємопов'язана з розглянутими раніше ґрунтово-екологічними факторами.

Наприклад, перетворення пестицидів з найбільшою інтенсивністю відбувається в чорноземах, які характеризуються високим вмістом гумусу, сприятливою реакцією середовища, підвищеною біологічною активністю,

визначеною структурою мікробного ценозу і мікробним різноманіттям. Чорноземні ґрунти мають здатність протистояти дії токсикантів, що надходять в ґрунт, тобто доброю буферністю.

Таким чином, збереження і збільшення вмісту гумусу в ґрунті, оптимізація ґрунтової кислотності, осушення та зменшення ущільнення ґрунту – важливі умови вирощування екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.

6.3.2 Прийоми зниження негативної дії токсикантів

В результаті впливу техногенних факторів, порушення технологічної та екологічної дисципліни на енергетичних, промислових, сільськогосподарських та інших підприємствах понад 10 млн га сільськогосподарських земель в Україні в тій чи іншій мірі піддані забрудненню важкими металами, радіонуклідами та іншими токсикантами.

Значні площі найбільш забруднених ґрунтів на багато років безповоротно випали з сільськогосподарського обороту. Однак багаторічні дослідження, вітчизняний і зарубіжний досвід дозволяють рекомендувати виробництву досить вивірені прийоми, що забезпечують повну або часткову рекультивацію забруднених ґрунтів. Це хімічна, фізико-хімічна та біологічна меліорація, а також спеціальні агротехнічні заходи.

Використання в якості меліорантів вапняних матеріалів, калійних добрив та інших хімічних засобів дає можливість: довести реакцію середовища (рН ґрунту) до рівня, коли рухливі сполуки важких металів, радіоактивних елементів та інших токсикантів переходять в недоступну менш доступну для сільськогосподарських рослин форму; створити в ґрунтовому розчині підвищену концентрацію елементів-антагоністів (наприклад, калію, фосфору, кальцію і ін.) І таким чином скоротити надходження токсичних елементів у вирощувані рослини; в результаті хімічної реакції в ґрунтовому розчині перевести токсичні сполуки в менш небезпечні форми.

Фізико-хімічна меліорація заснована на здатності різних меліорантів адсорбувати токсичні елементи і утримувати їх на поверхні або в структурі кристалічної решітки, що в значній мірі блокує надходження токсикантів в сільськогосподарські рослини. До таких меліорантів належать активоване вугілля, цеоліт, монтморилоніт, вермикуліт і т.д. Прикладом фізико-

хімічної меліорації може служити використання іонітів, дія яких полягає в обміні іонів нетоксичних елементів (речовин) на токсичні.

Склалося кілька напрямків біологічної рекультивації. Серед них вирощування рослин концентраторів токсичних речовин, це грястиця збірна, колосняк піщаний, гречка сахалінська і т.д. За допомогою цих рослин можна витягувати токсиканти з ґрунту. Підвищення біологічної активності ґрунту в результаті внесення органічних добрив, вапнування, усунення ущільнення ґрунту сприяє переведенню більш токсичних сполук в менш токсичні.

Спеціальні агротехнічні заходи включають видалення або глибоке закладення забрудненого шару, землювання та ін.

Розглядаючи способи одержання екологічно безпечної сільськогосподарської продукції, слід звернути увагу на грамотне використання засобів хімізації.

Щоб уникнути посилення процесів мінералізації, що викликають зниження вмісту гумусу в ґрунті під впливом мінеральних добрив, доцільно використовувати більше органічних добрив. Оптимальне співвідношення органічних і мінеральних добрив – 4:1. При внесенні мінеральних добрив, особливо фосфорних, необхідно знати їх хімічний склад (вміст важких металів, наявність або відсутність радіоактивних елементів). Для зниження ґрунтової кислотності, що посилюється при внесенні фізіологічно кислих добрив, потрібне вапнування ґрунтів.

Особливу обережність слід проявляти при використанні хімічних засобів захисту рослин. Тут необхідна поінформованість обслуговуючого персоналу про екологічну небезпеку пестицидів, а також суворе дотримання відповідних технологічних регламентів.

Належну увагу слід приділяти грамотній організації екологічно безпечної утилізації відходів тваринницьких комплексів. Переведення тваринництва на промислову основу, яке було виконано без урахування екологічних вимог, негативно вплинуло на навколишнє природне середовище. В результаті будівництва великих комплексів з виробництва молока і відгодівлі худоби виникла реальна загроза забруднення екосистем відходами тваринництва та їх деградації. І такого роду прикладів безліч.

Традиційне використання відходів у вигляді добрив не завжди економічно виправдано, якщо їх доводиться возити на відстань понад 20 км від комплексу. Внесення гною тільки на прилеглі поля призводить до

забруднення території, створюючи, в свою чергу, загрозу надмірного накопичення небажаних інгредієнтів у сільськогосподарських культурах.

Необхідно розбирати «вантаж» проблем утилізації відходів.

Великі тваринницькі комплекси необхідно забезпечити гноєсховищами, пунктами по знезараженню гнойової маси, цехами з приготування органічних добрив. Слід витримувати навантаження поголів'я худоби на 1 га; обсяг гною, що вноситься на 1 га, не повинен перевищувати 50 м³ на рік.

Впровадження системи гідрозмиву гною неминуче призводить до підвищення собівартості продукції. Впливають в першу чергу витрати на будівництво дорогих ставків-накопичувачів для стоків. (до середини 80-х рр. XX ст. забезпеченість такими ємностями в цілому по країні становила менше 20% потрібної). З точки зору екологічної чистоти продукції більш перспективним уявляється повернення до підстилкового гною.

Для вирощування екологічно безпечної продукції певне значення має використання стічних вод в якості добрив і для зрошення. Стічні води містять багато поживних речовин. Але в їх складі можуть бути різні компоненти, які в результаті акумуляції в рослинних об'єктах представляють небезпеку для людини. Стічні води, перед використанням для зрошення, повинні пройти механічну та біологічну очистку, для того щоб попередити забруднення ґрунту і сільськогосподарських культур токсичними речовинами. Агрохімічні та гігієнічні вимоги передбачають розведення стічних вод прісною водою, щоб довести загальну мінералізацію до 1,5...2 г/л, вміст загального азоту – до 150...300 мг/л. Бактеріальний норматив, прийнятий у багатьох країнах світу, – 1000 фекальних каліфом на 100 мл стічних вод для поливу будь-яких рослин.

Використання досягнень біотехнології. Серед нових напрямків біотехнології, що сприяють отриманню екологічно безпечної продукції, слід зазначити наступні: застосування мікробіологічних добрив; промислову переробку побутових відходів; індустріальну технологію компостування відходів тваринництва (технологію переробки екскрементів з використанням гнойової мухи, переробку відходів для отримання біогазу і екологічно чистих органічних добрив та ін.)

Мікробіологічні добрива представляють собою препарати, що містять живі культури мікроорганізмів, які мають цінну властивість підвищувати продуктивність рослин і якість рослинної продукції. Мікробіологічні

добрива вносять безпосередньо в ґрунт або використовують для передпосівної обробки насіння.

Азотофіксуючі мікроорганізми служать чудовою основою для виробництва екологічно чистих біодобрив. Вони сприятливо впливають на якість сільськогосподарської продукції. Так, при інокуляції мікробним азотом в порівнянні з азотом мінеральним в рослинах збільшується вміст білка і вітамінів, а також прискорюється дозрівання.

Мікроорганізми утворюють фізіологічно активні речовини – фітогормони, антибіотики та інші продукти метаболізму, пригнічують ріст патогенної мікрофлори. Крім того, мікроорганізми стимулюють збільшення доступності для рослин макро- і мікроелементів. Застосування бактеріальних добрив запобігає забрудненню нітратами і забезпечує отримання сільськогосподарської продукції високої якості.

Більшість добрив такого виду розробляють на основі бактерій роду *Rhizobium*. Є позитивний досвід і використання для цих цілей *Azotobacter*. В останні роки показана перспективність отримання препаратів з бактерій роду *Klebsiella*, а також поліштамових (два і більше штами) композицій. Такі композиції в деяких випадках унікальні за своєю ефективністю і часто перевершують кращі зарубіжні зразки-аналоги. Переважна більшість мікробних препаратів виготовляється в гранульованій або порошкоподібній формі на основі торфу, а також у вигляді масляної емульсії або замороженого концентрату клітин.

Найбільші виробники мікробних інокулянтів – Австрія, Індія, США. Організація виробництва і раціональне використання біопрепаратів в перспективі дадуть можливість підвищити продуктивність основних сільськогосподарських культур в середньому на 20...25%. Забезпечити отримання продукції більш високої якості. Скоротити період вегетації вирощуваних рослин на 15...25%. Підвищити рентабельність виробництва сільськогосподарської продукції. Крім того, як показують результати досліджень, застосування мікробних інокулянтів дозволить економити до 50...60 кг азотних добрив на 1 га, значно зменшити застосування пестицидів і т.д. Все це в кінцевому підсумку має велике значення для формування та розвитку процесів екологізації сільськогосподарського виробництва.

Цікаві деякі фактичні дані про результати застосування розглянутих препаратів. Як правило, вони сприяють досягненню хороших виробничих і економічних показників. Наприклад, кожна гектарна «порція» препаратів забезпечує прибавку в 10...20 т овочів, 0,5...0,8 т зерна, 1,5...2,0 т картоплі.

Інший важливий в екологічному відношенні напрямок використання можливостей біотехнологічних процесів – отримання мікробних добрив шляхом біологічної обробки відходів тваринництва. Припущення про можливість використання мікроорганізмів для утилізації таких відходів і отримання цінних біологічних добрив було висловлено ще в 1945 році на установчому з'їзді Міжнародного мікробіологічного товариства. Пізніше для цих цілей стали застосовувати аеротенки, в яких інтенсивна аерація і перемішування рідини сприяють швидкому окисленню мікрофлорою органічних сполук азоту, фосфору і калію, розчинених в тваринницьких стоках. У спеціально створеному сприятливому середовищі мікроорганізми активно споживають ці сполуки, швидко розмножуються і накопичують їх у своїй біомасі. Таким шляхом отримують дві фракції добрив: тверду (осад первинних відстійників) і біомасу мікроорганізмів. Суміш активних мікроорганізмів з осіданнями відстійників в співвідношенні 1: 1 висушують при температурі вище 100°C і отримують біодобриво «Баміл» (біомаса активних мікроорганізмів). «Баміл» вміщує 5% азоту, 1,6 – фосфору, 0,5 – калію, 7 % кальцію, а також мікроелементи. Воно позитивно впливає на біологічну активність ґрунту і відповідає екологічним вимогам (відсутність забруднення важкими металами, лікарськими препаратами, яйцями гельмінтів), сприяє зниженню осіменіння мікробами.

Воду, що накопичується в біопрудах, можна використовувати для поливу і розведення риби (коропа, товстолобика та ін.).

6.4 Екологічна сертифікація та екологічне маркування харчової продукції

Екологічна сертифікація служить для оцінки якості продукції. Об'єкт сертифікації – харчова продукція, яка призначена для реалізації на товарному ринку України. Обов'язкова сертифікація харчової продукції здійснюється відповідно до нормативних документів, що встановлюють обов'язкові вимоги щодо ГДК і припустима залишкова кількість (ПЗК), і спрямована на забезпечення її безпеки для здоров'я людей і навколишнього середовища.

Сертифікацію харчової продукції здійснюють уповноважені органи, які отримали право виконання відповідних робіт. Органи по сертифікації харчової продукції повинні використовувати результати випробувань, які отримані за атестованими методиками, що дозволяє повно і достовірно

провести ідентифікацію продукції та підтвердити відповідність її вимогам, встановленим нормативними документами.

При сертифікації проводять випробування для перевірки характеристик (показників) якості продукції, що дозволяють: повно і достовірно підтвердити відповідність продукції вимогам, спрямованим на забезпечення її безпеки для здоров'я людини і навколишнього середовища; отримати інформацію про органолептичні властивості продукції, її хімічний склад.

Порядок проведення екологічної сертифікації продукції включає: заповнення і подання заявки на сертифікацію; попереднє аналізування заявки та визначення вартості сертифікації; надання підтвердної документації; оцінювання відповідності продукції вимогам екологічних стандартів (на основі укладеного між Заявником та Органом сертифікації договору); аналізування даних та прийняття рішення щодо екологічної сертифікації; застосування екологічного маркування (маркетинг); наглядання за екологічно сертифікованою продукцією (щорічна процедура, яка проводиться Органом сертифікації).

Екологічне маркування. Міжнародна організація стандартизації (ISO) пропонує розподіл екологічного маркування та декларування за трьома типами:

I тип – екомаркування носить добровільний характер, ґрунтується на багатьох критеріях, відповідність яким встановлюється третьою незалежною стороною (акредитованим органом сертифікації), а за результатами такої оцінки виробник отримує право використовувати спеціальний знак екомаркування на упаковці, етикетці, в спеціальній документації і т.д., а сама продукція отримує порівняно з аналогічною певні екологічні переваги, що стосуються впливу на навколишнє середовище та життя й здоров'я людини на всіх етапах життєвого циклу продукту (Міжнародний стандарт якості ISO 9001; знак екомаркування "Європейська квітка" (країни ЄС); "Зелена печатка" (США); "Білий лебідь" (Швеція, Норвегія, Фінляндія, Ісландія); "Екознак" (Японія); Всесвітня марка охорони навколишнього середовища "Екологічний вибір" (Канада); "Блакитний янгол" (Німеччина); "Екологічно чистий продукт харчування" (Німеччина); Український знак екологічного маркування "Зелений журавлик" – "Екологічний сертифікат" (раніше "Екологічно чисто та безпечно") (Україна));

II тип – екомаркування носить інформативний характер декларування, має вигляд екологічних позначок або формулювань, таких як "придатний для повторного перероблення", "вміст повторно переробленого матеріалу", "придатний для компостування" тощо, одночасно виключаючи такі декларації як "екологічно чистий", "зелений", "екологічно сприятливий", "екологічно безпечний", "сприятливий до природи", "сприятливий до ґрунту", "не забруднює" і т.п., не потребує процедури сертифікації, але передбачає у разі необхідності надання виробником усієї необхідної інформації щодо вимог та перевірки якості продукції ("Зелена крапка" (Німеччина); Знак замкненого циклу "створення – використання – утилізація"; Знак, який підтверджує можливість повторного використання упаковки після належного очищення; "Знак вторинної переробки"; Знак повторного використання матеріалу (Німеччина));

III тип – передбачає екологічну декларацію шляхом надання інформації стосовно кількісних екологічних показників для одиниці продукції у вигляді технічних звітів незалежної експертної організації на основі спостережень та досліджень життєвого циклу окремого продукту.

Цікавою видається класифікація екологічного маркування, запропонована Ю.М. Мельник, яка враховує окремі стадії життєвого циклу продукції:

- стадія "Виробництво" (екологічне маркування, що відображає екологічність виробничого процесу; екологічне маркування, що висвітлює вплив на навколишнє природне середовище);

- стадія "Споживання" (екологічне маркування, що відображає екологічність продукції; екологічне маркування упаковки; екологічне маркування, що стосується використання та експлуатації; екологічне маркування для виховання екологічної свідомості);

- стадія "Утилізація" (маркування, що характеризує можливості знищення відходів; маркування, що характеризує можливості рециркуляції відходів тощо).

З позиції обов'язковості екомаркування продукції розподіляють на:

- обов'язкове – передбачає нанесення на продукцію символів небезпеки, декларування змісту продукту, відповідності стандартам, посилення на національні схеми маркування, позначки щодо дослідних інститутів, які здійснювали тестування тощо;

- добровільне .– екомаркування трьох типів відповідно до групи стандартів ISO.

За широтою охоплення продуктових груп:

- універсальне (мультипродуктове) – екомаркування, яке охоплює широкі продуктові групи від продуктів харчування до будівельних матеріалів;

- однопродуктове (галузеве) – екомаркування, яке охоплює вузьку продуктову групу (наприклад, продукція сільського господарства, вироби з текстилю тощо).

За масштабом поширення:

- міжнародне – екомаркування, що є визнаним у багатьох країнах світу;
- регіональне – екомаркування, яке є поширеним на території окремого регіону світу (наприклад, території Північної Європи);
- національне – екомаркування, яким позначається продукція певної окремої країни.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.
2. За якими показниками оцінюють безпеку продуктів харчування?
3. Закономірності розподілу важких металів в тканинах і органах рослин.
4. Особливості розподілу важких металів в овочевих культурах.
5. Для чого проводять Нормування токсичних інгредієнтів продовольчій сировині і продуктах харчування?
6. Які агротехнічні заходи сприяють зменшенню токсичності важких металів у рослинах?
7. Що таке нітрати?
8. Накопичення нітратів різними культурами.
9. З чим пов'язано закономірності розподілу нітратів у різних органах рослин?
10. Які існують агротехнічні заходи щодо зниження вмісту нітратів?
11. Що таке нітрити? Закономірності їх утворення.
12. Охарактеризуйте хімічних сполуки – нітрозоз'єднання.
13. Яким чином впливають нітрати на здоров'я людини?
14. Критерії оцінки вмісту пестицидів в харчових ланцюгах.
15. Що таке ДДТ?

16. Від яких екологічних характеристик ґрунту залежить безпека сільськогосподарської продукції?
17. Які засоби хімізації використовують при одержанні екологічно безпечної сільськогосподарської продукції?
18. Що таке екологічна сертифікація? Порядок проведення екологічної сертифікації продукції
19. Що розуміють під екологічним маркуванням?
20. Які існують типи екологічного маркування продукції?

7 ПРИРОДООХОРОННА РОЛЬ БЕЗВІДХОДНИХ ВИРОБНИЦТВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Сучасне багатфункціональне агропромислове виробництво має значну потенційну базу для впровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують комплексне використання вторинних сировинних і промислових відходів від сільськогосподарської сировини.

7.1 Основні аспекти переведення процесів переробки сільськогосподарської сировини на безвідходний цикл виробництва

Проблема переведення процесів переробки сільськогосподарської сировини на безвідходний цикл виробництва має два взаємопов'язаних аспекти – економічний і екологічний. Перший аспект пов'язаний з розширенням ресурсних можливостей за рахунок більш глибокої, комплексної переробки сільськогосподарської сировини і залучення на цій основі невикористаних відходів як джерела одержання продукції харчування, кормів і добрив. Переробка сільськогосподарської сировини зараз – одна з багатовідходних галузей народного господарства. Тільки в Україні поточний вихід відходів і побічних продуктів щорічно становить близько 50 млн. т. Ці відходи містять сотні тисяч тон цукру, білка, харчових кислот і масел, вітамінів та багато інших цінних речовин, виробництво яких здійснюється на спеціалізованих підприємствах. Нині промисловій переробці піддаються не більше 22% відходів.

Другий аспект проблеми полягає у пошуку нових організаційно-економічних принципів розвитку галузі, що враховують екологічний фактор. Зараз він все більше впливає на формування технологічної структури переробки сільськогосподарської сировини. Організація безвідходного виробництва розглядається у зв'язку з охороною навколишнього середовища.

Разом з тим, екологізація підприємств цукрової, масложирової, консервної та інших переробних галузей агропромислового комплексу є одним з найбільш вузьких місць. І причини тут не стільки у відсутності відповідних технологій, скільки в недостатній орієнтації господарського

механізму на безвідходний тип виробництва, який дає можливість погоджувати екологічні й економічні фактори розвитку.

Під відходами виробництва розумітимуться рештки сировини і матеріалів, що утворюються при виготовленні основної продукції, які при виході з виробничого процесу не мають споживчої вартості, останню вони набувають лише в результаті докладання до них додаткової праці (Склянкін Ю.В., Стичинський С.Л., 1988).

Необхідно відзначити, що масове переведення діючого виробництва на безвідходну технологію у найближчому майбутньому неможливе. Однак переведення переробної промисловості АПК на принципи безвідходності цілком ймовірні, що пояснюється наявністю наукових і технічних рішень для утилізації практично всіх відходів виробництва.

Тепер з відходів переробки сільськогосподарської продукції можна одержати понад 100 найменувань різних продуктів харчування, кормів, добрив та іншої продукції. Причому з одного й того ж виду відходів у багатьох випадках можна одержувати різні за якістю продукти. Наприклад мелясу (відходи цукрової промисловості), поряд з використанням в основному виробництві для одержання спирту і хлібопекарських дріжджів, можна застосовувати для виробництва з неї глютамінової і лимонної кислот та інших цінних продуктів. З полісахаридовмісних відходів (соняшникова і зернова лузга, оболонки соєвих бобів тощо) сучасна технологія дає можливість одержувати технічні й харчові вуглеводи, різні спирти, розчинники, гліцерин, кормові дріжджі, органічні кислоти, феноли тощо.

У деяких випадках вартість відходів перевищує навіть вартість продукту, в результаті виготовлення якого одержані дані відходи. Так, при виробництві томатного соку і концентрованих томатопродуктів як відходи виробництва залишається насіння, яке є цінною сировиною для виготовлення томатної олії. При цьому вартість 1 т рафінованої олії помідорів у 2,5 рази вища вартості 1 т томатного соку.

7.2 Екологічна оцінка відходів переробки рослинної сировини. Розширення можливостей переробки цих відходів

Нині відходи переробки технічних і олійних культур становлять близько 95% загального обсягу сільськогосподарської сировини, що переробляється в харчовій промисловості. Це меляса, буряковий жом, дефекат (фільтраційний осад), буряковий бій і хвостики буряків, макуха і

шпроти соняшникові, соняшникова лузга, фосфатидні концентрати, мелясна (після-спиртова) брага, післядріжджова мелясна брага. Ці речовини по-різному забруднюють навколишнє середовище. Так, свіжий жом для навколишнього середовища безпечний. Однак при зберіганні в природних умовах більше трьох діб він скисає. При цьому виділяється неприємний запах, утворюється жомова вода, яка легко загниває і утворює отруйний сапонін.

Невикористаний дефекаат скидається у відвали. В результаті зменшуються площі сільськогосподарських угідь, засмічуються ґрунт і підґрунтові води, розмножуються збудники парші буряків. Крім того, відвали дефекаату є джерелом неприємного запаху.

Невикористану в подальшому у промисловій переробці мелясну (після-спиртову) брагу утилізують шляхом скидання на поля фільтрації, що призводить до нераціонального використання земельних угідь. Органічні сполуки, що містяться в бразі, потрапляючи на поля фільтрації, розкладаються, забруднюючи повітря. Маючи високу біологічну активність, брага часто забруднює і водойми.

Якщо відходи післядріжджової браги не піддають подальшій обробці і скидають на поля фільтрації, відбувається її розкладання. При цьому отруюється повітря в радіусі декількох кілометрів.

З відходів переробки плодоовочевих культур і винограду найбільш багато- численні за своїм складом відходи овочеконсервного виробництва, потім - витерки і насіння помідорів, яблучні вижимки, плодові кісточки, картопляна мезга, картопляний сік, виноградні вижимки і насіння. Серед них найбільш небезпечний для навколишнього середовища картопляний сік. Тепер на деяких картопляно-крохмальних підприємствах картопляний сік після багаторазового розведення (сокову воду) з відстійників виводять у каналізацію при вмісті в ньому 0,4-0,8% сухих речовин. Стічні води, які мають високу біологічну активність, потрапляючи у водойми, забруднюють їх, що призводить до знищення рибних ресурсів.

Відходи переробки зернових культур у структурі вторинних матеріальних ресурсів становлять менше 5%. Серед них зернові домішки, зернові відходи, сплав ячменю, солодові паростки, пивна дробина, залишкові пивні дріжджі, кукурудзяний екстракт, кукурудзяні зародки, кукурудзяна мезга, глютен.

На природу можуть негативно впливати залишкові пивні дріжджі й кукурудзяний екстракт. При наявній технології утилізації залишкових

дріжджів значна їх частина потрапляє у стічні води. Стоки, в яких містяться живі й мертві дріжджові клітини, є одним з основних забруднювачів навколишнього середовища пивоварного виробництва.

Кукурудзяний екстракт застосовують як компонент сирих кукурудзяних кормів. Однак влітку реалізація сирих кормів обмежена, тому частину рідкого екстракту скидають у стічні води, що підвищує забрудненість стічних вод кукурудзокрохмальних заводів.

Екологізація виробництва і зниження забруднення навколишнього середовища досягається за допомогою розширення обсягу і асортименту переробки й цільового використання відходів виробництва.

Відходи переробки технічних і олійних культур є одним з найдешевших джерел кормового і харчового білка, сировиною для виробництва медичних препаратів, кормових добавок, спирту. Так, один з великих забруднювачів - дефека́т можна використовувати для меліорації кислих ґрунтів, які тільки в Україні займають близько 11 млн. га.

Мелясну брагу використовують для одержання кормових дріжджів. Після вирощування дріжджів і їх відділення утворюється відхід – післядріжджова брага, яку частково застосовують для одержання кормового вітаміну В. Іншим способом утилізації післядріжджової браги є внесення її на сільськогосподарські угіддя у вигляді поливів. Використовують брагу і для виробництва органо-мінеральних добрив.

Вуглекислий газ, що утворюється на спиртових заводах, застосовують для одержання зрідженої вуглекислоти.

Жом, як правило, згодовують худобі в натуральному вигляді. Однак більш раціональним способом його зберігання з найменшими втратами поживних речовин є сушіння. Воно дає можливість зберегти початкову кількість поживних речовин свіжого жому у незмінному вигляді.

Мелясу останнім часом використовують для виробництва кормового концентрату лізину, однієї з найважливіших незамінних амінокислот, що входять до складу білків тваринного походження. Виробництво його в усьому світі збільшується, тому що основні конкуруючі з ним рибне і соєве борошно все більше використовують для збагачення харчових продуктів.

Жом і шрот, які одержують у масложировій промисловості, використовують на корм. Соняшникову лузгу застосовують на маслозаводах як технологічне паливо для котелень і сушарок, бо в ній міститься олія, перспективним напрямом її утилізації є згодовування

тваринам виготовленого з неї борошна. В 1 т лузги міститься 40 кг олії, поживна цінність її як грубого корму значно вища, ніж інших грубих кормів.

Найбільш раціональний шлях застосування соняшникового соапстіку – введення в шрот на підприємствах олійно-жирової промисловості і використання останнього для виробництва комбикормів.

Відходи переробки плодоовочевих культур і винограду залежно від хімічного складу можна використовувати для одержання харчових, кормових і технічних продуктів. Так, з яблучних вижимок одержують пектин, який є цінною сировиною, для виробництва харчових напівфабрикатів, які використовують у консервній і кондитерській галузях.

Понад 80% побічних продуктів і відходів плодово-ягідної і овочевої сировини згодують тваринам у свіжому або консервованому вигляді. Доцільніше збагачувати їх кормами, які містять білки, що засвоюються (жом, висівки, дріжджі тощо).

Насіння з помідорів містить до 30% олії, тому найбільш доцільно виробляти з нього олію. Використовують для цього і плодові кісточки. Кісточкову шкаралупу, одержану при виробництві олії, майже повністю застосовують для виготовлення кісточнової кришки, яку широко використовують для очищення нагару і корозії двигунів внутрішнього згоряння і парових турбін, бо вона порівняно з іншими полірувальними матеріалами не пошкоджує поверхні кольорових металів і сплавів. Кісточкову шкаралупу застосовують також при виробництві активованого вугілля, виробляють з неї фурфурол – цінну сировину для хімічної промисловості.

З мезги картоплі одержують концентровані сухі корми.

Відходи і побічні продукти переробки зернових культур також майже повністю залучають для господарських потреб. Так, зародки насіння кукурудзи повністю переробляють на кукурудзяну олію, а велику й дрібну мезгу, глютен і фільтрпресові осади використовують для виробництва сухих кукурудзяних кормів. Із стержнів одержують фурфурол, а залишений після цього агримус (лігнін) можна ефективно застосовувати як добриво. Із лігніну створили також теплоізолюючі суміші, які використовують у будівництві.

Отже, досягнутий рівень розвитку науки і техніки дає можливість переробляти всі без винятку побічні продукти і відходи виробництва переробних галузей агропромислового комплексу. Вданий час не існує технічних обмежень для повного і раціонального їх використання.

Потрібний швидший перехід галузі на безвідходний тип виробництва, що підвищить економічні показники галузі, вирішить проблему раціонального природокористування при переробці сільськогосподарської сировини, сприятиме охороні навколишнього середовища.

Контрольні запитання

1. В чому полягає екологічний підхід переведення процесів переробки сільськогосподарської сировини на безвідходний цикл виробництва?
2. Охарактеризуйте економічний підхід переведення процесів переробки сільськогосподарської сировини на безвідходний цикл виробництва.
3. Що розуміють під відходами виробництва сільськогосподарської продукції ?
4. Які продукти вторинної сировини одержують у цукровій промисловості?
5. Яким чином меляса, буряковий жом, дефекаат впливають на забруднення навколишнього середовища?
6. Опишіть небезпечну дію з відходів переробки плодовоовочевих культур і винограду.
7. Які негативні наслідки від пивних дріжджів і кукурудзяного екстракту?
8. Охарактеризуйте безвідходне виробництво технічних і олійних культур.
9. Які продукти отримують при використанні безвідходних технологій у плодівництві, овочівництві та виноградарстві?
10. В якій галузі використовують продукти переробки зернових культур? З якою ціллю?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Навчальний посібник складено відповідно до нижчезазначених джерел.

1. Агроєкологія. /М.М. Городній, М.К. Шикуча, І.М. Гудков та ін. Київ: Вища школа, 1993. 416 с.
2. Агроєкологія: навч. посібник / Смаглій О.Ф., Кардашов А.Т., Литвак П.В. та ін. Київ: Вища освіта, 2006. 671 с.
3. Агроэкология /В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. Москва: Колос, 2000. 536 с.
4. Агроєкологія: Теорія та практикум. /В.М. Писаренко, В.П. Писаренко, В.І. Перебийник та ін.; за ред. В.М. Писаренка. Полтава: Інтеграфіка, 2003. 318с.
5. Агроэкологические принципы земледелия./ И.П. Макаров, А.П. Щербаков и др.; под ред. И.П. Макарова. Москва: Колос, 1993. 264 с.
6. Агроєкологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія / В.П. Патики, Н.А. Макаренко, Л.І. Моклячук та ін.; за ред. В.П. Патики. Київ: Основа, 2005. 300 с.
7. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтового рослинного покриву: навч. пос./ Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. та ін. Одеса: "ТЄС", 2003. 260с.
8. Аншлеев О.Г. Комплексная утилизация побочной продукции растениеводства. Москва: Росагропромиздат, 1990. 158 с.
9. Артамонов В.И. Биотехнология – агропромышленному комплексу. Москва: Наука, 1989. 157 с.
10. Басюркіна Н.Й. Забезпечення продовольчої безпеки в умовах трансформації економіки України. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2008. Вип. 29. С. 89-98.
11. Бегей С.В., Шувар І.А Екологічне землеробство: підручник. Львів: «Новий світ – 2000», 2012. 432 с.
12. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Городний Н.М., Мельник И.А., Повхан М.Ф. и др. Киев: Урожай, 1990. 254 с.
13. Варламов А.А., Волков С.Н. Повышение эффективности использования земли. Москва: Агропромиздат, 1991. 143с.
14. Веселовський І.В., Бегей С.В. Ґрунтозахисне землеробство. Київ: Урожай, 1995. 304 с.
15. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / за ред. Е.Г. Дегодюка. Київ: Урожай, 1992. 309 с.
16. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Віпол., 2000. 375 с.

17. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / Шикун М.К., Антоненко С.С., Андрієнко В.О.; за ред. М.К. Шикун. Київ: Оранта, 1998. 678 с.
18. Власов В.І. Глобальна продовольча проблема. Київ: Інститут аграрної економіки, 2001. 506 с.
19. Воспроизводство гумуса и хозяйственно-биологический круговорот органического вещества в земледелии (рекомендации). ВНИПТИОУ. Москва: Агропромиздат, 1989. 65 с.
20. Геохимия техногенных радионуклидов. / под. ред. Э.В. Соболевич, Г.Н. Бондаренко. Киев: Наукова думка, 2002. 332 с.
21. Гойчук О.І. Продовольча безпека: монографія. Житомир: Полісся, 2004. 348-359 с.
22. Городний Н.М., Мельник И.А., Похван М.Ф. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве. Киев: Урожай, 1990. 255 с.
23. Горб О.О., Писаренко П.В., Калініченко В.М. Аграрна екологія: навч. пос. Полтава, 2008. 348 с.
24. Гудзь В.П., Примак І.В., Будьоний Ю.В. Землеробство. Київ: Урожай, 1996. 384 с.
25. Дежкин В.В. Природопользование. Москва: Изд-во МНЭПУ, 1997. 95 с.
26. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. Москва: Изд-во МГУ, 1986. 136 с.
27. Дончева А.В., Казаков Л.К., Калущков В.Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. Москва: Экология, 1992. 256 с.
28. Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие: уч. пос. Москва: Изд-во УРАО, 1997. 224 с.
29. Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Рига: Зинатне, 1988. 199 с.
30. Еколого-енергетична оцінка ґрунтів / Несмашна О.Ю., Тараріко Ю.О., Плішко А.А. та ін. *Агроекологія і біотехнологія*. 1998. Вип. 2. С. 17-23.
31. Жученко А.А. Адаптивное сельскохозяйственное растениеводство. Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.
32. Земельні ресурси України/ за ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. Київ: Аграр. наука, 1998. 150 с.
33. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. Москва: Мысль. 1980. 264 с.
34. Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических агроэкосистем. Москва: Агропромиздат, 1988. 207 с.
35. Каштанов А.Н., Лисецкий В.Н., Швец Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. Москва: Колос, 1994. 127 с.
36. Кириленко І.Г., Івченко В.Є., Дем'янчук В.В. Продовольча безпека України в світлі сучасних тенденцій світової економіки. *Економіка АПК*,

2017. №8. С. 5-14.
37. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. Москва: Колос, 1996. 368 с.
38. Кисиль В.І. Біологічне землеробство: тенденції в світі та позиція України. *Вісник Аграрної науки*. 1997. № 10. С. 9-13.
39. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. Монографія. / під ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового, Є.П. Школьного. Одеса: «ТЕС», 2015. 520 с.
40. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
41. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1989. 156 с.
42. Комар И.В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. Москва: Наука, 1975. 213 с.
43. Коротун І.М., Коротун Л. К., Коротун С.І. Природні ресурси України. Рівне, 2000. 192 с.
44. Куценко О.М., Писаренко В.М. Агроєкологія. Київ: Урожай, 1995. 254 с.
45. Куценко А.М., Писаренко В.Н. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. Киев: Урожай, 1991. 200с.
46. Макаренко П.С. Культурні пасовища. Київ: Урожай, 1988. 160 с.
47. Маслов Б.С., Минаев И.В. Мелиорация и охрана природы. Москва: Россельхозиздат, 1985. 271 с.
48. Масюк Н.Т. Введение в сельскохозяйственную экологию: учебное пособие. Днепропетровск, 1989. 186с.
49. Минеев В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии. *Агрохимия*. 2000. №5. С. 5 - 13.
50. Минеев В. Г. Химизация земледелия и природная среда. Москва: Агропромиздат, 1990. 287 с.
51. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. Москва: Наука, 1985. 137 с.
52. Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод после Чернобыльской аварии. / Войцехович О.В., Шестопапов В.М., Скальский А.С., Канивец В.В. Киев: УкрНИГМИ, 2001. 147 с.
53. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегія удобрення / за ред. М.М. Городнього. Київ, 2004. 87 с.
54. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. та ін. Київ: ТОВ "ВИК ПРИНТ", 2010. 111с.
55. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир / пер. с англ. М.В. Зубкова, Д.А. Петелина: в 2 томах . Москва: Мир, 1993. 336с.

56. Нестеров В.Г. Вопросы управления природой. /В.Г Нестеров; под ред. В.Г. Атрохина. Москва: Лесная промышленность, 1981. 263 с.
57. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ. Ю.М. Фролова. Москва: Мир, 1987. 325 с.
58. Олдак П.Г. Равновесное природопользование. Взгляд экономиста. Новосибирск: Наука, 1983. 128 с.
59. Органические удобрения /А.А. Бацула, П.М. Виноградов, В.И. Ворошилов и др.; под ред. Н. К. Крупского, А. А. Бацулы. Киев: Урожай, 1981. 160 с.
60. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України /за ред. С.М. Степаненка та А.М. Польового. Одеса :Екологія, 2011. 694 с.
61. Оцінка придатності сільськогосподарських земель України для створення екологічно чистих сировинних зон і господарств по виробництву продуктів дитячого і дієтичного харчування: метод. рекомендації. /Созінов О.О., Козлов М.В., Сердюк А.Г. та ін. Київ, 1998. 58 с.
62. Охорона ґрунтів: навчальний посіб. / М.К. Шикуча, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. Київ: Т-во «Знання», КОО, 2001. 398 с.
63. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України. /ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; за ред. Яцука І.П. Київ: Аграр. наука, 2015. 108 с.
64. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В. Агроекологія: навч. пос. Полтава, 2008. 255с.
65. Проблемы сельскохозяйственной радиологии. / под ред. Б.С. Пристера. Киев: Укр. НИИСХР, Вып. 4, 1996. 240 с.
66. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1995. № 12. ст.81.
67. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. ст.546.
68. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16.10.1992 № 2707-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. 1992. № 50. ст.678.
69. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиозкология после Чернобыля / пер. с англ. Н.П Григорьева; под ред. Ф.Уорнера и Р. Харрисона. Москва: Мир, 1999. 512 с.
70. Радиоактивность и пища человека / пер. с англ. Р.М. Алексахина и Ф.А. Тихомирова; под ред. Р.С. Расселла. Москва: Атомиздат, 1971. 375 с.
71. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила принципы и гипотезы) Москва: Россия молодая, 1994. 367 с.

72. Руснак П.П. Економіка природокористування. Київ: Вища школа, 1992. 317 с.
73. Санитарно-гигиенические методы исследования пищевых продуктов и воды / под ред. Г.С. Яцулы. Киев: Здоровья, 1991. 288с.
74. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства: підручник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 266с.
75. Сельскохозяйственная экология /Уразаев Н.А., Вакулин А.А., Никитин А.В. и др. Москва: Колос, 2000. 304 с.
76. Сергеев М.Г. Экология антропогенных ландшафтов. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1997. 150 с.
77. Сівозміни у землеробстві України: метод. рекомендації /за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
78. Склянкин Ю.В., Стычинский С.Л. Безотходная переработка сельскохозяйственного сырья; эколого-экономический аспект. Киев: Урожай, 1988. 163 с.
79. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / за ред. В.В. Медведєва, М.В. Лісового. Харків: «Штрих», 2000. 100с.
80. Тышкевич Г.Л. Охрана окружающей среды при интенсивном ведении сельского хозяйства. Кишинев:Штиинца,1987. 172 с.
81. Фокин А.Д., Лур'є А.А, Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология. Москва: Дрофа, 2005. 367с.
82. Царенко О.М., Несветов О.О., Кадацький М.О. Основи екології та економіка природокористування: навч. пос. Суми: ВТД «Університетська книга», 2001. 324 с.
83. Швобс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса: Высшая школа, 1981. 124 с.
84. Шикула Н.К. Почвозащитная система земледелия: Справочная книга. Харьков: Прапор, 1987. 200 с.
85. Экологические проблемы применения минеральных удобрений / Кудеяров В.Н., Башкин В.Н., Кудеярова А.Ю., Бочкарев А.Н. Москва: Наука, 1984. 214 с.
86. Экология и экономика природопользования: учебник /под ред. Э.В. Гирусова. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2007, 591 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Агроекологічна система 48-50,136

Агробіогеоценоз 50

Агроландшафт 119

Агролісомеліорація 193

Аварії радіаційні 95

Ажурна конструкція
лісосмуги 195

Агроекологічні властивості
біогумусу 170

Б

Безпека продовольча 39

Біогенні речовини 73-75

Біогумус 167

Біотехнологія 110-111, 248

Біопродуктивність
агроекосистем 43

Біологічна система
землеробства 153 -154

Баланс елементів живлення 176

Бобові рослини 178

В

Вапнування ґрунтів 91, 181 - 182

Вермикультивування 166

Властивості екосистем

- біотичні 66
- абіотичні 66

Г

Глобальні типи агроекосистем 61

Гумусові речовини 163

Гуміфікація 164

Гіпсування ґрунтів 186

Ґ

Ґрунт 68-70

Ґрунтостомлення 71

Ґрунтозахисні

– властивості рослин 198

– сівозміни 199

Д

Доза вапна 184

Дефляція 189

Дефекат 256

ДДТ (дуст) 241-242

Дегуміфікація 165

Е

Евтрофування 73

Екологоемкість 28

Елементи біогенні 171

Ерозія ґрунтів 188

- вітрова 189
- водна, іригаційна 188
- геологічна 189
- прискорена 189

Еластичність природних
систем 121

Еколого-технологічна група орних
земель 192

Екологічно безпечна
продукція 211

Ж

Жом 258

З

Зрошення 83

Засолення ґрунтів 84-88

Зона санітарно-захисна 114

Забруднення ґрунтів, рослин,
продуктів

- радіонуклідами 96-100
- важкими металами 213
- нітратами і нітритами 222
- пестицидами 239

Захисні заходи в АПК

- забруднення радіонуклідами 103 – 107
 - ерозії ґрунтів 190
 - зниження вмісту нітратів 229
 - біологічна рекультивация 247
 - мікробіологічні добрива 248
 - компостування відходів тваринництва 111-114
 - переробка рослинних відходів 255
- Залуження земельних ділянок 203
- I**
- Іонізуючі випромінювання, дія
- на рослини 101
 - на тварини 102
- Індекс антропогенної перетворюваності території 140
- K**
- Кадастр
- земельний, водний 29
 - лісовий, промисловий 30
 - детеріораційний 30
- Критерії
- ступеню екологічної стійкості ландшафту 143-144
 - накопичення рослинами хімічних елементів 99
- Коефіцієнт
- антропогенного навантаження 40-41
 - екологічності об'єкта 28
 - екологічної стабілізації 143
- розподілу радіонуклідів в ґрунті 97
 - переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину 97-98
 - дискримінації мікрокількостей радіонукліда щодо макрокількостей носія 98
 - природоємкості 27
 - всмоктування радіонукліду в організмі тварини 100
 - зниження концентрації радіонуклідів 104
 - розчленованості рельєфу 128
- Кругообіг
- азоту 63
 - поживних речовин 64
- Кислотність ґрунту 180
- Кулісні посіви 200
- Компостування гною 112
- Л**
- Ландшафт 119
- Лісосмуги 194-195
- Лужність ґрунту 186
- M**
- Макуха, мезга, меляса 256-257
- Меліорація 79
- Макро і мікроелементи 172
- Меліоранти 187
- Маркування екологічне 251
- Метали важкі 213
- Мінливість природних систем 121
- Мінімізація обробітку ґрунту 205
- H**
- Нітрати 222
- Нітрити 234

Нітрозо з'єднання 235
Нітрати і здоров'я людини 237
Норма

- вапна 184
- гіпсу 187

О

Оптимізація агроландшафтів 117
Органічна речовина ґрунту 163
Оцінка

- відходів переробки
рослинної сировини 256
- функціонування
агроекосистеми 156
- біологічної утилізації азоту
добрив 159
- ступеню екологічної
стійкості 143-144

П

«Пам'ять» ґрунту 71
Природний потенціал 13
Природні ресурси

- кліматичні 13
- водні 15
- земельні 16
- ґрунтові 17-20
- біологічні 21

Природоємність 27

Показник екологічності
землеробства 156

Проблеми харчування людства 33

Продукція

- біологічна первинна 44
- с.-г. екологічно
безпечна (чиста) 244

Продувна конструкція
лісосмуги 195

Посіви

- сумісні 203
- смугові 200
- проміжні 201

Р

Ресурсні цикли 25

Ресурсоємність 27

Ресурсовіддача 26

Рекультивація ґрунтів

- біологічна 247

Ресурси

- біологічні 21
- водні 15
- земельні 16
- ґрунтові 17-20
- кліматичні 13
- природні 11

Ріст населення 32

Родючість ґрунту 173

С

Системи агроекологічні 49-54

Система удобрення 171

Самоочищення ґрунтів 244

Сертифікація екологічна 250

Сестайнинг 55-56

Сидерати 178

Стійкість природних систем 121

Стабільність агроекосистеми 146

Т

Токсиканти 244

Традиційна система землеробства
153

У

Утилізація гнойових стоків 107

Ф

Функції ґрунту 68 – 69

Фурфурол 259

Х

Хімічна меліорація 179,186
Хлорорганічні пестициди 241

Ц

Цикл ресурсний 25
Цілісність природних систем 121

Ч

Чинники

- біотичні, абіотичні 66
- ефективності гуміфікації
грунту 165

Черв'яки дощові 166
«Чистота» с.-г. продукції 244

Щ

Щільна конструкція лісосмуги 195

Я

Якість зрошувальних вод 88

Навчальне електронне видання

**ПОЛЬОВИЙ Анатолій Миколайович
ЖИГАЙЛО Олена Леонідівна**

**РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
В ГАЛУЗЯХ АПК**

Навчальний посібник

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016