

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ЧАЙКА В.М., РИБАЛКО Ю.В., МІНЯЙЛО А.А.**

# **Агроекологія**

## **Підручник**

**КИЇВ – 2016**

УДК 632.913:632.93

ББК 40.08 Я 73

Ч 15

# Агроекологія

## Підручник

ЧАЙКА В.М.

РИБАЛКО Ю.В.

МІНЯЙЛО А.А.

### Рецензенти:

Стригун О.О., доктор сільськогосподарських наук

Ткаленко Г.М., доктор сільськогосподарських наук

Гайченко В.А., доктор біологічних наук, професор

Лісовий М.М., доктор сільськогосподарських наук

Рекомендовано Вченою радою факультету захисту рослин, біотехнології та екології НУБіП України як навчальне видання для студентів вищих навчальних закладів (**протокол № 7 від 27 жовтня 2016 р.**)

Проаналізовано розвиток етапів становлення агроекології в світі і в Україні, висвітлено головні її завдання і методологію. Узагальнено та систематизовано результати фундаментальних і прикладних досліджень з питань аграрної екології, природокористування, екологічної безпеки аграрного виробництва, проаналізовано концепцію сталого розвитку та екологічне право в сільському господарстві.

Рекомендовано для підготовки фахівців в аграрних вищих навчальних закладах України II-IV рівнів акредитації.

## ЗМІСТ

1. Методологічно-світоглядне значення агроекології	5
2. Вчення В.І.Вернадського про біосферу	19
2.1. Виміри біосфери	19
2.2. Жива речовина	21
2.3. Функції живої речовини	23
2.4. Кругообіг біогенів	27
3. Баланс біогенних елементів і продуктивність агроecosystem	29
4. Сучасні уявлення про агросферу	48
5. Особливості функціонування агробіоценозів	68
5.1. Агрокліматичне районування України	68
6. Фітосанітарний стан агроценозів та захист культурних рослин	83
6.1. Звідки взяли шкідливі організми агроценозів?	84
6.2. Чинники фітосанітарного стану	87
6.3. Основні чинники навколишнього природного середовища, які визначають ріст та розвиток культурних рослин	90
6.4. Екологічні наслідки хімізації сільськогосподарського виробництва	101
7. Ресурси та енергетика агроecosystem	117
8. Найважливіші закони агроекології	129
9. Зміни клімату – причини та екологічні наслідки	145
10. Основні джерела забруднення довкілля добривами	161
11. Екологічні аспекти рослинництва і тваринництва	174
12. Проблеми біорізноманіття взагалі і в агроecosystem зокрема. еколого-економічна функція біорізноманіття	189
13. Екологічні проблеми сільського водного господарства	208
14. Екологічні аспекти механізації сільського господарства та електротехнічного забезпечення АПК	222
15. Поняття «екологічна стійкість агроландшафтів»	236
16. Проблема утилізації відходів агропромислового виробництва	248

17. Ґрунтовий комплекс як стабілізуючий фактор агроєкосистем	264
18. Радіоекологічні проблеми в сільському господарстві України	285
19. Альтернативне землеробство, концепція та аспекти впровадження	304
20. Роль і перспективи використання здобутків генної інженерії, біотехнології, селекції у розвитку агросфери (світовий і вітчизняний досвід)	323
21. Екологічне право у сільському господарстві	341
22. Стратегія і тактика еколого-збалансованого розвитку агросфери України	360
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	373

## 1. МЕТОДОЛОГІЧНО-СВІТОГЛЯДНЕ ЗНАЧЕННЯ АГРОЕКОЛОГІЇ

Сільське господарство – галузь виробництва, що найтісніше пов'язана з використанням основних природних ресурсів: землі, води та повітря. Довгий час воно розвивалось з недооцінкою, а інколи навіть з повним ігноруванням законів природи, наслідком чого стало значне погіршення стану навколишнього природного середовища. Деградація ґрунтів, забруднення атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, зниження якості продуктів харчування та інші проблеми, спричинені нераціональним землекористуванням, з кожним роком загострюються все більше. Це викликає необхідність перегляду сучасної стратегії господарювання та підвищення рівня екологічної освіченості суспільства.

Від екологічних знань кожного громадянина України (і, зокрема, сільськогосподарських спеціалістів), залежать виробництво екологічно чистої продукції, зниження ресурсо-, матеріало- та енергоємності агровиробництва, впровадження екологічно раціональних систем землеробства, оптимізація агроландшафтів та багато інших факторів, здатних покращити стан навколишнього природного середовища і зменшити наслідки сучасної екологічної кризи. Можливості раціонального використання сільськогосподарських земель для одержання рослинницької і тваринницької продукції при одночасному збереженні природних ресурсів, біологічного різноманіття і захисту середовища існування людини та виробленої продукції від забруднення досліджує *агроекологія* – наука, виникнення і розвиток якої пов'язані з еволюцією сільського господарства та освоєнням земель.

Перші розробки в галузі агроекології належать Г.Ацці (1956) і В. Тишлеру (1965), а перше її ґрунтовне визначення дав І.І. Дедю (1990): «агроекологія – це сільськогосподарська екологія; розділ прикладної екології, що вивчає вплив факторів середовища (біотичних і абіотичних) на

продуктивність культурних рослин, а також структуру і динаміку спільнот організмів, які мешкають на сільськогосподарських полях, вплив агробіоценозів на життєдіяльність рослин, що культивуються». М.Ф. Реймерс говорив про агроекологію як про «наукову дисципліну про агроценози, що як центральний об'єкт розглядає вид або сорт, заради якого створюється агроценоз». В підручнику «Агроекологія» В.А. Черніков дає більш широке визначення дисципліни: *«агроекологія – це комплексна наукова дисципліна, яка вивчає взаємодію людини з навколишнім середовищем у процесі сільськогосподарського виробництва, вплив сільського господарства на природні комплекси та їх компоненти, взаємодію між компонентами агроєкосистем і специфіку кола обігу в них речовин, перенесення енергії, характер функціонування агроєкосистеми в умовах техногенних навантажень»*.

Науки, покликані допомогти людині у взаємодії з навколишнім середовищем, розвивалися разом із сільським господарством. Первісні знання про природу значно розширили античні вчені. Арістотель (384 – 322 рр. до н. е.) у своїй праці «Про виникнення тварин» запропонував першу класифікацію видів екологічного спрямування (приспосованість до умов проживання, залежність морфологічних особливостей від зовнішнього середовища, сезонної і добової активності, особливостей харчування та ін.). «Батько ботаніки» Теофраст (372 – 287 рр. до н. е.) у праці «Дослідження в рослинництві» описав майже 500 видів рослин. Пліній Старший (23 - 79 рр. н. е.) у багатотомній «Природничій історії» узагальнив дані з ботаніки, зоології, лісового господарства. Колумелла (I ст. н. е.) вивчав значення добрив та агротехніки для росту сільськогосподарських культур.

В епоху Середньовіччя на дослідження природних процесів значно впливала церква, однак в той же час при монастирях створювали ботанічні сади та заповідні території. Крім того, в цей період починається зростання впливу людини на природу, оскільки розвиток алхімії, а, згодом, і хімії, став передумовою створення хімічного виробництва.

Перші природоохоронні заходи датуються добою Відродження. Пізніше систематики Д. Цезалпін (1519-1603), Д. Рей (1627-1705), Ж. Турнефор (1656-1708) у своїх роботах подають відомості екологічного характеру: зокрема, описують залежність поширення рослин від умов їх зростання. Вже на початок ХІХ ст. людство накопичило обсяг знань про навколишнє природне середовище, достатній для формування багатьох наукових припущень і теорій.

Важливий етап розвитку сільськогосподарських наук пов'язаний із великомасштабними біолого-географічними дослідженнями, які проводили видатний шведський природознавець К. Лінней (1707-1778), російські вчені М. Лепьохін (1740-1802), К.Ф. Рульє (1814-1858), М.О. Северцов (1827-1885), А.М. Бекетов (1825-1902), німецький біогеограф О. Гумбольдт (1769-1859), англійський вчений-еволюціоніст Ч. Дарвін (1809-1882) та ін.

Наукові досягнення в галузі екології кінця ХІХ – першої половини ХХ ст. пов'язані з іменами російських вчених В.В. Докучаєва (1846-1903), Г.Ф. Морозова (1867-1920), В.М. Сукачова (1880-1967), українських – Г.М. Висоцького (1865-1940), П.С. Погребняка (1900-1970) і багатьох інших дослідників Європи та Америки. Помітне місце в сфері системних екологічних досліджень посідають праці Е. Геккеля, Р. Гессе, В. Кюнельта, В. Шелфорда, Р. Чепмена, Г. Кларка, Ч. Елтона, А. Тенслі, К. Шретера, Е. Макфедьєна та ін. Розвиток екосистемного аналізу сприяв виникненню вчення про біосферу та ноосферу В.І. Вернадського.

В 1866 р. німецький зоолог Е. Геккель у передмові до «Загальної морфології організму» назвав науку про організми та середовище, що оточує їх, екологією (від грец. *oikos* — дім або місце проживання і *logos* — наука, вчення). З тих пір значення цього поняття значно розширилося і виділилось багато напрямів екології, в тому числі – агроекологія.

Як самостійна галузь агроекологія сформувалася на стиках багатьох дисциплін. Загальна екологія, фізика, хімія, морфологія, анатомія, фізіологія, географія рослин, ґрунтознавство, метеорологія, гідрологія, біохімія,

генетика, землеробство, рослинництво, агрохімія, кормовиробництво, овочівництво, садівництво, селекція, тваринництво, охорона природи, соціальна екологія – це лише короткий перелік наук, що перегукуються з нею.

*Предметом* вивчення агроєкології є агроценози (посіви і насадження сільськогосподарських культур, тваринницькі ферми та комплекси, аграрні ландшафти тощо). До її *целей* належать забезпечення стійкого виробництва якісної продукції, максимальне використання природного біоенергетичного потенціалу агроєкосистем, збереження і відтворення природно-ресурсної бази аграрного сектору, мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище і т. п.

*Метою* навчальної дисципліни «агроєкологія» є оцінка взаємодії людини з довкіллям в процесі сільськогосподарського виробництва; вивчення впливу сільського господарства на природні екосистеми та формування агроєкосистем, їхніх властивостей; визначення шляхів оптимізації агроєкосистем, підвищення їхньої продуктивності і зменшення негативного впливу на довкілля.

*Завдання* дисципліни:

- визначення основних факторів, які впливають на формування агроєкосистем;
- вивчення рівнів організації агроєкосистем, їхньої просторової, видової та трофічної структури;
- вивчення динаміки, розвитку та стійкості агроєкосистем;
- вивчення оптимізації структури агроєкосистем;
- оцінка пестицидного навантаження на агроєкосистеми;
- оцінка радіонуклідного забруднення агроєкосистем, забруднення важкими металами та нітратами;
- вивчення біологічного землеробства і біотехнології.

Поєднання системного підходу, спостереження, експерименту, оцінки та моделювання складає *методологічну основу* агроєкології. Для вирішення



своїх завдань вона використовує методи і досягнення багатьох суміжних наук, що дало їй змогу розв'язати специфічні проблеми і стати теоретичною основою охорони сільськогосподарських угідь.

*Методи* агроекології (як і екології) умовно поділяють на чотири основні групи:

- ✓ методи збору інформації (напр., спостереження в природі, експеримент, біоіндикація, вимірювання параметрів довкілля тощо);
- ✓ методи обробки інформації (напр., статистична обробка даних);
- ✓ методи інтерпретації отриманих результатів (напр., оцінка екологічного стану об'єктів);
- ✓ методи прогнозування та моделювання (напр., математичне або концептуальне моделювання).

Агроекологічні дослідження зазвичай є *польовими* (стаціонарними чи маршрутними) і *лабораторними*. Під час польових досліджень агроеколог має змогу не лише спостерігати за життєдіяльністю організмів у реальних умовах, а й широко використовувати природний і штучний експеримент. У лабораторних умовах часто застосовують фізіологічні й агрохімічні методи (здебільшого для вивчення відношення організму, який досліджується, до абіотичних чинників).

Бурхливий розвиток агропромислового виробництва в усьому світі на протязі останніх десятиліть і пов'язане з ним активне зростання негативного впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля розширили завдання та функції агроекології. Тепер у сферу її впливу входять такі питання, як формування концепції екологічно-збалансованого розвитку агросфери, розвиток агроекологічної освіти, управління енерго- і ресурсоспоживанням в агросфері, комплексний і спеціальний агроекологічний моніторинг різних рівнів, розробка теоретичних основ агроекологічного аудиту, контролю, менеджменту і бізнесу, формування наукових основ екологічної політики в сфері агропромислового комплексу України тощо.

Сучасна агроекологія покликана допомогти гармонізувати стосунки між агросферою і природним середовищем шляхом розробки нових підходів та принципів виробництва екологічно безпечних продуктів харчування і сировини з мінімальними витратами антропогенної енергії та природних ресурсів.

Перші спроби окультурення рослин і одомашнення тварин людина робила ще 20-30 тис. років тому, але масового характеру цей процес набув лише за останні 6-8 тис. років. Почавши вирощувати рослини на постійних або майже постійних ділянках, люди започаткували елементарне сільське господарство. Населення громад збільшувалося, що призвело до потреби одомашнення диких тварин. По мірі зростання чисельності жителів общин розширювалися площі, призначені для вирощування харчової продукції, а також збільшувалася інтенсивність їх використання. Уже в епоху пізнього неоліту тисячі гектарів лісу було випалено задля підготовки площ під сільськогосподарські угіддя. Розвиток скотарства супроводжувався виїданням худобою трав'янистих масивів на великих площах аж до їх повної деградації. Подібна модель інтенсифікації сільського господарства у відповідь на збільшення чисельності населення зустрічалась по всьому світу, хоч і в різних формах та з різними результатами. Однак розселення людини завжди спричиняло повне винищення величезної кількості видів: 100-40 тис. років тому в Євразії зникли мамонти, 5 видів лісових слонів, бегемоти, лісовий і шерстистий носороги, гігантські олені та лані, шаблезубі тигри, печерні леви й ведмеді, гігантські нелітаючі лебеді та інші тварини. У XII–XI ст. до н. е. у Північній Америці, а в IX–V ст. до н. е. в Центральній та Південній Америці зникли 2 види гігантських лінивців, слони, гігантські лами, броненосці, кілька видів бізонів, леви, печерні ведмеді, гігантські таратони, лелеки та індики, гігантські черепахи (масою 300—400 кг). З розвитком землеробства й скотарства пов'язані перші локальні і регіональні екологічні кризи, спричинені різкою зміною мікроклімату, складу й стану флори, фауни, ґрунтів, зменшенням природних біологічних ресурсів.

Приклад цього – пустелі Північної й Центральної Африки, Близького Сходу, центральної частини Північної Америки, що утворилися під впливом діяльності людини лише кілька тисяч років тому.

Освоївши рослинництво й приручивши тварин, люди створили собі нову екологічну нішу. Концентрування великої кількості населення у перших містах супроводжувалось активним винищенням лісів навколо них (деревина йшла на будівництво, опалення, випалювання цегли, виготовлення меблів і знарядь праці, транспортних засобів тощо), спустошенням луків, пасовиськ, виснаженням сільськогосподарських угідь. Міста поступово ставали районами екологічних напружень, а процес урбанізації обернувся на негативний екологічний фактор.

Інтенсивні зміни в сільському господарстві Європи та Месопотамії (починаючи з XI століття) дозволили розорати значні земельні площі. Люди почали використовувати коней, волів і плуги, що істотно підвищило спроможність селян вчасно обробляти великі поля. В рослинництві і тваринництві проводилась селекція рослин і тварин з властивостями, бажаними для конкретного регіону. В результаті європейського колоніалізму XVI століття інтенсивні методи сільськогосподарської діяльності розповсюдились поза межами Європи, перемішуючись з місцевими системами і технологіями господарювання (наприклад, китайці ще раніше створили власний плуг, в якого запрягали тварин) та призводячи до поширення великомасштабного сільського господарства у всьому світі.

В 1825 р. населення Землі досягло одного мільярда. В цей період відбувалося становлення сільського господарства як комерційної діяльності. Обсяги виробництва підвищилися завдяки використанню техніки і експлуатації нових земель, врожаї були достатніми для експортування значних об'ємів продукції. Механізоване сільськогосподарське обладнання дозволило збільшити площу земельних ділянок, які селянин міг обробляти самостійно, а також сприяло зростанню розмірів господарств і скороченню

їхньої кількості. Сільськогосподарська наука здобула визнання і подавалася як спосіб виробництва їжі у кількості, достатній, щоб «прогодувати світ».

Синтетичні добрива вперше були використані в 1930-х рр. Доступність і низька вартість азотних добрив мали величезний вплив на розвиток сучасного інтенсивного сільського господарства. Їх дешевизна призвела до того, що після Другої світової війни багато фермерів припинили використовувати сидерати (рослинний матеріал) і бобові культури, які традиційно входили в сівозміни задля відновлення азоту в ґрунті. Вперше в історії кількість доступних орних земель для виробництва харчових продуктів стала обмежувальним фактором і з'явилася потреба у збільшенні врожаїв сільськогосподарських культур з одиниці площі. Були впроваджені методи інтенсивного господарювання і виведені покращені сорти сільськогосподарських культур, що дозволило досягти вражаючого зростання урожайності. Наприклад, приблизно за 1000 років врожай англійської пшениці збільшився з 0,5 до 2 т/га, а потім лише за 40 років – з 2 до 6 т/га. У 1968 році було впроваджено термін «Зелена Революція» для позначення нової ери надзвичайно високих врожаїв, яка розпочалася в країнах, що розвиваються, і продовжує поширюватися в усьому світі .

Спеціалісти ООН виокремили головні небезпеки, що нависли над сільським господарством основних регіонів Землі (рис. 1.1). Пізніше колишній президент Фонду Рокфеллера Г. Конвей говорив про «Подвійну Зелену Революцію», яка мала б призвести до збільшення врожайності при одночасному збереженні навколишнього природного середовища. Однак він не визнає сталий розвиток сільського господарства як господарювання, яке засноване на органічних системах землеробства, а надає важливе значення генетичній модифікації, використанню синтетичних добрив і пестицидів, комплексній боротьбі зі шкідниками тощо.

З точки зору продовольчого забезпечення, основними складовими глобального збільшення виробництва сільськогосподарської продукції є:



Рисунок 1.1. Головні небезпеки, що загрожують сільському господарству в різних регіонах світу

- ✓ Збільшення посівних площ;
- ✓ Підвищення врожайності;
- ✓ Збільшення числа культур за рік на один гектар;
- ✓ Заміна менш дохідних культур на високоприбуткові;
- ✓ Скорочення втрат після збору врожаю;
- ✓ Скорочення використання кормів для тварин тощо.

Сучасне сільське господарство характеризується збільшенням врожаю агрокультур з одиниці площі внаслідок використання хімічних добрив і пестицидів. Але змив надлишку добрив у річки спричинило утворення по всьому світу сотень так званих «мертвих зон», що негативно позначається на промислі морепродуктів; це може звести нанівець деякі або навіть усі переваги від збільшення врожайності зернових. В цих зонах спостерігаються низькі рівні розчиненого кисню (гіпоксія), що робить їх непридатними для існування більшості представників морської флори і фауни. Нестача кисню

зменшує вторинну продуктивність (біомасу трав'янистих) приблизно на 5% у Чесапекській затоці і на 30% у Балтійському морі.

Крім того, різке збільшення врожаїв за рахунок використання хімікатів та нових сільськогосподарських технологій мало істотні приховані витрати. Наприклад, у період з 1961 по 1999 рр. світовий врожай агрокультур на одиницю площі збільшився на 106%, що водночас супроводжувалося відповідним зростанням використання азотних і, фосфатних добрив та пестицидів на 638%, 203% і 854% відповідно. Ці обсяги хімікатів завдали величезної шкоди рослинам і тваринам, включаючи живі організми у ґрунті, кислотність якого підвищилася в результаті тривалого використання азотних добрив.

До ключових екологічних проблем, що становлять потенційну загрозу для сільського господарства всього світу, належать:

- ✓ деградація земель;
- ✓ обмежене водозабезпечення;
- ✓ втрата біорізноманіття;
- ✓ зниження генетичного різноманіття агрокультур;
- ✓ зміни клімату.

У 1798 році Томас Мальтус першим висловив думку про те, що зростання населення може обігнати можливість виробляти продукти харчування, наслідком чого стануть голод і війни. Але, починаючи з середини 20-го століття, збільшення попиту на продукти харчування призвело до поліпшення сільськогосподарських технологій, тому так званої мальтузіанської пастки вдалося уникнути, принаймні на даний час. Тепер деякі дані вказують на те, що в світі достатньо продовольства і фуражного зерна, чисельність населення стабілізується в найближчі 30-50 років, а нинішні голод і недоїдання значною мірою є результатом політичних питань і економічних рішень. Багато країн з високим рівнем недоїдання, голоду і злиднів експортують значну кількість їжі в обмін на валютні резерви.

Сільське господарство будь-якого типу змінює екосистеми, але величина цих змін залежить від методів господарювання. Очевидно, більшість сучасних заходів інтенсивного землеробства нерациональні з екологічної точки зору, оскільки вони потребують використання органічного палива, запаси якого досить обмежені, обумовлюють виникнення багатьох виробничих чинників, які впливають на навколишнє середовище, забруднюючи його, і, врешті-решт, призводять до зменшення різноманіття видів життя. Для того, щоб забезпечити продовольством швидко зростаюче населення світу і при цьому не знищити дикі види, дуже важливо впровадити агрономічні прийоми, які мінімізують негативний вплив сільського господарства на природні екосистеми.

Надійність та економічну ефективність агропромислового комплексу здатне забезпечити лише комплексно-збалансоване господарювання. Науково-технічний прогрес у країнах з високим рівнем хімізації сприяв виникненню різних видів альтернативного землеробства (органічного, органо-біологічного, екологічного тощо). Основні його принципи такі:

- ✓ заміна сучасного землеробства його «екологізацією» і «біологізацією», тобто створення землеробства, не шкідливого для навколишнього середовища, яке забезпечувало б людину і тварин біологічно повноцінними продуктами харчування;
- ✓ ведення землеробства на основі максимальних реутилізації і рециркуляції всіх відходів господарств;
- ✓ підвищення рентабельності господарства.

Вирішити ці завдання можна відмовою від хімічних речовин, хоча окремі напрями альтернативного землеробства допускають використання певних засобів хімізації. При цьому нові системи землеробства повинні бути конкурентоздатними і забезпечувати задовільні врожаї. Йдеться не про повернення до старого, екстенсивного землеробства, хоча розумне використання окремих його заходів не відкидається.

Поняття “альтернативне землеробство” включає кілька систем, причому не завжди можна провести чітку межу між ними. Відміна, як правило, не суттєва і носить лише термінологічний характер.

Особливо широкого розмаху дослідження з біологічного землеробства набули в розвинутих країнах, таких як США, Великобританія, Німеччина, Франція, Швеція, Швейцарія, Нідерланди. Створена Міжнародна федерація руху за органічне землеробство, в яку входять представники 50 країн.

Багато практик, які тепер вважаються "сталими", фактично є традиційними методами, що впродовж століть використовувалися і продовжують використовуватись у всьому світі. Оскільки вплив інтенсивного сільського господарства стає очевидним, все більше фермерів і споживачів повертаються до «народних» методів, вдосконалених за рахунок сучасних наукових знань та засобів, які підвищують ефективність без завдання істотної шкоди довкіллю. Хоча жодна практика сама по собі не здатна повністю зберегти біорізноманіття на сільськогосподарських територіях, використання комплексу певних методів може істотно покращити загальний стан біологічного різноманіття на генетичному, видовому та екосистемному рівнях.

Агроєкологія повинна стати основним важелем при проведенні реформування сільського господарства з метою його екологізації і підвищення ефективності в процесі становлення України на шлях еколого-збалансованого розвитку. Головним завданням при цьому залишається розвиток агроєкологічної свідомості і культури населення, розробка наукових основ відтворення і розвитку агроландшафтів, розробка методів екологічного контролю всіх видів сільськогосподарської діяльності, методів екологічного управління агропромисловим виробництвом, створення ефективних моделей продуктивних агроєкосистем і розробка методів екологічно безпечної утилізації відходів АПК. Вирішити ці питання допоможуть сучасні практичні напрямки агроєкології (рис. 1.2.):



- агроекологічний аудит – забезпечення додержання законодавства про охорону навколишнього природного середовища в процесі сільськогосподарської діяльності.

- екологічна паспортизація – функція державного обліку об'єктів господарської діяльності, здійснення якої забезпечує визначення рівня різних негативних впливів навколишнього середовища на людину й виявлення допустимого ступеня цих впливів з погляду здоров'я людини, а також з метою визначення якості довкілля. Мета введення агроекологічної паспортизації – екологізація технологічних процесів сільськогосподарської діяльності підприємства та гармонізації його діяльності в системі «природа-суспільство».

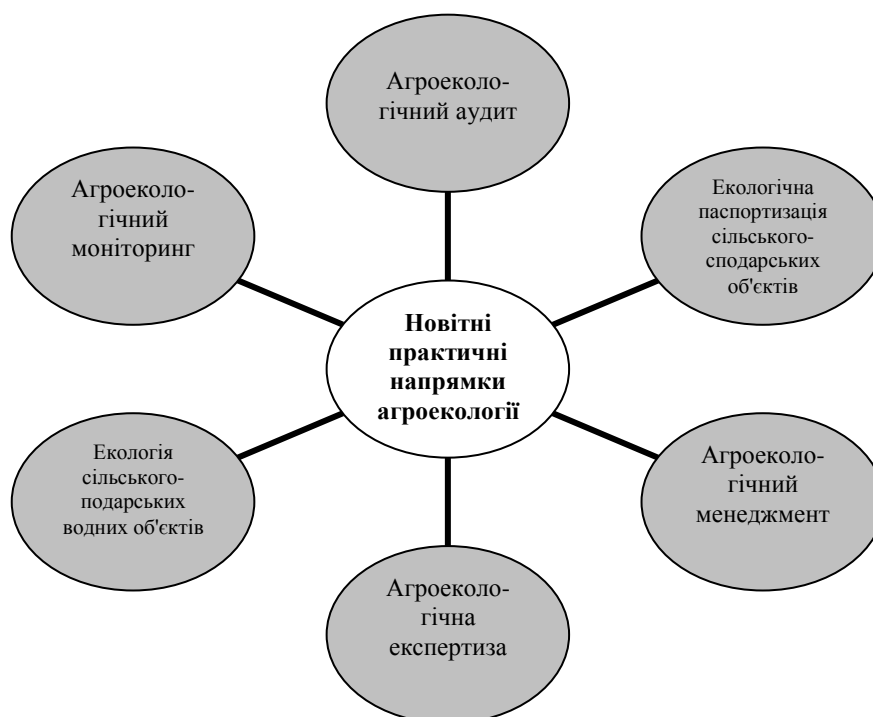


Рис. 1.2. Сучасні практичні напрямки агроекології

- агроекологічний менеджмент – управління сільськогосподарським підприємством шляхом пристосування усіх виробничих функцій, а також його інфраструктури до екологічних вимог, тобто екологізація існуючого виробництва і спрямованість на екобезпечні стратегії.

- агроекологічна експертиза – обов'язкова процедура в системі прийняття рішень щодо соціально-економічного розвитку окремої території або сільськогосподарського об'єкту, реалізація яких матиме значний вплив на навколишнє природне середовище цієї території або природні та антропогенно змінені екосистеми в цілому, з метою розробки експертного заключення про можливі екологічні наслідки впровадження цих рішень.

## **2. ВЧЕННЯ В.І.ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ**

Вперше до поняття «біосфера» (без вживання самого терміна) ще на початку XIX ст. підійшов Ж.Б. Ламарк, у роботах якого можна знайти чимало глибоких геохімічних ідей. Пізніше (1863 р) французький дослідник Е. Реклю застосував термін «біосфера» для позначення області поширення життя на земній поверхні. У 1875 р великий австрійський геолог Е. Зюсс назвав біосферою особливу оболонку Землі, що включає сукупність всіх організмів, протиставивши її іншим земним оболонкам (атмосфері, гідросфері, літосфері). Починаючи з робіт Е.Зюсс, біосфера трактується як сукупність організмів, що населяють Землю. Однак пов'язане з терміном «біосфера» закінчене вчення було створено нашим видатним співвітчизником Володимиром Івановичем Вернадським.

Основні його ідеї в даній області склалися на початку XX ст. Він викладав їх у лекціях в Парижі. У 1926 р ідеї В. І. Вернадського про біосферу були сформульовані в книзі «Біосфера», що складається з двох нарисів – «Біосфера і космос» і «Область життя». Пізніше різні сторони біосферного вчення В.І. Вернадський розглядав у статтях і у великій монографії «Хімічна будова біосфери Землі та її оточення» (вона була опублікована тільки через 20 років після смерті вченого).

### **2.1. Виміри біосфери**

Насамперед В.І. Вернадський визначив простір, який охоплює біосфера Землі: це вся гідросфера до максимальних глибин океанів, верхня частина літосфери материків до глибини 2-3 км (на таких глибинах в підземних водах ще зустрічаються живі мікроорганізми) і нижня частина атмосфери (до верхньої межі тропосфери). Він ввів у науку інтегральне поняття «жива речовина» і став називати біосферою область існування на Землі «живої речовини», що представляє собою складну сукупність мікроорганізмів, водоростей, грибів, рослин і тварин. Згідно сучасним уявленням «поле існування життя» (особливо активного) обмежено по вертикалі висотою близько 6 км над рівнем моря, до якої зберігаються позитивні температури в

атмосфері і можуть жити хлорофільні вищі рослини-продуценти (до 6,2 км в Гімалаях). Вище живуть лише безхребетні, які харчуються рослинним пилом, спорами рослин, мікроорганізмами. Ще вище живі організми потрапляють тільки випадково. Мікроорганізми тут можуть зберігати життя у вигляді спор. Нижня межа існування активного життя традиційно обмежують ізотермою  $100^{\circ}\text{C}$  в літосфері (за даними надглибокого буріння на Кольському півострові, близько 6 км (фактично життя зустрічається в літосфері до глибини 3-4 км)). Таким чином, вертикальна потужність біосфери в океанічній області Землі досягає трохи більше 17 км, в суходутній (літосфері) – на глибину 10,5 км. Загальне уявлення про розміри біосфери і співвідношенні її поверхонь дає рисунок 2.1.

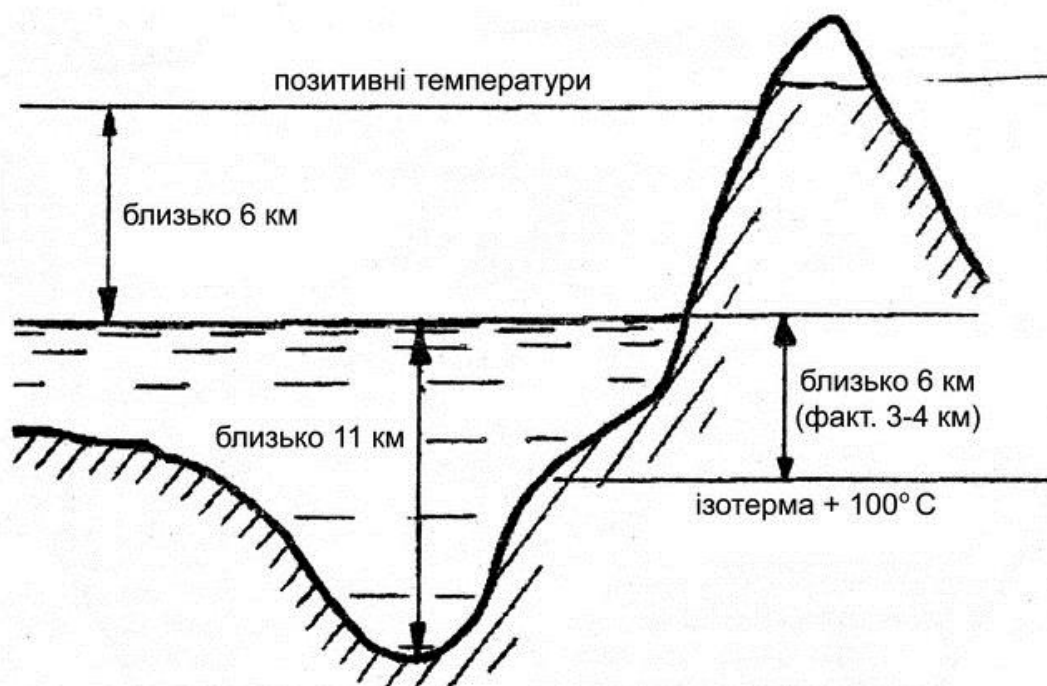


Рис. 2.1. Розміри простору біосфери

(<https://www.google.com.ua/search?q=біосфера>)

Якщо виходити з припущення, що межі існування життя обмежуються точками температури, при якій вода перетворюється на пару, а білки згортаються, то теоретично межі розповсюдження біосфери набагато ширше в порівнянні із загальноприйнятими в літературі.

## 2.2. Жива речовина

Головна ідея В. І. Вернадського полягає в тому, що вища фаза розвитку матерії на Землі – життя – визначає і підпорядковує собі інші планетарні процеси. З цього приводу він писав, що можна без перебільшення стверджувати, що хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфери, цілком перебуває під впливом життя, визначається живими організмами. За підрахунками вчених, жива речовина біосфери утворює 1800 тис. видів, загальна маса яких становить 2423 млрд. т. Ця маса живої речовини зосереджена в об'ємі біосфери (1400 тис. км<sup>3</sup>).

Біомаса рослин (фітомаса) в 2500 разів перевищує загальну масу тварин (зоомасу), причому видова диференціація тварин в 6 разів більше видової диференціації рослин. Якщо рівномірно розподілити всі живі організми на поверхні Землі, то вони утворюють плівку завтовшки 5 мм. Незважаючи на це, роль живої речовини в історії Землі не менш ролі геологічних процесів. Вся маса живої речовини, яка була на Землі хоча б протягом 1 млрд років, вже перевищує масу земної кори. Дійсно, біомаса Землі (в сухій речовині), за новітніми даними, становить  $2,44 \times 10^{12}$  т, що складає 0,00001% земної кори ( $2 \times 10^{19}$  т), щорічна продукція живої речовини близька до  $2,32 \times 10^{11}$  т. Вважаючи, що останній мільярд років продукція була близька до сучасної, можна розрахувати її сумарна кількість:  $2 \times 10^{11} \times 10^9 =$  лютому  $10^{20}$  т, що в 10 разів більше маси земної кори.

Кількісною характеристикою живої речовини є сумарна кількість біомаси. В.І. Вернадський після аналізів і розрахунків дійшов висновку, що кількість біомаси становить від  $10^{20}$  до  $10^{21}$  г, або 1000-10000 трлн т. Йому ж належать і такі цікаві розрахунки. Виявилось, що хоча вся поверхня Землі становить дещо менше 0,0001% поверхні Сонця. Зелена площа її трансформаційного апарату – поверхня листя дерев, стебел трав і зелених водоростей, дає число зовсім іншого порядку – в різні періоди року вона коливається від 0,86 до 4,20% поверхні Сонця, чим і пояснюється велика сумарна енергія біосфери. В останні роки аналогічні підрахунки із

застосуванням новітньої апаратури провів красноярський біофізик І.І. Гітельзон і підтвердив порядок цифр, який понад півстоліття тому обґрунтував В.І.Вернадський. І.І. Гітельзон ретельно досліджував енергетичний баланс різних планет Сонячної системи і особливо кількість теплової та електромагнітної енергії, яку одержує Земля від Сонця. За його оцінками, вона виявилася рівною  $170 \times 10^{12}$  кВт.

В.І. Вернадський вперше розглянув біосферу як область перетворення космічної енергії, з'ясував закономірності поширення живої речовини в біосфері, вивчив кількісні закономірності розмноження різних таксономічних груп організмів і геохімічну енергію живої речовини. Значне місце в роботах В.І.Вернадського по біосфері відведено зеленому живому речовини рослин, оскільки тільки воно автотрофно і здатне акумулювати променисту енергію Сонця, утворюючи з її допомогою первинні органічні сполуки. Причому зелена речовина вловлює в цілому лише 0,02-0,03% сонячної енергії, що надходить на поверхню Землі. Слід також згадати висновки натураліста про те, що значна частина енергії живої речовини йде на утворення в біосфері нових вадозних (речовина, яка поза біосферою невідома) мінералів, а частина захороняється у вигляді органічної речовини, утворюючи в кінцевому рахунку поклади бурого і кам'яного вугілля, горючих сланців, нафти і газу. «Ми маємо тут справу, – писав В. І. Вернадський, – з новим процесом, з повільним проникненням всередину планети променевої енергії Сонця, що досягла поверхні Землі. Цим шляхом жива речовина змінює біосферу і земну кору. Воно безперервно залишає в ній частину хімічних елементів, створюючи величезні товщі вадозних мінералів або пронизуючи пилом своїх залишків косну матерію біосфери ».

У вченні про біосферу поняття «жива речовина» є основним. Живі організми перетворюють космічну променисту енергію у земну, хімічну і створюють нескінченну різноманітність нашого світу. Своїми диханням, харчуванням, метаболізмом, смертю і розкладанням, триваючими сотні мільйонів років, безперервною зміною поколінь вони породжують існуючий

тільки в біосфері грандіозний планетарний процес – міграцію хімічних елементів. Рух земних атомів безперервно відбувається більше двох мільярдів років відповідно до законів біогенної міграції атомів, максимуму біогенної енергії, константності кількості живої речовини та ін. Жива речовина, згідно теорії В.І. Вернадського, – це біогеохімічний фактор планетарного масштабу, під впливом якого перетворюються як навколишнє абіотичне середовище, так і самі живі організми. У всьому просторі біосфери йде породжене життям невинне переміщення молекул. Життя вирішальним чином впливає на розподіл, міграцію і розсіювання хімічних елементів, визначаючи долю азоту, калію, кальцію, кисню, магнію, стронцію, вуглецю, фосфору, сірки та інших елементів. Багатокілометрові товщі вапняків, вугільні родовища, залізні руди – все це прояв діяльної сили життя. Епохи розвитку життя – протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой – відображають не тільки форми життя на Землі, але і її геологічний літопис, її планетарну долю.

Жива речовина, незважаючи на величезну різноманітність складових організмів, єдине в своїй речовій, атомній основі. Але процеси атомної міграції пов'язують між собою не тільки самі організми – в природі постійно відбувається біогеохімічна міграція речовин з організму в довкілля і назад. Ця міграція була б неможлива, якби елементний хімічний склад організмів не був близький до хімічного складу земної кори. Вивчення хімічного складу біосфери дозволило встановити, що в організмах переважають легкі елементи: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca (з важких поширене лише залізо). Ці елементи утворюють в організмах такі сполуки, які, як правило, поза живої речовини не зустрічаються. Встановлено, що в ході геологічної історії організми адаптувалися до певного хімічного складу середовища. Хімізм середовища у величезній мірі позначається на особливостях географічного розселення рослинних і тваринних організмів.

### **2.3. Функції живої речовини**

Міць геологічного та геохімічного впливу живої речовини на

поверхневі оболонки планети цілком і повністю визначається геохімічними функціями живих організмів. Протягом усього геологічного часу жива речовина в біосфері виконує важливі функції планетарного масштабу. Прийнято розрізняти шість основних функцій живої речовини.

*Енергетична функція* полягає у здійсненні зв'язку біосферно-планетарних явищ з космічним випромінюванням, головним чином із сонячною радіацією. В основі цієї функції лежить фотосинтетична діяльність зелених рослин, в результаті якої відбувається акумуляція сонячної енергії та її перерозподіл. Згідно наукових оцінок, рослини щорічно накопичують  $1842 \times 10^{15}$  кДж енергії.

*Газова функція* обумовлює міграцію газів і їх перетворення, забезпечує газовий склад і динаміку газів біосфери. У процесі функціонування живої речовини утворюються азот, кисень, діоксид вуглецю, сірководень, метан та ін. Переважна маса газів на Землі має біогенне походження. За рік рослини виділяють в атмосферу приблизно 123 млрд т кисню і поглинають близько 170 млрд т діоксиду вуглецю.

*Концентраційна функція* пов'язана з накопиченням живими організмами біогенних елементів навколишнього середовища. Як уже зазначалося, в організмах переважають атоми легких елементів; концентрація їх в тілі живих організмів в сотні і тисячі разів вище, ніж у зовнішньому середовищі. Цим пояснюється неоднорідність хімічного складу біосфери. Так, на частку кисню, вуглецю, водню та азоту припадає 99% маси живої речовини. Морські водорості концентрують йод, діатомові водорості і злаки – кремній, фіалки – цинк, моллюски та ракоподібні – мідь тощо. Особливо помітно концентраційна функція проявилася у виділенні солей кальцію у вигляді карбонатів, фосфатів і солей щавлевої кислоти. Здатністю концентрувати і в подальшому виділяти солі кальцію в нерозчинний осад володіють багато видів бактерій, одноклітинних організмів, водорості, мохи, вищі рослини і тварини. Їх відмерлі залишки відклалися у вигляді величезних покладів вапняків, крейди та туфів.



*Окислювально-відновна функція* полягає в хімічному перетворенні речовин, що містять атоми із змінним ступенем окислення (сполуки заліза, марганцю та ін.). В результаті відбуваються різноманітні перетворення більшості хімічних сполук. У ґрунті, водному та повітряному середовищах утворюються солі, оксиди, нові речовини як результат окислювально-відновних реакцій. З діяльністю мікроорганізмів пов'язане формування залізних і марганцевих руд, вапняків тощо. Наукою встановлено, що в найдавнішу геологічну епоху в атмосфері Землі був відносно великий вміст діоксиду вуглецю і порівняно низький – кисню. Поява бактерій, що окислюють, і зелених рослин поступово призвело до збільшення вмісту кисню в атмосфері Землі. Поява анаеробних організмів (здатних жити при нестачі або при відсутності кисню) сприяло відновним реакціям у природі. Так утворилися водень, оксиди азоту і сірчистих металів, сірководень, метан, осадові породи в підводних умовах, заболочені ґрунти при нестачі повітря.

В останні роки науковці активно обґрунтовують ще одну екологічну функцію живої речовини – концепцію глобальної *біотичної регуляції біосфери*. Згідно концепції, придатне для життя людини навколишнє середовище створюється і стійко підтримується в оптимальному стані природними, не порушеними людиною екологічними спільнотами живих організмів (біотою). Природна біота компенсує будь-які порушення навколишнього середовища, що не перевершують порога руйнування самої біоти. Біотична регуляція здійснюється шляхом функціонування ("роботи") живих організмів всіх видів, що входять в екологічне угруповання. Стабілізуючий природний добір запобігає розпаду генетичної інформації, необхідної для такої роботи. Еволюція відбувається в напрямі посилення регуляторного потенціалу екологічного угруповання. Величина потоків інформації, оброблюваних природної біотою в процесі управління довкіллям, на двадцять порядків перевершує величину потоків інформації, які можуть бути оброблені сучасною цивілізацією. Технологічний аналог біотичної регуляції неможливий.

Життя може існувати в температурному інтервалі, за якого гідросфера планети перебуває в рідкому стані. Рідка гідросфера Землі фізично нестійка по відношенню до переходу в стан повного заледеніння планети або повного випаровування океанів. У відсутності біотичного управління навколишнє середовище і клімат Землі протягом короткого часу перейдуть в одне з цих двох стійких станів, непридатних для життя людини (рис. 2.2).

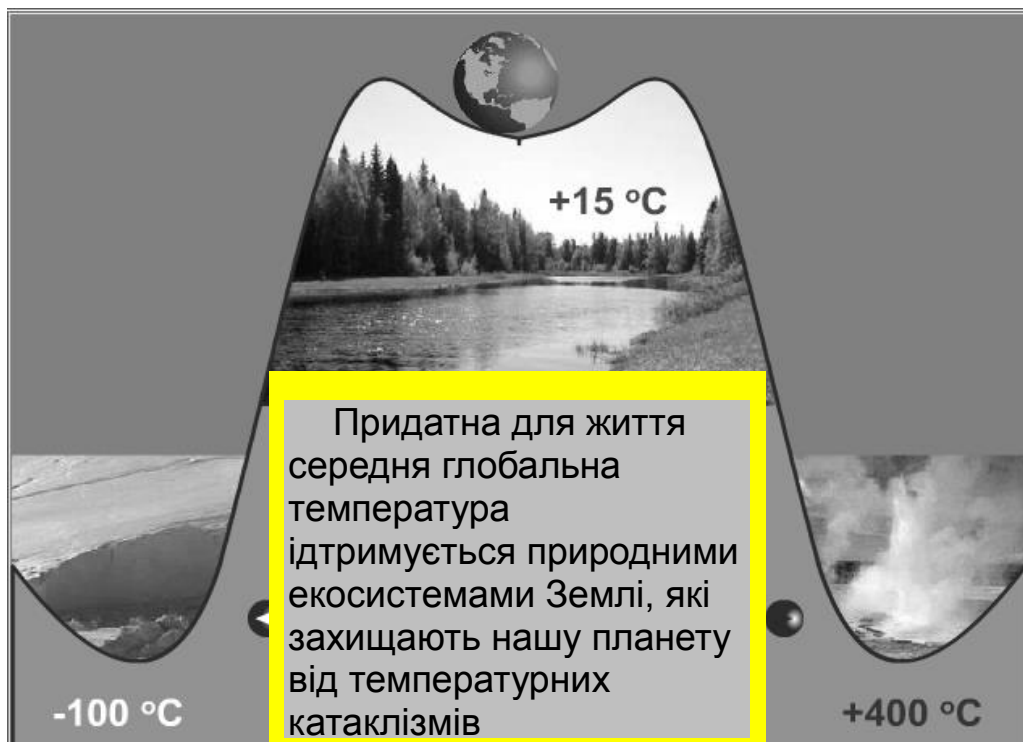


Рис. 2.2. Концепція глобальної біотичної регуляція клімату планети

Людина живе на суші. Прісна вода, яка необхідна для всього життя і життя людей, річками безперервно стікає в океан. Компенсація річкового стоку і оптимальне дощове зволоження ґрунту забезпечується дією лісового біотичного насоса, який закачує атмосферну вологу з океану на сушу. Суша, позбавлена природного лісового покриву, перетворюється на пустелю, яка назавжди зачинена для океанічної вологи. Освоєння природних екосистем в ході господарської діяльності людини руйнує механізм біотичної регуляції в локальних масштабах і безперервно послаблює його глобальну потужність. Порушені екосистеми і штучні біосистеми (поля, пасовища, експлуатовані лісу) не здатні до підтримання сталого навколишнього середовища. Навпаки, вони діють як могутні дестабілізатори навколишнього середовища.

## 2.4. Кругообіг біогенів

У біосфері, як і в кожній елементарній екосистемі, постійно здійснюється кругообіг хімічних елементів – біогенів. Під кругообігом біогенів розуміють взаємний обмін хімічними елементами між екологічними компонентами, завдяки цьому утворюється структурне ціле екосистеми. Головна причина виникнення такого унікального «технологічного винаходу» природи полягає в тому, що постійна невідповідність між потребами організмів і наявністю доступних (засвоюваних) поживних речовин зумовило необхідність повторного використання біогенів за типом кругообігу (циклу). Щороку такі цикли викликають рух приблизно 480 млрд т речовин (переважно біогенних елементів). Сотні мільйонів років йдуть на Землі процеси фотосинтезу органічної речовини з косних компонентів. Земна куля – деяке кінцеве фізичне тіло. Закономірно припустити, що різні хімічні елементи та їх різноманітні з'єднання також фізично кінцеві. Здавалося б, що асиміляційні процеси, які тривають мільйони років, могли б призвести до повного виснаження необхідних речовин. Цього, однак, не спостерігається. Єдиний спосіб надати чомусь кінцевому властивості нескінченного – це змусити кінцеве обернутися по замкнутій кривій (залучити його в кругообіг). І справді, всі речовини на нашій планеті перебувають в процесі кругообігу. Кругообіг речовин являє собою багаторазову участь їх у процесах, що протікають в атмосфері, гідросфері, літосфері, у тому числі в тих їх шарах, які входять в біосферу планети. Щоб біосфера продовжувала існувати, щоб не припинявся розвиток життя, повинні відбуватися безперервні хімічні перетворення живої речовини. Після використання одними організмами речовини повинні переходити в засвоювану для інших організмів форму. Такого роду циклічна міграція речовин і хімічних елементів відбувається тільки за певних витрат енергії Сонця. Залучена в біосферні процеси кількість речовини протягом цілих геологічних періодів залишається постійною.

Важливий показник інтенсивності біологічного кругообігу – швидкість

обігу хімічних елементів. Її можна оцінити по швидкості накопичення і розкладання мертвої органічної речовини, що утворився в результаті щорічного опаду рослин і відмирання тваринних організмів. Відношення маси мертвої рослинної речовини до маси щорічного опаду відображає інтенсивність процесу деструкції. Вона залежить від екологічних умов навколишнього природного середовища. Наприклад, деструкція в умовах тундри триває надзвичайно довго, а у вологих тропічних лісах рослинні рештки майже не накопичуються.

### 3. БАЛАНС БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОЕКОСИСТЕМ

Біогенні елементи – хімічні елементи, що містяться в земній корі й постійно входять до складу живих організмів. До них належать:

- ✓ органогени – елементи, вміст яких в організмах становить приблизно 97% (C, H, O, N, P, S);
- ✓ елементи електролітного фону (Na, K, Ca, Mg, Cl);
- ✓ мікроелементи – елементи, що входять до складу активних центрів ферментів (переважно металоферменти, які утворюють d-елементи).

В агроценозах головними біогенними елементами є азот, фосфор та калій.

Кругообіг азоту в екосистемах має свої особливості (рис. 3.1). Основними природними джерелами азоту є атмосферне повітря та відмерлі частки рослин і тварин. Більшість організмів не здатні асимілювати його з повітря. Вільний азот атмосфери можуть використовувати лише азотфіксуючі бактерії і деякі синьо-зелені водорості. Розкладання органічних азотовмісних сполук (амоніфікація) приводить до звільнення азоту у формі аміаку, що далі окислюється послідовно до нітратів і нітритів (нітрифікація). Сумарна річна продукція азотфіксації в екосистемах складає 178-190 млн. т.

Окислений азот знову відновлюється до  $N_2$  у процесі денітрифікації. Амонійні і нітратні форми сполук азоту асимілюються рослинами і мікроорганізмами, що приводить до тимчасового закріплення азоту в органічних речовинах, його іммобілізації в мікробній біомасі.

Біологічний розклад азотовмісних органічних сполук до органічних форм складається з кількох стадій, причому окремі з них можуть здійснюватися лише спеціалізованими бактеріями. Більша частина біохімічних перетворень, які беруть участь у розкладі азотовмісних сполук, відбувається в ґрунті, де доступність азоту для рослин полегшується розчинністю його неорганічних форм. Ґрунтові бактерії, що перетворюють

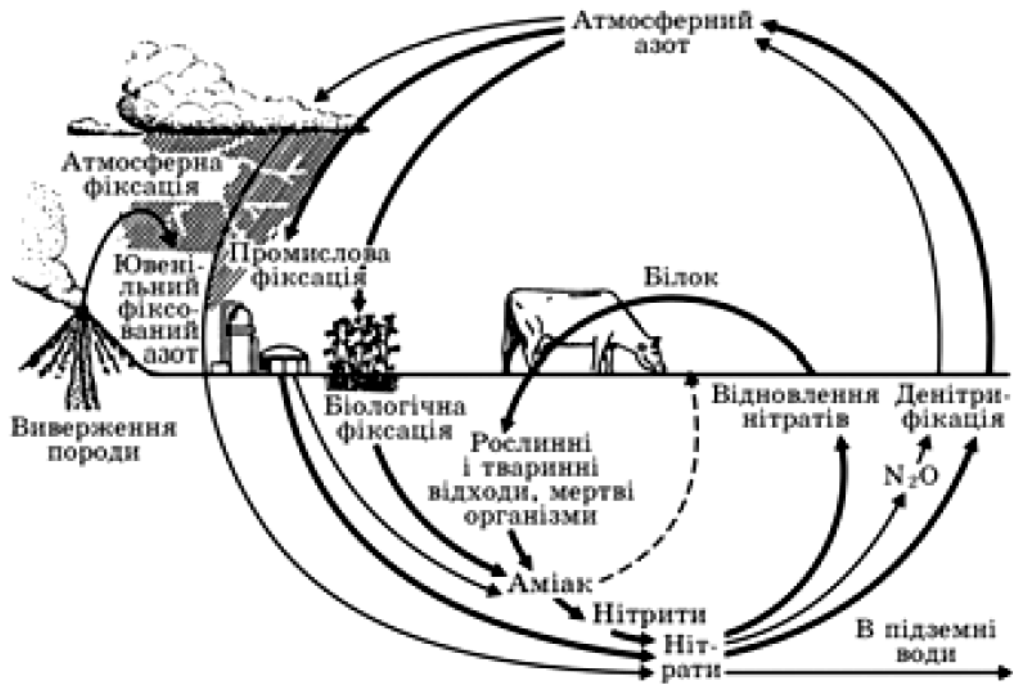


Рисунок 3.1. Колообіг азоту

аміак на нітрати і нітрити, залежать від джерела кисню, і не можуть функціонувати, якщо в ґрунті спостерігається його дефіцит (наприклад, у випадку затоплення). В такому разі нітрогеновмісні сполуки перетворюються іншою групою бактерій на газоподібний азот, який вивільнюється в атмосферу. З атмосферними опадами надходить незначна кількість азоту, деколи лише 1-2 кг/га і не більше 5-10 кг/га. Антропогенні викиди міст та індустриальних центрів досить часто збільшують його вміст до 20 кг/га і більше.

На вміст в ґрунтах зв'язаних форм азоту впливає принесення і відчуження їх під впливом атмосферних, гідрологічних, біотичних і антропогенних факторів. Так, вміст азоту у повітрі, розташованому в межах простору, який займають надземні органи рослин, що входять до складу фітоценозу, коливається від  $<1000 \text{ м}^3$  на 1 га (при висоті рослин  $<10 \text{ см}$ ) до

500-700 тис. м<sup>3</sup> на 1 га (при висоті рослин 50–70 см), а деколи і більше, що становить від 1 до 500-700 т/га.

В ґрунтах лісових біогеоценозів (шар 0-100 см) міститься така кількість азоту: підзолисті ґрунти хвойних лісів – 5,7 т/га; дерново-підзолисті листяних лісів – 9,7 т/га; сірі і темно-сірі ґрунти лісостепу – 12,0 т/га. Найбільша кількість азоту міститься в потужних степових чорноземах – 35,8 т/га. Цікавими є дані про вміст зв'язаного азоту не лише в ґрунті, але й в цілому біогеоценозі. Найбільше його міститься (живі організми рослин, опад, підстилка, ґрунт) в смерекових лісах (Карелія – 1780-3950 кг/га, Швеція – 3020-23000 кг/га, Англія – 7500 кг/га); в соснових лісах (Швеція – 1600-1890 кг/га, Англія – 7500 кг/га); широколистяних лісах (Бельгія – 5200 кг/га, Англія – 8040 кг/га). У різних лісах Японії (від бореальних до субтропічних) – 4520-12530 кг/га, в тропічних лісах – 6070-6925 кг/га.

У ґрунті (без підстилки) вміст азоту становить: в смеречняках Карелії – 1120-3040 кг/га, в Англії – 6600 кг/га; в тропічному лісі – 4590 кг/га. В живих організмах рослин звичайно міститься не більше 10% загального вмісту зв'язаного азоту біогеоценозу.

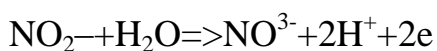
Для дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів добрим показником вмісту мінерального азоту є його кількість 100 – 120 мг/кг, що без додаткового внесення добрив здатна забезпечити урожай зерна 22-25 ц/га, картоплі 160-170 ц/га.

В середині 50-х років було доведено, що асиміляція мінерального азоту може відбуватися як в коренях, так і в листках. Азот застосовується рослиною у вигляді аніонів NO<sup>2-</sup>, NO<sup>3-</sup>, катіона NH<sup>4+</sup>. Значення нітрогену в житті рослин надзвичайно велике. При його нестачі порушуються всі найважливіші функції і розвиток рослин. Азот є важливим органогенним елементом. Оскільки сполуки азоту мають властивість повторно використовуватися рослиною (процес реутилізації), ознаки його нестачі спочатку виявляються на нижніх листках. Пожовтіння починається із жилок листка і поширюється до країв листової пластинки. У разі значного і

тривалого азотного голодування блідо-зелене забарвлення поступово переходить у жовтий, помаранчевий і червоний кольори, після чого листки всихають і відмирають. Крім того, затримується ріст рослин, зменшується розмір плодів. У злакових культур нестача азоту впливає на колоски: вони формуються коротшими та з меншою кількістю зерен.

З врожаєм відбувається постійний винос азоту з ґрунту, який перевищує 100 млн т/рік. У той же час коефіцієнт використання рослинами мінеральних добрив не перевищує 50%. Надлишок добрив викликає забруднення окремих екосистем і біосфери в цілому.

У 1891 р. С. М. Виноградський виділив мікроорганізми, названі нітрифікаторами. Вони були представлені двома групами, кожна з яких проводила один із двох етапів окислення азоту: спочатку утворювалися нітрити, а потім – нітрати. Першу (групу нітритних бактерій) складають роди *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospiro*, *Nitrosovibrio*, другу (нітратних бактерій) – *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*. У метаболічному відношенні всі бактерії, що нітрифікують – хемолітоавтотрофи, які використовують енергію окислювання аміаку або азотистої кислоти для синтезу органічних речовин із  $\text{CO}_2$ , тобто здійснюють хемосинтез. Окислювання аміаку до нітрату відбувається поетапно з втратою електронів. Друга фаза нітрифікації супроводжується втратою двох електронів. Донором кисню при окислюванні нітритів до нітрату служить вода:



Оптимальні умови для нітрифікації лежать у діапазоні температур 25-32<sup>0</sup>С і рН 7,5-8,0. У кислих ґрунтах автотрофна нітрифікація пригнічена, цей процес заміщається окислюванням аміаку або інших азотовмісних речовин до нітритів і нітратів гетеротрофної нітрифікації.

У природі гетеротрофна нітрифікація має місце скрізь, де аміак утворюється в умовах достатку органічних речовин, наприклад – в компостних купах, у скупченнях гною, в аеротенках.



Рослини використовують в процесах асиміляції не більше 50% внесеного азоту, а інша частина:

- ✓ закріплюється в складі органічної і мінеральної речовини ґрунту;
- ✓ іммобілізується в клітинах мікроорганізмів у процесі асиміляторної нітратредукції;
- ✓ відновлюються до молекулярного азоту в результаті дисиміляційної нітратредукції (денітрифікації);
- ✓ вимивається в ґрунтові води, звідкіля виноситься в річки, моря й океани.

Для нітрифікації потрібна добра аерація ґрунту, слаболужна реакція (рН 6-8), оптимальна волога, температури (25-32°C). При таких умовах в чорноземах в чистому парі може накопичуватися до 30-50 мг N на 1 кг ґрунту, або 90-150 кг на 1 га. В дерново-підзолистих ґрунтах азоту накопичується менше, приблизно 50-70 кг на 1 га. Значна кількість нітратів знаходиться у міжряддях просапних культур, де ґрунт підтримується у рихлому стані. Таким чином нітрифікацію можна підсилити якісним обробітком ґрунту та вапнуванням кислих ґрунтів.

Разом з мінералізацією азотовмісних органічних сполук в ґрунтах проходять і протилежні процеси – перехід мінеральних сполук азоту, доступних для рослин, в недоступні органічні сполуки, втрата азоту у вигляді газоподібних форм, а також процес біологічного поглинання азоту.

Терміном «денітрифікація» звичайно позначають суму процесів, що ведуть до втрати нітратів і нітритів у результаті їхнього відновлення до газоподібних форм біологічним шляхом. Денітрифікація протікає в анаеробних умовах і пригнічується киснем. Нітрати відновлюються в наступній послідовності:



Число родів бактерій, представники яких здатні до нітратного дихання (денітрифікації), досить велике. При цьому перший етап – перехід нітратів у нітрити – здатні здійснювати різноманітні мікроорганізми, у тому числі і

еукаріоти (водорості, гриби, дріжджі). Повну денітрифікацію (до газоподібного стану) проводять тільки прокаріоти. У процесі дисиміляційної нітратредукції крім молекулярного азоту можуть утворюватися інші газоподібні сполуки – NO, N<sub>2</sub>O, і NH<sub>3</sub>.

У результаті денітрифікації в атмосферу щорічно надходить 270-300 млн. т. N<sub>2</sub>. Більша частина цього азоту – втрати з ґрунту. Денітрифікація – одна з основних причин неповного використання рослинами внесених у ґрунт азотних добрив. Зменшення втрат азоту можна домогтися шляхом застосування гранульованих добрив, слаборозчинних азотних туків і дробовим внесенням добрив.

Від правильного вирішення проблеми азотного балансу ґрунтів і азотного живлення рослин залежить врожайність полів та збереження ґрунтової родючості при багаторічній експлуатації земель. У природних екосистемах рослини використовують азот з різних джерел: із ґрунтових розчинів, з гумусу після його розкладання мікроорганізмами і від бактерій, що зв'язують молекулярний азот, який у формі амінокислот надходить у клітини коріння. В агроценозах рослини додатково одержують азот із внесених у ґрунт добрив. Частка біологічного азоту у врожаї за різними оцінками складає від 60 до 90%.

Поповнити вміст біологічного азоту можна зароблянням у ґрунт соломи, зелених добрив, а також соломи разом з сидератами. Солома містить всі мікро і макроелементи і після мінералізації у ґрунті є джерелом живлення для рослин. Із 1 т соломи може синтезуватися біля 180 кг гумусу, а із 1 т соломистого гною – 50-60 кг. Однак в соломі зернових міститься велика кількість безазотистих речовин: целюлози – 33-35%, геміцелюлози – 21-22%, лігніну – 18-22%, а також білка 3-5%, азоту і мінеральних солей – 4-6%. Сидерати підвищують вміст гумусу, буферність, збільшують водостійкість структурних часток ґрунту, капілярну вологемність та ємність катіонного обміну. Посіви сидератів пригнічують сходи і ріст бур'янів і поліпшують фітосанітарний стан ґрунту. На зелене добриво вирощують люпин

однорічний і багаторічний, горох, які у процесі азотфіксації накопичують 150-300 кг/га азоту та органічної речовини, що рівноцінна 30-40 т/га гною.

За даними Інституту аграрної економіки УААН (1993), повернення азоту з добривами і за рахунок біологічної фіксації становить 83,9%. У межах окремих ґрунтово-кліматичних зон баланс азоту складається по-різному.

Згідно з результатами багаторічних досліджень, для підвищення родючості ґрунтів Полісся за середніх урожаїв зерна 20-25 ц/га, картоплі – 150-180, льону – 8-10 ц/га, повернення азоту з добривами має становити понад 120 – 150%. Баланс азоту в Лісостепу і Степу характеризується дефіцитом (14-18кг/га) (таб. 3.1).

Таблиця. 3.1. Винесення елементів мінерального живлення рослин із ґрунту основною і побічною продукцією, кг/ц.

Культура	Елемент живлення		
	Азот	Фосфор	Калій
Озима пшениця	3,5-3,7	1,2-1,3	2,0-2,3
Озиме жито	2,8-3,0	1,1-1,4	2,3-2,5
Ярий ячмінь	2,3-2,5	1,0-1,1	1,8-2,3
Овес	2,8-3,0	1,0-1,2	2,7-3,1
Просо	2,8-3,0	1,2-1,4	2,8-3,3
Кукурудза	2,8-3,0	0,8-1,1	2,9-3,2
Гречка	3,0-3,4	1,5-1,7	4,3-5,5
Горох	6,0-6,4	1,5-1,8	2,2-2,7
Люпин	6,0-6,5	1,6-1,9	3,5-4,7
Соя	6,4-7,3	1,2-1,8	1,9-2,3
Картопля	0,6-0,7	0,3-0,4	1,3-1,7
Цукрові буряки	0,6-0,8	0,2-0,4	0,8-0,9
Соняшник	6,0-7,0	2,5-2,8	17,2-18,6
Льон-довгунець (волокно)	1,3-1,4	0,6-0,8	1,7-2,0

Колообіг фосфору за структурою простіший, ніж азоту. Його джерелом є гірські породи та інші відклади, створені в минулі геологічні епохи. Геологічний цикл фосфору включає різні шляхи міграції в земній корі, інтенсивний біологічний колообіг і міграцію в гідросфері. Гірські породи поступово піддаються ерозії і вивільняють фосфати в екосистеми; багато їх потрапляє в море, де частина відкладається в мілководних осадах.

Фосфор належить до найважливіших елементів живлення. Його органічні сполуки необхідні для підтримання процесів життєдіяльності рослин і тварин, він входить до складу нуклеїнових кислот, складних білків, фосфоліпідів, нуклеотидів, фосфопротеїнів та інших сполук.

Як компонент життєво важливих органічних сполук фосфор є носієм енергії в рослинному організмі. Під час гідролізу аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ), яка входить до складу ДНК, вивільняється близько 55 кДж/моль енергії. Макроергічні фосфатні зв'язки мають величезне значення в процесах обміну речовин у клітинах і в синтезі білка.

Азотне і фосфорне живлення рослин тісно пов'язані між собою. За нестачі фосфору в тканинах рослин накопичується нітратний азот, а синтез білків сповільнюється.

Фосфор концентрується органічними речовинами, де його вміст майже у 10 разів вищий, ніж у земній корі. Середній вміст фосфору в земній корі (літосфері, гідросфері, атмосфері) дорівнює 0,093%, тобто його в декілька десятків разів більше, ніж азоту. На суходолі відбувається інтенсивний колообіг фосфору в системі ґрунт – рослини – тварини – ґрунт (рис. 3.2).

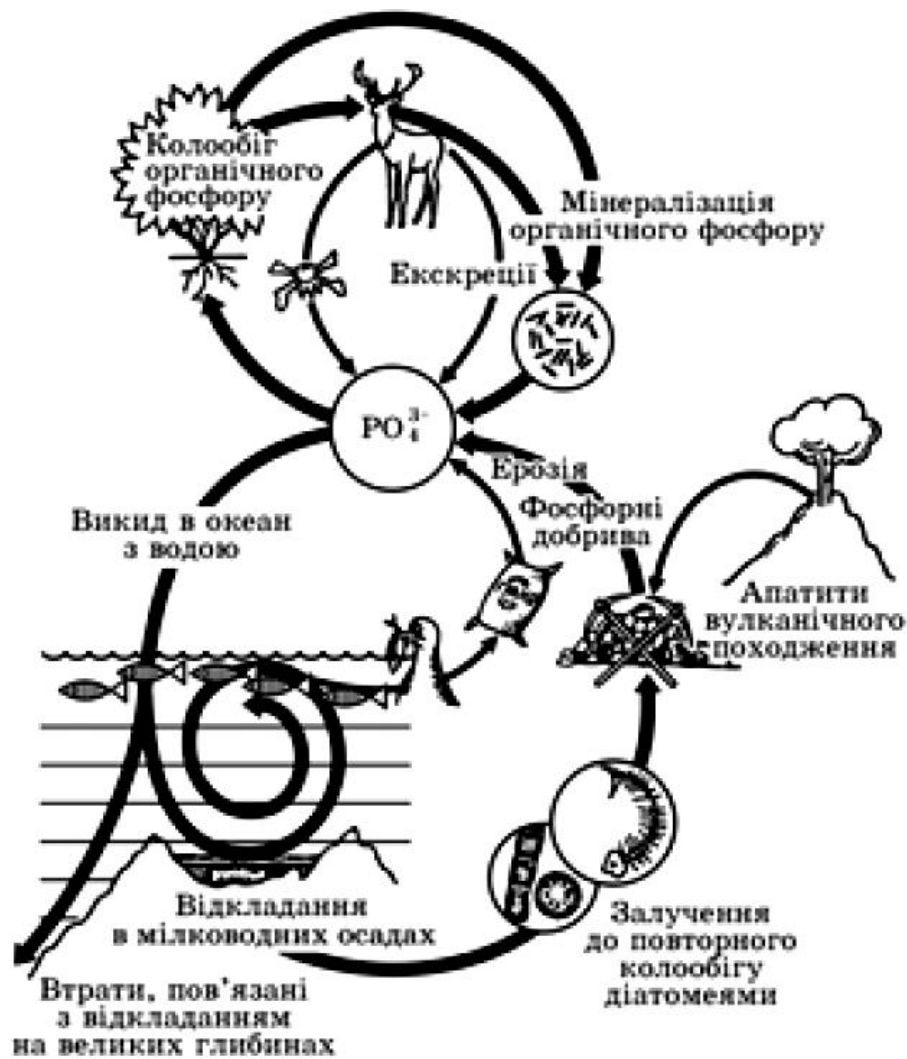


Рис. 3.2. Колообіг фосфору

Фосфор у ґрунті входить до складу мінеральних і органічних сполук. Його вміст залежить від гранулометричного складу ґрунту та кількості гумусу. Найменше фосфору в підзолистих ґрунтах Полісся, найбільше – в чорноземах.

Мінеральні сполуки фосфору представлені мінералами ґрунтоутворних порід (апатити, фосфорити) і солями фосфорної кислоти. Доступність фосфору рослинам у ґрунті постійно змінюється. Важкодоступні сполуки можуть переходити в більш доступні і навпаки.

Значна частина фосфору в рослині входить до складу запасної речовини – фітину, що є джерелом цього елемента при проростанні насіння.

Важлива група фосфорорганічних з'єднань перебуває в тканині рослин. Фосфор входить до складу вітамінів і багатьох ферментів.

Більша частина фосфору перебуває в репродуктивних і молодих органах вегетуючих рослин, де інтенсивно проходять процеси синтезу органічних речовин. Фосфор має властивість переміщатися від старих до молодих органів і використовуватися повторно (процес реутилізації). Цей елемент сприяє якнайшвидшому дозріванню плодів, поліпшує водний режим і використання рослинами води. Оптимальне фосфорне харчування сприяє гарній перезимівлі озимих за рахунок кращого синтезу вуглеводів

У молодому віці, коли коренева система слаборозвинена й має низьку поглинаючу здатність, рослини особливо чутливі до нестачі фосфору. У той же час фосфор поліпшує розвиток кореневої системи на початку вегетації (роль локального добрива). Велике значення має достатнє забезпечення рослин фосфором у період формування репродуктивних органів. Його недолік у цей період затримує дозрівання рослин, знижує врожай і його якість. Також нестача фосфору чітко проявляється на процесах росту й розвитку рослин і на їхньому зовнішньому вигляді: припиняється ріст стебел і листів, різко знижується насінна продуктивність. Листя рослин стає (спочатку по краях, а потім і по всій поверхні) сіро-зеленого, червоного або червоно-фіолетового кольору. Краї листків картоплі закручуються вгору й темніють, у томатів з нижньої сторони листкової пластинки з'являється багряне забарвлення.

Перехід незасвоєваних рослинами фосфорних сполук у засвоєвані (процес мобілізації фосфорної кислоти) в ґрунті здійснюється різними шляхами. Певну роль у цьому відіграє ґрунтова вода, яка містить вуглекислий газ та здатна руйнувати нерозчинні фосфати кальцію і переводити їх у розчинні форми. Встановлено, що рослини можуть частково засвоювати фосфор із нерозчинних у воді мінеральних сполук під впливом органічних кислот, що виділяються їх кореневою системою. У цих кислотах

важкорозчинні фосфоровмісні сполуки поступово переходять у розчин і фосфорна кислота, що вивільнюється, засвоюється рослинами.

Фосфорний режим ґрунту можна регулювати внесенням фосфорних мінеральних, органічних та вапнякових добрив. Вапнування кислих ґрунтів не змінює загального вмісту розчинних фосфатів, але підвищує ступінь їх рухливості і доступності рослинам.

Фосфор мінеральних добрив засвоюється лише на 20 – 30%, а інша його частина перетворюється в ґрунті на важкодоступні рослинам фосфати, які можна мобілізувати за допомогою мікроорганізмів. Тільки ґрунтова мікрофлора здатна вивільнити фосфати з мінеральних і органічних сполук, підвищивши їх рухливість, за допомогою кислих метаболітів і ферментів. У випадку інтенсивного внесення фосфорних добрив він накопичується у верхніх шарах ґрунту, і його надлишок спричиняється зафосфачування ґрунтів.

В ґрунтах України простежується тенденція до зменшення вмісту фосфору (рис. 3.3).

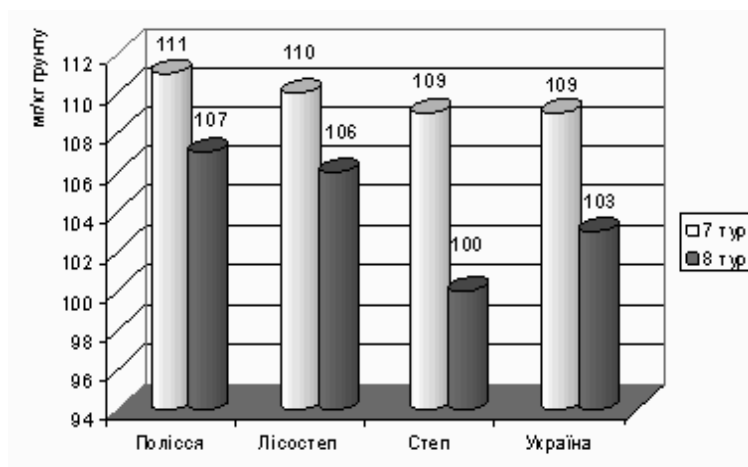


Рис. 3.3. Динаміка вмісту у ґрунтах України рухомих сполук фосфору за турами обстеження (7-й тур – 1994-1999 рр., 8-й тур – 1999-2004 рр.).

Калій входить до складу мінералів, часточок колоїдів органічних решток, мінеральних солей. Вміст його у ґрунті в десятки разів більший, ніж

азоту і фосфору. У рослинах калій міститься у вигляді солей  $KCl$ ,  $KHCO_3$ ,  $K_2HPO_4$  та катіонів. У клітині концентрація калію в сотні разів більша, ніж у навколишньому середовищі, і перевищує концентрацію інших металів. Найбільший його вміст у молодих тканинах рослин: меристемах, бруньках, молодих пагонах. Він може піддаватися повторному використанню (реутилізації). В зв'язку з відтоком калію зі старих листків у молоді в рослинах він знаходиться в мінеральній (іншій) формі.

Фізіологічна роль калію в житті рослин полягає насамперед у підтриманні сприятливих умов життєдіяльності клітини, фізико-хімічних властивостей протоплазми. Калій позитивно впливає на морозо- і зимостійкість рослин, а також на стійкість їх до посухи.

Важливу роль калій відіграє у регуляції активності ферментів, пов'язаних із синтезом амінокислот, білків і полісахаридів, а також із реакціями формування стійкості рослин до захворювань. За нестачі калію в клітині збільшується вміст натрію, магнію, кальцію, вільного аміаку, іонів водню, мінеральних фосфатів і зменшується відтік продуктів асиміляції з листків, внаслідок чого знижується продуктивність фотосинтезу.

Біохімічний цикл калію включає різноманітні процеси, що відбуваються передусім у земній корі. Внаслідок вивітрювання і перетворень силікатів вивільнюються іони калію, які відразу ж поглинаються рослинами, що започатковують біологічний колообіг цього елемента. Біогенна міграція калію дуже активна, оскільки в організмах він міститься в іонній формі і практично не утворює сполук з органічними речовинами. Після відмирання організмів він знову включається в біологічний кругообіг. В той же час значна частка цього елемента виноситься з урожаєм, внаслідок чого вміст калію в ґрунтах України невинно зменшується (рис. 3.4).



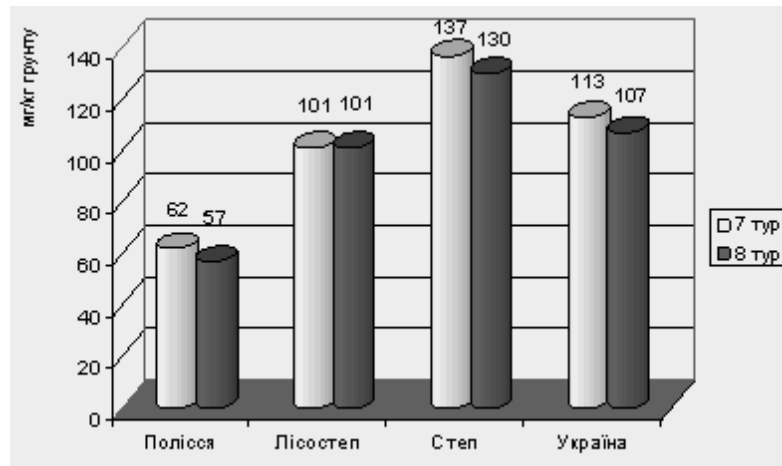


Рисунок 3.4. Динаміка вмісту у ґрунтах України рухомих сполук калію за турами обстеження (7-й тур – 1994-1999 рр., 8-й тур – 1999-2004 рр.).

Для забезпечення оптимального режиму живлення рослин крім макроелементів (азот, фосфор, калій) необхідні мікроелементи – бор (В), мідь (Cu), залізо (Fe), марганець (Mn), молібден (Mo), цинк (Zn), хлор (Cl), кобальт (Co), натрій (Na), нікель (Ni) та ін.

Бор відповідає за проникність клітинних стінок. У разі нестачі бору блокується транспортування поживних речовин у рослину. Бор також впливає на ріст кореня, сприяє утворенню пилку та підтримує генеративний розвиток рослини. Борне голодування збільшується в засуху і при зміні реакції ґрунтового середовища в лужний бік, наприклад, при вапнуванні.

Мідь входить до складу ферментів, підвищує інтенсивність дихання і фотосинтезу, впливає на білковий та вуглеводний обмін. Головне значення міді – участь у створенні окислювально-відновлювальних ферментів. Зернові культури є рослинами-індикаторами на недостатку міді. В них відбувається побіління кінчиків молодих листків і скручування їх з наступним в'яненням і відмиранням. Спостерігається потворність розвитку колоса. Мідне голодування посилюється при високому вмісті важких металів (Mn, Fe, Zn) у ґрунтовому розчині через антагонізм іонів.

Кальцій бере участь у водному, вуглеводному і азотному обміні речовин у рослині, нейтралізує дію органічних кислот, регулює процеси

обміну речовин, водний та фізіологічний баланс клітини. Кальцій також необхідний рослині для створення нуклеїнових кислот, з ним тісно пов'язані фотосинтез та енергетичний обмін. Ознаки дефіциту кальцію в овочевих культур найбільш помітні на молодих листках, які стають хлоротичними (створення світло-жовтих плям). Старі листки навпаки - набувають темно-зеленого забарвлення та збільшуються у розмірах.

Магній впливає на всі процеси, в яких відбувається передача хімічної енергії та її накопичення (фотосинтез, дихання, гліколіз тощо). Разом з кальцієм він бере участь у побудові пектинових речовин стінок клітин. Більше 300 ферментів активуються магнієм завдяки його специфічному зв'язуванню в комплекси. Магній також позитивно впливає на перенесення та засвоєння фосфору. Ознаки дефіциту магнію особливо часто спостерігаються на легких ґрунтах. До них відноситься міжжилковий хлороз старих листків, які твердіють, стають ламкими, передчасно всихають і опадають. Ознаки голодування спочатку помітні біля основи пагона поточного року, потім розповсюджуються до верхівки пагона, де залишається декілька тонких темно-зелених листків.

Сірка бере участь в обміні та перенесенні речовин, в загальних процесах іонної рівноваги у клітинах рослин. Вона входить до складу білків, будучи одним з вихідних продуктів для біосинтезу амінокислот. Ознаки дефіциту сірки: листки набувають світло-зеленого забарвлення, пізніше жовтого, частково з червонуватим відтінком. На відміну від недостачі азоту, який спочатку проявляється на старих листках, недостача сірки виявляється перш за все на молодих пагонах. Стебла стають тонкими, ламкими, задерев'янілими і жорсткими. У рослин сімейства капустяних листки видовжуються.

Залізо бере участь в процесах обміну речовин, впливає на створення хлорофілу. Ознаки дефіциту заліза: затримується ріст рослин, молоді листки стають хлоротичними. При гострому дефіциті листки біліють, і лише жилки

листка на краях залишаються зеленими. Зі старих листків у молоді залізо не переноситься.

Марганець бере участь в обмінних реакціях в клітинах рослин, в процесах фотосинтезу, створення хлорофілу, білковому обміні, синтезі вітаміну С, посилює накопичення цукру.

Цинк активує не менше 13 ферментів, бере участь в біосинтезі стимуляторів росту. Дефіцит цинку знижує поглинання амонійного азоту. При недостатності цинку в рослинах зменшується накопичення цукрів, збільшується кількість органічних кислот, порушується синтез білка; при цьому зростає вміст небілкових сполук азоту – амідів і амінокислот. Ознаки дефіциту цинку: дрібнолистковість (ланцетовидність) і розеточність. В овочевих культур з'являється плямистість верхніх листків, які стають жовтуватими, з бронзовим відтінком. В томатів створюються дрібні хлоротичні листки, що нагадують дрібнолистність плодівих дерев.

Молібден є компонентом деяких ферментів (альдегідоксидаза, гідрогеназа, нітратредуктаза), каталізує в рослинах перехід нітратів у нітриті і присутній у всіх органах, в тому числі в коренях. Молібден бере участь у фіксації молекулярного азоту бактеріями з роду *Rhizobium*, бере участь у фосфорному та білковому обміні, у створенні пектину. Недостатність молібдену веде до накопичення розчинних азотомістких сполук та гальмування створення фосфоорганічних компонентів у рослині. Кисла реакція ґрунтів дуже сильно зменшує його рухливість, а отже і засвоюваність рослинами. На торф'янистих ґрунтах, де багато нерозкладеної органічної маси, молібден сильно зв'язаний і недоступний для рослин. На відміну від інших мікроелементів, молібден може накопичуватися в рослинах у доволі великих кількостях, не спричиняючи токсичної дії. Молібденове голодування викликає зменшення створення аскорбінової кислоти, що тягне за собою зниження інтенсивності фотосинтезу в результаті падіння регенерації хлорофілу.

Формування родючості ґрунту нерозривно зв'язане з кількістю і якістю гумусу в ньому. Гумус слугує постійним джерелом енергії для життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів і рослинності, тобто визначає інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті. За даними М.М. Конової, в гумусі сконцентровано 95–98% ґрунтового азоту, 80% сірки, до 60% фосфору, значна кількість калію, кальцію, магнію та інших елементів живлення рослин. У процесі синтезу-розпаду вони вивільняються і стають доступними. Наявність великої кількості функціональних груп у макромолекулах гумусу забезпечує високу ємність його катіонного обміну. У зв'язку з цим гумус характеризується значними водоутримувальною здатністю і буферністю, що особливо важливо для ґрунтів легкого гранулометричного складу.

Колоїдна природа гумусу, і насамперед його гумінової складової, великою мірою впливає на фізичні властивості ґрунту, посилює здатність до агрегування механічної частини і тим самим, разом з кальцієм, створює водостійку структуру верхніх горизонтів, визначає їх щільність, водно-повітряний режим.

У розрахунку енергетичного потоку прийнято, що 1 кг вуглецю біомаси відповідає  $42 \cdot 10^6$  Дж енергії. Отже, щорічно в ґрунт надходить з мертвими органічними рештками  $(1,7-10,9) \cdot 10^{10}$  Дж/га енергії, що є сонячною енергією, трансформованою фотосинтезом і акумульованою у вигляді хімічної енергії органічних сполук. За коефіцієнта гуміфікації 0,4 це дає річну акумуляцію енергії в гумусі ґрунту  $(6,7-44,1) \cdot 10^9$  Дж/га, проте одночасно відбувається процес мінералізації гумусу, який супроводжується витратами енергії. У трав'янистих ландшафтах суходолу запас енергії у гумусовому шарі у 20-30 разів перевищує запаси енергії в рослинній біомасі. У лісових ландшафтах запаси фітомаси та її енергії в 2-3 рази більші, ніж запаси органіки й енергії лісових ґрунтів.

Баланс гумусу в ґрунті визначається як різниця між його нагромадженням і мінералізацією. Накопичення гумусу, в першу чергу, відбувається за рахунок внесення органічних добрив, а також внаслідок

гуміфікації поживних і корневих решток сільськогосподарських культур сівозміни (в окультурені ґрунти щорічно надходить 5-8 т/га рослинних решток). Система удобрення в сівозміні повинна передбачати не тільки бездефіцитний баланс гумусу в ґрунтах, але і розширене його відтворення. Залежно від рівня інтенсифікації землеробства (питома вага зернових, просапних, бобових багаторічних трав, наявність чистих парів, застосування органічних та мінеральних добрив, зрошення та інше) і ґрунтово-кліматичних умов втрати гумусу внаслідок його мінералізації можуть складати щорічно 0,4-4,0 т/га (рис. 3.5).

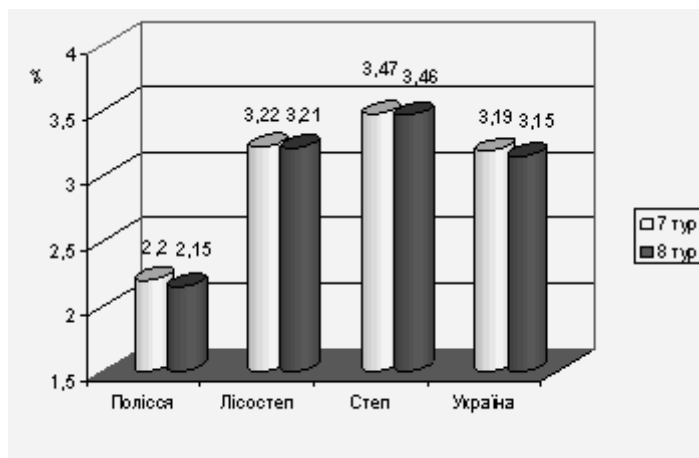


Рис. 3.5. Динаміка вмісту гумусу у ґрунтах України за турами обстеження (7-й тур – 1994-1999 рр., 8-й тур – 1999-2004 рр.).

Гумус справляє прямий і опосередкований вплив на продуктивність агроecosystem. Прямий вплив зумовлений використанням рослинами азоту та інших поживних речовин, що містяться в гумусі і вивільняються під час його мінералізації; опосередкований полягає в поліпшенні умов росту рослин на більш гумусованих ґрунтах і підвищенні коефіцієнта використання поживних речовин добрив.

Вплив гумусу на врожай сильніше виявляється на бідних на органічну речовину ґрунтах, наприклад на дерново-підзолистому.

Численні дослідження підтверджують що за слабого ступеня змитості, коли вміст гумусу порівняно з розмитими ґрунтами зменшується на 10-12%, врожай більшості культур знижується на 10-30%, за середнього ступеня змитості (зменшення вмісту гумусу в ґрунті на 20-50%) – на 30-60%, за сильного ступеня змитості (зменшення вмісту гумусу більш як на 50%) – на 60-80%.

Існує певний рівень вмісту гумусу, що забезпечує найвищу ефективність застосування засобів хімізації й отримання максимальних врожаїв. Такий рівень вважають оптимальним. Його величина залежить від багатьох чинників і змінюється для різних регіонів України і для різних ґрунтів в межах одного регіону. Оптимальний вміст гумусу для дерново-підзолистих ґрунтів становить 1,6-2,0%, супіщаних – 2,0-2,5%, суглинкових – 2,5-3,0%, сірих лісових – 3,5-4,0%. У лісостеповій і степовій зонах показники оптимального вмісту гумусу вищі і становлять для чорноземів близько 5-7%.

Сучасні чорноземи України, що в середині минулого століття містили 10-13% гумусу, тепер мають його лише 7-10% чи навіть 4-7% (табл. 3.2).

Втрати гумусу ґрунтами пояснюють насамперед умовами мінералізації органічної речовини внаслідок підвищення інтенсивності їх обробітку, збільшення частки просапних культур, скорочення частки багаторічних трав у польових сівозмінах, однобічного застосування мінеральних добрив (особливо на фізіологічно кислих ґрунтах), неповного використання рослинних решток на добрива, випалювання стерні, а іноді й соломи, відчуження органічної речовини ґрунту з врожаєм, прояв водної і вітрової ерозії ґрунтів.

Також причиною швидкої втрати гумусу є скорочення обсягів застосування органічних добрив. Так, за останні 15 років обсяги внесення органічних добрив скоротилися майже у 9 разів і становили у 2003 році 17449 тис. тонн, або 1,0 тонн/га. Втрата ґрунтом гумусу веде до зниження рівня родючості. Щорічні недобори сільськогосподарської продукції в результаті зниження вмісту гумусу становлять в останні роки близько 3 млн.

тонн умовного зерна. Встановлено, що для природного відновлення 1 см зруйнованого гумусного шару ґрунту необхідно 300—600 років. Для бездефіцитного балансу гумусу внесення органічних добрив необхідно збільшити у зоні Степу до 8,8 тонн на гектар щорічно, у Лісостепу – 10,7, Полісся – 14,3. У цілому по Україні норма органічних добрив має становити 10,4 тонн/га.

Табл. 3.2. Вміст і запаси гумусу в ґрунтах Полісся і Лісостепу (0-20см).

Тип ґрунту	Вміст, %	Запаси, т/га
<b>Дерново-підзолистий:</b>		
піщаний	0,6-1,0	18,6-31,4
глинисто-супіщаний	1,0-1,5	30,0-45,0
легкосуглинковий	1,5-1,7	45,0-51,0
<b>Сірий і світло-сірий лісовий:</b>		
супіщаний	1,2-1,6	36,0 – 48,0
легкосуглинковий	1,6-2,3	44,8 – 64,4
середньосуглинковий	1,8-2,5	48,6-67,5
важкосуглинковий	2,3-2,4	57,5 – 60,0
<b>Темно-сірий лісовий:</b>		
легкосуглинковий	2,0-3,4	56,0-95,2
середньосуглинковий	2,6-3,4	70,2-91,8
важкосуглинковий	3,0-3,6	75,0-90,0
<b>Чорноземний опідзолений:</b>		
легкосуглинковий	2,6-3,7	72,8-103,6
середньосуглинковий	3,1-4,9	83,7-132,3
важкосуглинковий	3,2-4,5	80,6-112,5
<b>Чорноземний типовий:</b>		
легкосуглинковий	3,0-3,9	75,0-97,5
середньосуглинковий	3,9-4,9	93,0-117,6
важкосуглинковий	4,7-6,0	117,5-150,0

#### 4. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО АГРОСФЕРУ

За Реймерсом екосистеми біосфери мають певну ієрархію. (рис. 4.1).

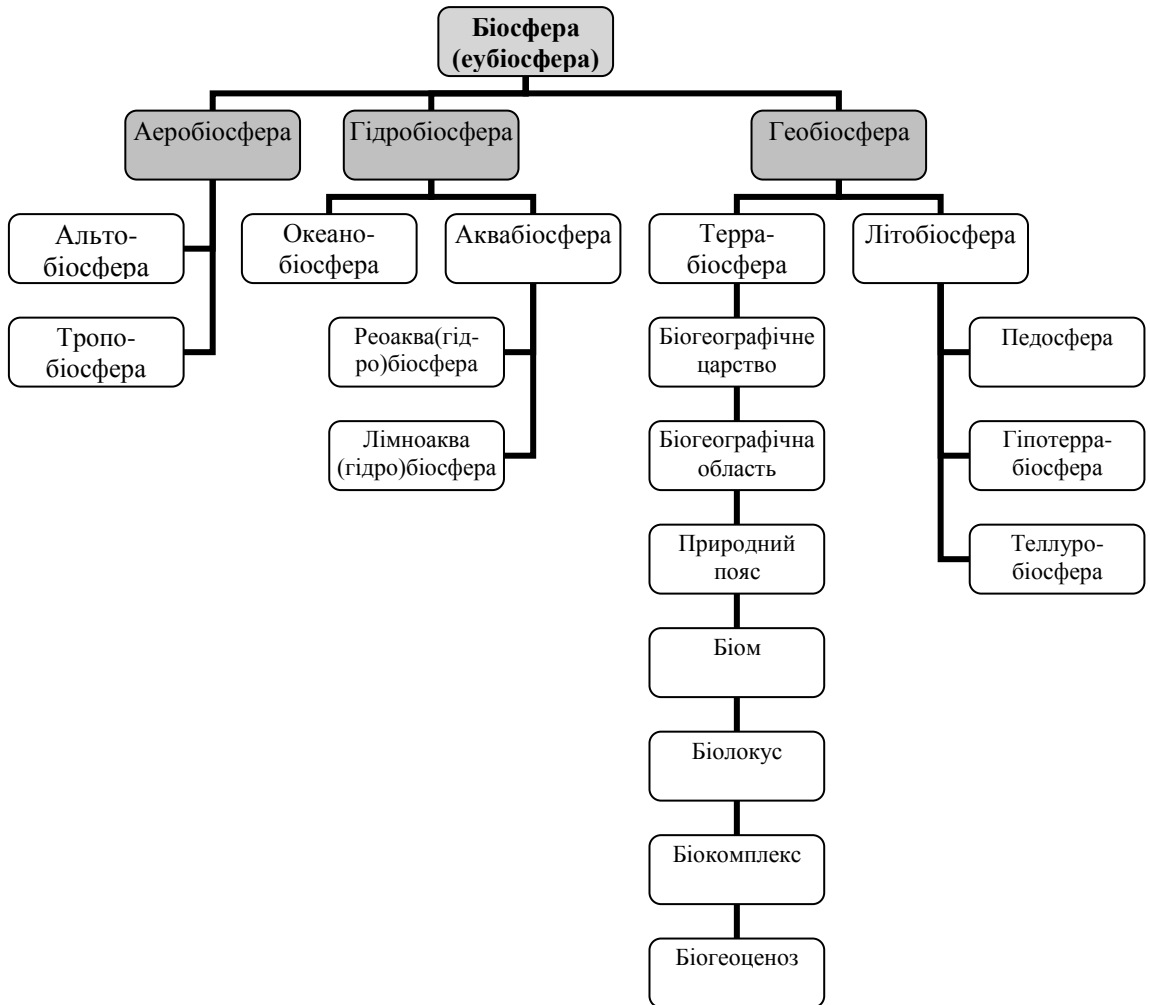


Рис. 4.1. Ієрархія екосистем біосфери

Однак внаслідок цілеспрямованих дій людини протягом багатьох поколінь утворилася ще одна, по суті нова складова біосфери — *агросфера*. В ній домінують культурні рослини, свійські тварини, оброблені ґрунти і пов'язані з ними організми (бур'яни, комахи, гриби, мікроорганізми, віруси, тваринний світ тощо). До складу агросфери входять також луки, пасовища, сільські поселення, всі типи агроландшафтів, агробіоценозів і агроекосистем. Вона створена та існує завдяки розуму й діяльності людини, і тому є як природною, так і соціальною категорією. Агросфера — не тільки головне джерело забезпечення населення продовольством і сировиною для харчової і легкої промисловості (переважно за рахунок енергії Сонця та інших



природних ресурсів – ґрунтів, води, кліматичних факторів тощо), а й середовище існування значної частини населення. Їй притаманні особливі фундаментальні закономірності внутрішнього розвитку, що є результатом взаємодії різних природних і соціально-економічних факторів.

Перш за все, на відміну від природної біосфери, агросфера – еколого-економічна система. Це обмежена певною територією частина технобіосфери, в якій природні, соціальні та виробничі структури і процеси пов'язані взаємно підтримуючими потоками речовини, енергії та інформації. Поняття технобіосфери в даному випадку відображає факт істотного перетворення частини земної біосфери прямими і непрямими впливами технічних засобів людини відповідно до її соціально-економічних потреб. Еколого-економічна система – це певне поєднання спільно функціонуючих екологічної та економічної систем, що володіє новими, емерджентними властивостями, які не зводяться до суми властивостей складових частин. Нагадаємо, що екологічна система являє собою угруповання живих організмів, які взаємодіють один з одним і з середовищем існування таким чином, що потік енергії створює чітко визначені біотичні структури і кругообіг речовин між живою і неживою частинами системи. Подібне уявлення не тільки описує біосферну складову середовища існування людини, але й не забороняє включення самої людини в «угруповання живих організмів». Однак історія соціального розвитку змушує відносити людину до соціально-економічної підсистеми, залишаючи за нею функцію найважливішої сполучної ланки у взаємовідносинах суспільного виробництва і природи.

Спрощено, еколого-економічна система – це така система, в якій на відміну від екосистем, одночасно діють закони екології і економіки. Наприклад, любий сприятливий екологічний чинник в такій системі «перетворюється» на додатковий сільськогосподарський продукт, а значить – на гроші. І навпаки, за допомогою грошей в агроекосистемі можна створити сприятливі екологічні умови (добрива, захист рослин, агротехніка тощо) для

одержання додаткового сільськогосподарського продукту і отримання прибутку.

Трофічні, енергетичні та інформаційні ланцюги в агросфері суттєво відрізняються від аналогічних ланцюгів у природних екосистемах, оскільки сучасні агроекосистеми, крім енергії Сонця, отриманої внаслідок фотосинтезу, поглинають також «антропогенну енергію». Крім того, значна частка створеної в ній органічної речовини вилучається людиною відповідно до головного призначення цього типу антропогенних екосистем – бути основним джерелом забезпечення населення продовольством та сировиною для промисловості. Як і всі відомі на сьогодні природні екосистеми, агросфера відкрита й геліоавтотрофна, однак як антропогенна екосистема характеризується зниженою сталістю. Тобто без активної підтримки людини вона швидко змінюється, але не «деградує», і в процесі тривалої сукцесії, проходячи послідовні стадії демутації, відновлюється, за певних умов наближаючись до природно-зональних станів. Це ніби найстійкіша серед розбалансованих екосистем. У протигагу природній їй властива відсутність саморегуляції й самовідновлення, а також в ній має місце зворотність біоенергетичних процесів, які підтримуються соціумом, державою.

Агросфера — надзвичайно інерційна система. Нині вона займає майже всю придатну для неї частину суші. В її історії були дві «зелені революції», зумовлені застосуванням мінеральних добрив та пестицидів і досягненнями селекції. Нині розпочалася нова «зелена революція», і вона має привести до кардинальних змін, пов'язаних з реалізацією в агросфері ідей В.І. Вернадського про ноосферу.

Витоки формування агросфери в Україні сягають глибини тисячоліть, починаючись, зокрема, із Трипільської культури. Протягом тривалого часу протиріччя між агросферою, яка є значною мірою антропогенною екосистемою, та біосферою не набували глобального характеру. Але події другої половини ХХ століття привнесли кардинальні зміни. Індустріалізація сільського господарства супроводжувалася значним зростанням площі

земель, які знаходяться в обробітку, посиленням їх ерозії, забрудненням докільля залишками добрив і пестицидів, викидами промисловості, падінням родючості ґрунтів, зникненням малих річок, погіршенням якості питної води тощо. Все це призвело до загострення екологічної кризи, особливо в окремих регіонах, зокрема, у зоні, яка постраждала від Чорнобильської аварії, в регіонах з інтенсивним проявом водної ерозії, підтопленням та техногенним забрудненням.

Агропромисловий комплекс України вважається збитковою галуззю господарювання, а значна частина сільськогосподарської продукції та продуктів харчування, що виробляються, не відповідають світовим стандартам якості і безпеки. Окрім економічних проблем, це призводить до зростання рівнів захворюваності та смертності населення, внаслідок чого в країні погіршується і демографічна ситуація. В той же час Україна має багато передумов для розвитку сталого сільського господарства та впровадження принципів органічного землеробства – значні площі родючих ґрунтів, відносно низький рівень використання мінеральних добрив і пестицидів, вагомі наукові дослідження в галузі раціонального землекористування тощо.

Агроландшафти (агросфера) займають переважну частину території нашої держави і мають домінуючий вплив як на загальну екологічну ситуацію, так і на ефективність та сталість аграрного виробництва. Термін «ландшафт» – міжнародний. Він позначає ту або іншу місцевість, пейзаж, картину природи. Агроландшафтом вважається антропогенний ландшафт, природна рослинність якого на більшій частині території замінена агроценозами. В науковій літературі аграрний ландшафт розглядають як екосистему з більш-менш окресленими границями. Аграрний ландшафт складається з екологічних систем нижчого рангу: полів, садів, городів (агроекосистем), луків і пасовищ, скотарень, ферм і тваринницьких комплексів.

За даними Державного агентства земельних ресурсів України, станом на 1 січня 2012 р. площа сільськогосподарських земель складала 42776,9 тис.

га (70,9% від загальної території України). З них рілля становить 32498,5 тис. га (58,3%). В той же час ліси та інші лісовкриті території займають лише 10611,3 тис. га (17,6%). Надмірне розширення площі ріллі призвело до порушення екологічно збалансованого співвідношення ріллі, природних кормових угідь, лісів та водойм, що негативно позначилося на стійкості агроландшафтів і зумовило значне техногенне навантаження на екосферу.

Водна ерозія ґрунтів є найбільш істотним фактором зниження продуктивності земельних ресурсів і, як наслідок, деградації агроландшафтів. Втрати продукції землеробства від ерозії перевищують 9-12 млн. т зернових одиниць щороку. Середньорічний розрахунковий змив ґрунту становить понад 15 т з гектара, втрати гумусу при цьому досягають 0,5 т, а поживних речовин – 0,6 т з гектара, що значно більше, ніж вноситься з добривами. Щороку від ерозії втрачається 460 млн. т ґрунту. Загальна площа сільськогосподарських угідь, які зазнали згубного впливу водної ерозії, становить 13,3 млн. га (32%), у тому числі 10,6 млн. га орних земель. У складі еродованих земель налічується 4,5 млн. га із середньо- та сильно змитими ґрунтами, у тому числі 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт. Досить інтенсивно розвиваються процеси лінійного розмиву та яроутворення. Площа ярів становить 141,1 тис. га, а їх кількість перевищує 500 тисяч. Окремі яружно-балкові системи мають інтенсивність ерозії, що перевищує середні показники у 10-20 разів.

Вітровій ерозії систематично піддається понад 6 млн. га земель, а в роки з пиловими бурями – до 20 млн. га.

Якісний стан земельних ресурсів України має сталу тенденцію до погіршення (засоленість, солонцюватість, перезволоженість тощо). 9,6 млн. га сільськогосподарських угідь становлять кислі ґрунти, з них середньо- і сильнокислі – 4,4 млн. га, а 5,2 млн. – близькі до нейтральних. Середньо- і сильносолонцюваті ґрунти займають 0,5 млн. га сільськогосподарських угідь, засолені – 1,7 млн. гектарів (4,1%). Крім того, 1,9 млн. га припадає на перезволожені, 1,8 млн. – на заболочені і 0,6 млн. га – на кам'яністі ґрунти. В

деяких областях (Закарпатська, Львівська) питома вага перезволоженої та заболоченої ріллі складає понад 60%. Інтенсивне сільськогосподарське використання земель призводить до зниження родючості ґрунтів через їх переущільнення (особливо чорноземів), втрату грудкувато-зернистої структури, водопроникності та аераційної здатності з усіма екологічними наслідками, що звідси випливають. Останнім часом посилилися процеси деградації ґрунтового покриву, які зумовлені техногенним забрудненням. Найбільшу небезпеку для навколишнього природного середовища становить забруднення ґрунтів радіонуклідами, важкими металами, збудниками хвороб. Понад 40% гною та посліду, отримуваних у результаті діяльності великих тваринницьких комплексів та птахофабрик, перетворюються на джерела забруднення довкілля.

На якісний стан земельних ресурсів та цілого ряду об'єктів галузей економіки істотно впливають гідрометеорологічні та небезпечні екзогенні геологічні процеси і явища (селі, зсуви, обвали, карст, просідання ґрунту, абразія, руйнування берегів водосховищ тощо), які поширені більш як на 50% території, у тому числі карсту – 37,6%, зсувів – 0,3%. На 17% території розвиваються процеси підтоплення.

Водокористування в Україні здійснюється переважно нераціонально, непродуктивні витрати води збільшуються, а об'єм придатних до використання водних ресурсів зменшується. Основні полютанти, які призводять до забруднення – сполуки азоту та фосфору, органічні речовини, що піддаються легкому окисленню, отрутохімікати, нафтопродукти, важкі метали, феноли. Інтенсивна евтрофікація внутрішніх водойм призводить до погіршення стану Чорного та Азовського морів. За рівнем раціонального використання водних ресурсів та якості води Україна (за даними ЮНЕСКО) посідає 95 місце серед 122 країн світу.

За площами лісів та запасами деревини Україна належить до малолісних районів Європи (пересічно на душу населення припадає 0,17 га лісів і 16,4 м<sup>3</sup> деревини). Вкриті лісом площі розподіляються наступним

чином: на Поліссі зосереджено 42,2% лісів держави, в Лісостепу – 23%, в Карпатах – 20% , в Степу – 11,4%, в Гірському Криму – 3,4%. З кінця 18 ст. площа лісів зменшилася у 1,6 разів, однак зараз лісистість має тенденцію до збільшення. Протягом останніх 50 років вона зросла майже на 4% завдяки штучному лісовідновленню.

Україна, займаючи менше 6% площі Європи, має не менше 35% її біорізноманіття і випереджає майже всі європейські країни за цим показником. Географічне положення та фізико-географічні умови нашої держави сприяють існуванню багатого рослинного і тваринного світу, тому її територія може розглядатися як один з резерватів біорізноманіття. Крім того, Україна розташована на перетині міграційних шляхів багатьох видів фауни, через її землі проходять два основних глобальних маршрути міграції диких птахів, а деякі місця гніздування мають міжнародне значення. Більше 100 видів перелітних птахів охороняються відповідно до міжнародних зобов'язань. Сільськогосподарські лани можуть слугувати місцем регулярного перебування (іноді і розмноження) та основною кормовою базою для багатьох видів, а низка видів птахів можуть тут постійного гніздування. Багато диких тварин і рослин добре почувуються на трансформованих сільським господарством полях і навіть залежать від людського втручання. Але переважна більшість цих видів може виживати тільки при застосуванні екстенсивних технологій та природоохоронних заходів. Багатство біорізноманіття в Україні збільшується приблизно у такій послідовності: урбанізовані території – луки – болота та плавні – степи – ліси. Найбільш репрезентативними центрами біологічного різноманіття та ендемізму в Україні є гірські екосистеми Українських Карпат і Криму.

До першого видання Червоної книги України (1980 р.) було внесено 151 вид вищих рослин та 85 видів тварин. До другого (тваринний світ – 1994 р., рослинний світ – 1996 р.) включено вже 541 вид рослин і грибів та 382 види тварин. До третього видання (2009 р.) включено 542 види тварин та 826 видів рослин і грибів. Істотне збільшення (у 5,8 рази) кількості рідкісних

рослин і тварин і таких видів, що перебувають під загрозою зникнення, зумовлене збільшенням антропогенного тиску на природні екосистеми і свідчить про збереження тенденції до втрати живої природи. Україна як держава з достатньо різноманітною біотою (понад 70 тис. видів), вартість якої оцінена в 7,6 трлн. доларів, є одним із потужних резерватів відновлення біорізноманіття Європи, і тому зберігання біорізноманіття як складової природного капіталу України може бути одним із важливих чинників росту її ВВП.

Сільськогосподарський вплив на біорізноманіття виявляється у знищенні природної рослинності, осушенні водно-болотних угідь, вирубуванні лісів, порушенні ґрунтів, забрудненні навколишнього середовища. Меліорація боліт спричинила зникнення місць перебування диких тварин і зростання рослин. Також осушення боліт призвело до порушення водного балансу. Мінеральні добрива та пестициди часто використовуються нераціонально. Надлишкове внесення в ґрунт хімічних речовин, неправильне їх зберігання спричиняють забруднення водойм. Екосистеми водно-болотних угідь дуже чутливі до стороннього втручання, через що найвимогливіші види риб зникають, і в той же час збільшується кількість так званих «сміттєвих» видів (карасі, йоржі). Зміна хімічного складу води призводить до деградації водних екосистем.

Нині домінує думка, що екологічна криза в сільськогосподарському виробництві України пов'язана із специфікою господарювання в умовах колгоспно-радгоспної системи. Це правда, але не повна. Індустріалізація сільськогосподарського виробництва і вплив техносфери призвели до загострення ситуації в агросфері багатьох розвинених країн, у тому числі і США, де ерозія охопила 25 % землі. А в Туреччині цей показник сягає 85 %. Щороку у світі від ерозії втрачається 10 млн. га родючих земель. Тобто наявність приватної власності на землю не зупинила цей процес. М. Свамінатан у своїй пленарній доповіді на Міжнародному конгресі 5 липня 2000 р. в Будапешті, посилаючись на праці Т. Ривса та інших, визначив

чотири фактори, від яких залежить успіх у подоланні екологічної кризи (рис. 4.2).

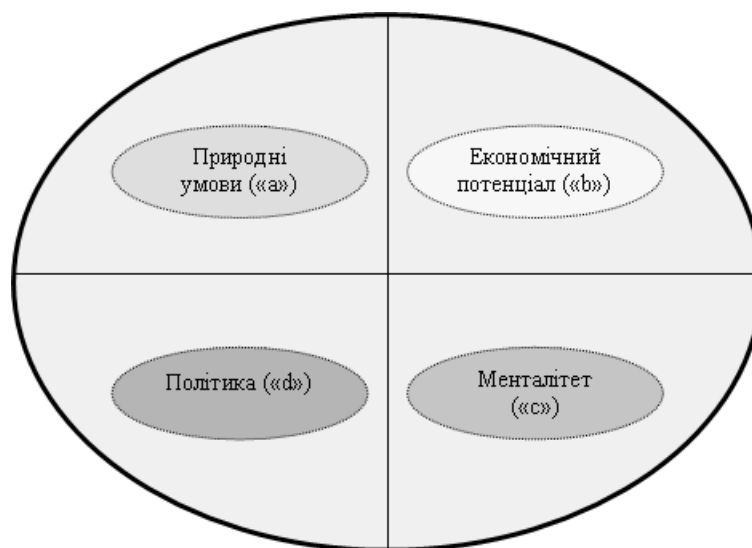


Рис. 4.2. Фактори, від яких залежить поліпшення екологічної ситуації.

**Фактор «а» – природні умови.** Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України сприятливі для ведення ефективного сільського господарства. На чорноземах Лісостепу і Степу потрібно менше добрив, особливо в посушливі роки. Крім того, на цих ґрунтах можна ефективніше, ніж на бідних, використовувати різні мікробіологічні і фізіологічно активні препарати. Загалом же природні умови нашої держави сприятливі для формування сталої агросфери. Значний потенціал також може бути задіяний за рахунок зменшення розораності сільськогосподарських угідь.

**Фактор «б» – економічний потенціал.** Нині він перебуває в кризі, але існують умови для його відродження, і певні зрушення вже намітилися. В Україні збереглися досить потужні та ефективні підприємства, висококваліфіковані інженерні кадри, інфраструктура (енергетична мережа, атомна енергетика, магістральні водні канали, газо- і водосховища, дороги, розвивається інформатика тощо). Тобто існують створені раніше об'єктивні умови для економічного розвитку. Хоча багато що нерозумно втрачено, зокрема електронна промисловість.



**Фактор «с» – менталітет.** Його формування значною мірою залежить від рівня освіти і науки. Система освіти, яка існувала в Україні у попередні десятиліття, забезпечила досить високий рівень знань для освоєння новітніх ідей і технологій. Надзвичайно важливим фактором є наявність в Україні потужного наукового потенціалу. Це система Національної академії наук України і досить розвинена аграрна наука, особливо така її галузь, як селекція.

**Фактор «d» – політика.** Це найгостріша проблема для України. Жодна війна або стихія не завдали стільки лиха нашій економіці, зокрема аграрному виробництву, як розкрадання державного майна і корупція.

Актуальність агроекологічних досліджень також пов'язана із глобальними змінами клімату, які вже чітко простежуються на планеті. Зміни клімату є узагальненим відображенням закономірностей та несистемних випадкових коливань погодних умов протягом року за відповідний багаторічний інтервал часу. Ці коливання формують тепловий режим і режим вологозабезпечення потреб польових культур та характер технологічних процесів їх вирощування. Агрокліматичні ресурси України у сучасний період зазнають змін за своїм потенціалом і просторовим розподілом, оскільки змінюється просторово-часова структура кліматичних умов території.

Як відомо, головною функціональною одиницею в екології є екосистема – єдиний природний комплекс, утворений живими організмами та середовищем існування, у якому живі та неживі компоненти пов'язані між собою обміном речовин, енергією та інформацією. Агроекологія ж оперує поняттям агроекосистеми. Агросфера є агроекосистемою найвищого порядку. Нижче наведено основні визначення агроекосистеми.

*Агроекосистема* – це природний ландшафт, частково або докорінно перетворений людиною (передусім з позицій речовинно-енергетичного обміну), де потоки речовини й енергії свідомо спрямовуються в бік максимізації отримання і подальшого відчуження біомаси (табл. 4.1).

*Агробіогеоценоз* – нестійка екосистема зі штучно створеною або збідненою біотичною спільнотою, що дає сільськогосподарську продукцію. Не здатний довго існувати без постійної підтримки людиною.

*Агробіоценоз (агроценоз)* – створене з метою отримання сільськогосподарської продукції і регулярно підтримуване людиною біотичне угруповання, що має малу екологічну стійкість, але високу врожайність (продуктивність) одного або декількох обраних видів (сортів, порід) рослин чи тварин (рис. 4.2).

**Таблиця 4.1.** Особливості функціонування природних і агроекосистем

<b>Природні екосистеми</b>	<b>Агроекосистеми</b>
Характеризуються природним добором, який призводить до їхньої фундаментальної властивості – стійкості.	Характеризуються штучним добором, який спрямований на підвищення врожайності сільськогосподарських культур.
Різноманітність екологічного складу забезпечується стійкість продуктивності природної екосистеми. Пригноблення одних видів рослин призводить до підвищення продуктивності інших.	Агроценоз польових культур – спільнота монодомінантна і односортова, на всіх рослинах дія несприятливих чинників відбивається однаково. Пригноблення зростання і розвитку основної культури не може бути компенсоване посиленням зростання інших видів рослин. Тому сталість продуктивності агроценозу нижча, ніж у природних екосистемах.
Кругообіг речовин (хімічних елементів) здійснюються по замкнутих циклах, близьких до компенсаційних.	Кругообіг речовин не має замкнутих циклів, оскільки антропогенні дії порушують замкнутість кругообігу.

Агроекосистему розглядають як сукупність біогенних компонентів ділянки суші, яка використовується для виробництва сільськогосподарської

продукції. Цей термін вживається для позначення господарства, де всі поля пов'язані в єдину економічну, енергетичну та екологічну систему. Таким чином, поняття «агроекосистема» ширше, ніж поняття «агробіогеоценоз». Також вважають, що агроценозом є не конкретний посів, а вся ротація культур у сівозміні в межах однорідної ділянки.

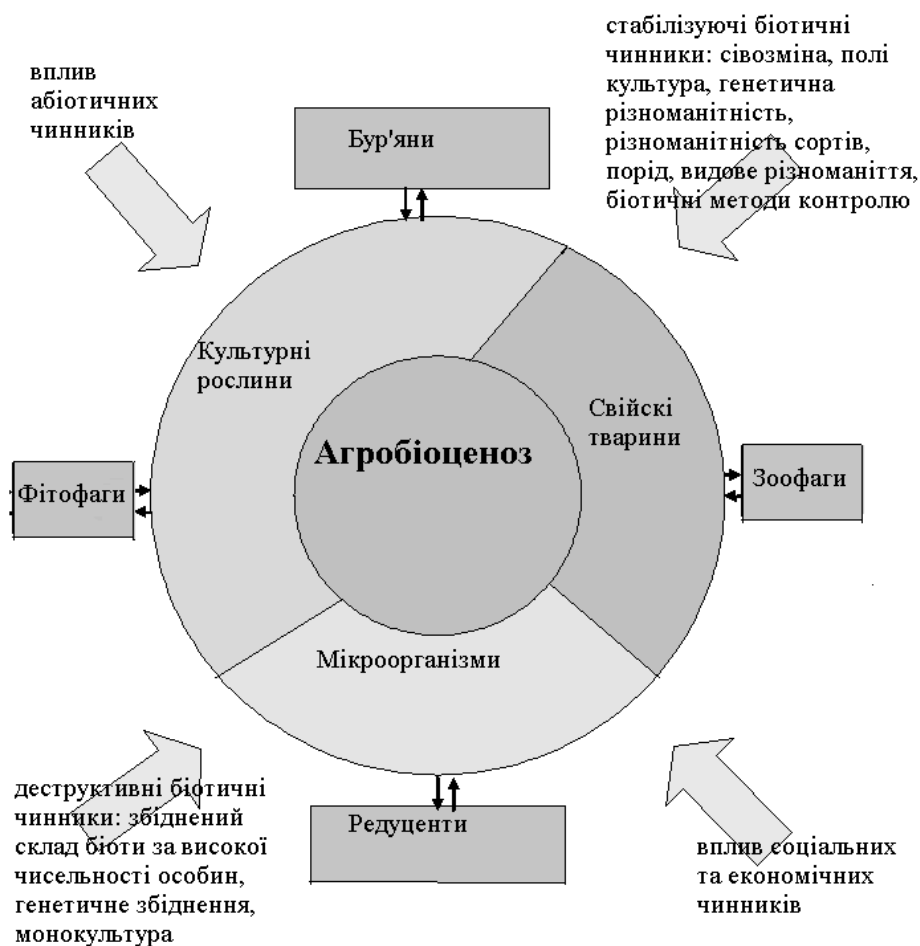


Рис. 4.2. Структура агробіоценозу

Втручання людини у природні екосистеми Землі розпочалося дуже давно і з ходом історичного розвитку переросло у значні зміни ландшафтів (починаючи зі стародавніх Фінікії й Межиріччя до теперішніх Середньої Азії, північної Африки, Китаю) та масштабні заміни типів рослинного покриву цілих біогеографічних зон.

В процесі перетворення навколишнього природного середовища повільно втрачається здатність екосистем до саморегуляції і реалізації адаптивних зв'язків з зовнішнім середовищем. Вони стають спочатку

частково, а потім повністю залежними від людини. В результаті формуються агроекосистеми різного рівня антропогенної трансформації:

- ✓ *квазіприродні* – агроекосистеми, які найбільш близькі до природних екосистем, що саморегулюються, і відрізняються лише слабо порушеним рослинним покривом (природні луки з помірним випасом худоби);
- ✓ *напівприродні* – помірно та сильно порушені екосистеми із здатністю до часткового саморегулювання (покращені сіножаті та пасовища);
- ✓ *антропогенні комплекси* – сильно порушені або створені людиною екосистеми, функціонування яких здійснюється при обов'язковій участі людини та під її контролем (поля сівозмін, поля зрошеного землеробства). Такі штучні комплекси відносяться до нестабільних.

Спільними рисами для більшості напрямків антропогенної трансформації екосистем є:

- ✓ зміна й заміна видового складу рослинної, тваринної та мікробіоти;
- ✓ руйнація чи реконструкція просторової будови;
- ✓ втручання в генезис і розвиток ґрунтів (аж до їх конструювання);
- ✓ реконструкція ландшафтів, розташування будівель, комунікацій, водойм;
- ✓ викиди поллютантів, відходів тощо, котрі істотно спотворюють природну структуру.

Сільське господарство має більший вплив на природне середовище, ніж будь-яка інша галузь народного господарства. Причина цього в тому, що воно вимагає величезних площ. В результаті зазнають змін ландшафти цілих континентів: наприклад агроландшафт повністю змінив Велику Китайську рівнину, де колись перебував субтропічний ліс, який на півночі переходив в уссурійську тайгу, а на півдні – в джунглі Індокитаю. У Європі агроландшафт

витіснив широколистяні ліси, в Україні рілля замінила степи. Сільськогосподарські ландшафти виявились нестійкими, що призвело до ряду локальних і регіональних екологічних катастроф.

У літературі іноді зустрічається твердження, що агроценоз – штучне утворення, тобто відноситься до артеприроди (артеприрода, або «Третя природа» за Реймерсом – штучно створене людиною середовище, яке не має аналогів у довкіллі). Це не так, оскільки рослинний агроценоз формується на природній базі інших екологічних компонентів (енергії, води, ґрунтів, консументів ґрунтової фауни, редуцентів). Навіть ланка продуцентів, як правило, не повністю замінена культурними рослинами – у ґрунті і часто на його поверхні розвиваються організми-автотрофи. Не завжди такі «бур'яни» небажані.

Агроекосистеми різних кліматичних зон мають свої особливості. Наприклад, агроценози Степу формуються з урахуванням можливих посух та суховіїв, а агроценози Полісся повинні витримувати досить низькі температури.

Агроекосистема по суті це сукупність взаємодіючих між собою мезоекосистем агроландшафтів та водоймищ, які є локальними екосистемами певного регіону. У мезоекосистемах різні види організмів та місця їх існування об'єднані у єдине ціле на основі системного підходу. Мезоекосистема агроекосистеми — це основна функціональна одиниця екосистеми агроландшафту, яка є термодинамічно відкритою, тобто такою, що обмінюється з зовнішнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Мезоекосистема характеризується:

1. стійкістю – здатність повертатися до попереднього стану після епізодичних та імпульсних впливів на її компоненти;

2. адаптивністю (самоорганізацією та само налаштуванням) – здатністю змінювати характеристики трофічних ланцюгів в угрупованні організмів з метою самопідтримки та саморегулювання (гомеостаз) природних процесів.

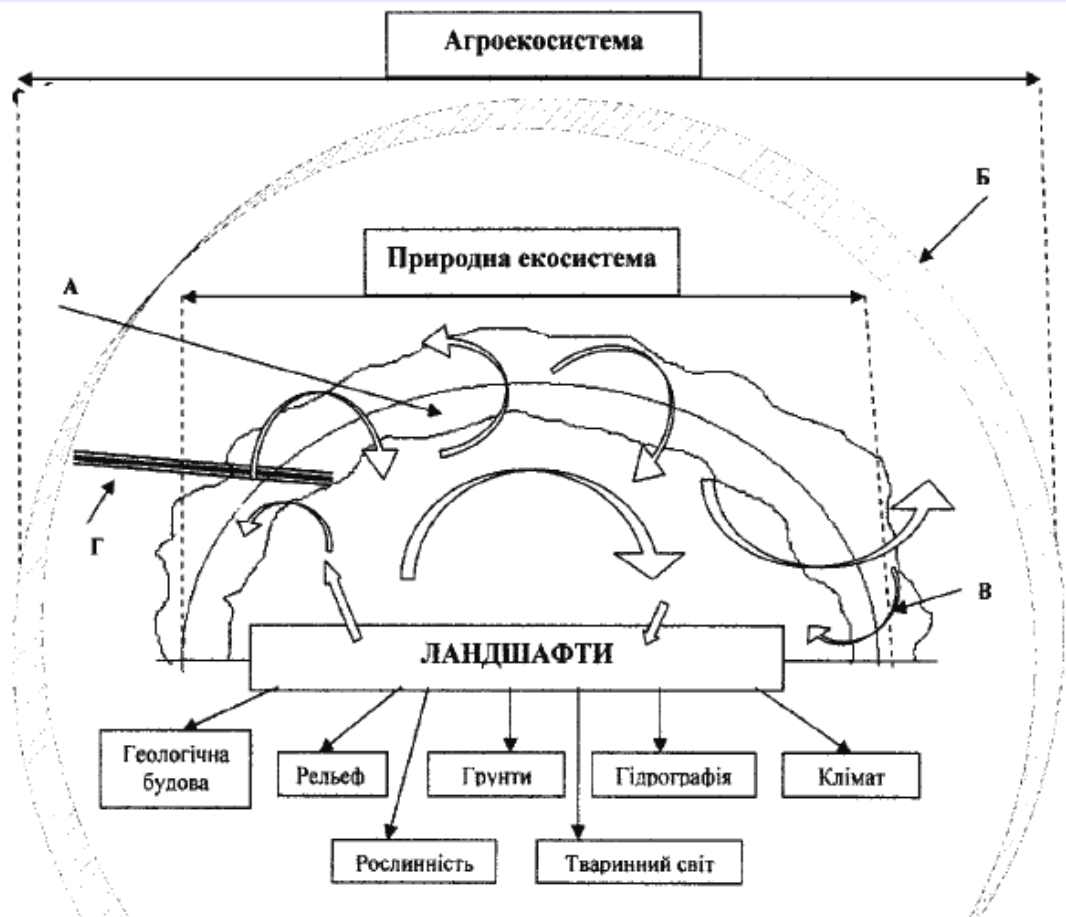


Рис. 4.3. Структура агроекосистеми:

А – природні межі агроекосистеми / природні ландшафти;

Б – економічні межі агроекосистеми / сільськогосподарські райони;

В – поступове зменшення видової різноманітності і продуктивності в агроекосистемах. Негативний баланс гумусу в ґрунтах внаслідок застосування традиційних систем землеробства;

Г – до цієї межі відбувається наближення різноманітності і продуктивності агроекосистем до природних екосистем: застосування екологічно надійних систем землеробства, відновлення позитивного балансу гумусу в ґрунтах, звуження економічних меж агроекосистем до меж природних екосистем.

Враховуючи традиційну необхідність зонування агроландшафту на окремі функціональні зони та особливості ландшафтних агроекосистемних утворень можна розрізнати:

1. Вільні екологічні зони – складові єдиної наземної агроєкосистеми, в якій фітоценоз перебуває у сталому стані. Точка сталості дрейфує в залежності від рівня забруднень та зміни кліматичних умов.

2. Екологічні зони агротехнічних об'єктів – складові єдиної наземної агроєкосистеми, для яких характерним є несталый стан розвитку біомаси фітоценозу. Фітоценоз цих систем перебуває як під прямим уражаючим впливом агротехнічних робіт, так і під впливом забруднень.

Таблиця 4.2. Порівняльна характеристика природних та агроєкосистем

Характер оцінки	Природні екосистеми		Агроєкосистема
	ліс	луки	однорічні культури
1	2	3	4
Джерело енергії, за рахунок якої функціонує система	Сонячна енергія, що фіксується в процесі фотосинтезу	Сонячна енергія та помірні енерговитрати на внесення добрив	Сонячна енергія та значні енерговитрати на догляд за посівами
Графічна структура	Гетеротрофні компоненти представлені природними консументами та редуцентами і становлять 10 % біомаси. У підземній частині гетеротрофів значно більше, але вони становлять усього 7 % від біомаси екосистеми	Основний консумент – свійські тварини. Якщо їхня маса перевищує 10% від загальної біомаси, то це призводить до деградації екосистеми	Гетеротрофні організми у надземній частині представлені комахами, яким притаманні періодичні спалахи чисельності. Основним споживачем фітомаси є людина чи худоба
Співвідношення фітомаси надземної та підземної частини	1:2	1:3 – 1:10	1:1 – 1:0.2

1	2	3	4
Значення різних частин рослини у нагромадженні органічних решток	Надземні та підземні частини не беруть участі однаковою мірою	Гумус формується в основному за рахунок коренів	Гумус формується в основному за рахунок коренів і поживних решток
Ступінь замкнутості циклів кругообігу мінеральних елементів	Висока. Практично всі елементи циркулюють по замкнутому циклу. Можлива деяка втрата за рахунок вивозу деревини, заготівлі рослинної сировини, полювання тощо	Досить висока, хоча частка елементів, які виносяться з врожаєм, особливо під час сінокошу, збільшується	Низька. Винос речовини з екосистеми дуже значний
Можливість витоку речовини з системи	Низька, але може зростати при порушенні цілісності надземного покриву (заготівля лісоматеріалів.)	Низька, але може зростати при порушенні цілісності надземного покриву (випас худоби)	Висока. З урожаєм видалається до 50% внесених добрив, унаслідок ерозії втрачається гумус, мінеральні добрива

З позицій енергетики сільське господарство – особлива форма діяльності суспільства з перетворення сонячної радіації в енергію макроергічних зв'язків органічної речовини харчових та інших продуктів за допомогою рослин і тварин. Автотрофні рослинні організми, перетворюючи енергію Сонця, накопичують її в хімічних зв'язках різних сполук своїх тканин.

Сучасне сільське господарство – складна багатофункціональна система з великим числом виходів. Однак її продовольча функція, яка була причиною її зародження, збереглася до нашого часу як головна. Рослини – основа продуктивності сільського господарства, так як тільки в рослинах в прийнятних для потреби людини масштабах відбувається перетворення



сонячної радіації в хімічну енергію, придатну для використання іншими підсистемами і людиною, а також первинне накопичення енергії.

За межу продуктивності рослинних організмів може бути прийнята величина фотосинтетично активної радіації Сонця на даній території. Вплив інших екологічних факторів (кількість атмосферних опадів, температура і вологість повітря і ґрунту, наявність доступних поживних речовин, фізичні та хімічні властивості ґрунту тощо) можна розглядати як обмеження, що накладаються цими факторами на використання енергії сонячного випромінювання для формування біологічної продукції рослинних спільнот.

Агроценози мають ряд особливостей на відміну від природних біоценозів. До найбільш істотних можна віднести наступні:

1. Агроценози на відміну від біоценозів не можуть існувати без додаткової кількості енергії, що становить 5-10% від усієї енергії, що акумулюється в урожаї. В рослинництві відкритого ґрунту частка антропогенної енергії становить не більше 2%, у захищеному ґрунті – 17-19%. Спостерігається тенденція до збільшення вкладення штучної енергії при виробництві сільськогосподарської продукції. Вкладення енергії у вигляді добрив, пестицидів, нафтопродуктів призводить до забруднення навколишнього середовища.

2. Агроценоз відрізняється монодомінантною будовою, в ньому переважає, як правило, один сорт культурної рослини. У результаті ослаблення компенсаторних зв'язків між усіма елементами такого біоценозу (рослини, тварини, мікроорганізми) він більш схильний до дії несприятливих факторів середовища. Генетична однорідність агроценозу має наслідком втрату його стійкості.

3. У природних біоценозах продукційний процес всієї сукупності рослинних видів розтягнутий у часі, а в агроценозах – синхронізований. Якщо в першому випадку мінералізація рослинних залишків йде протягом всього періоду вегетації, то в другому – рослинні залишки надходять лише в кінці літа й на початку осені.

4. В агроценозах з врожаєм і сільськогосподарсько корисною продукцією відчужується 50-60% органічної речовини і 50-80% азоту від їх кількості, акумульованих у продукції. У результаті спостерігається негативна декомпенсація геохімічних циклів.

5. Агроценози, на відміну від біоценозів, керовані людиною і не здатні до авторегуляції. Зазначені вище особливості багато в чому визначають основні тенденції сільськогосподарського виробництва:

- ✓ зниження стійкості агроєкосистеми,
- ✓ підвищення енергоємності сільськогосподарського виробництва,
- ✓ забруднення поплутантами навколишнього середовища та сільськогосподарської продукції.

Усунення накопичених негативних тенденцій сільськогосподарського виробництва можливо в результаті розробки стратегії його адаптивної інтенсифікації. Основними напрямками адаптивної інтенсифікації рослинництва є наступні:

1. Агроєкологічне районування сільськогосподарських угідь, вибір сприятливих ґрунтово-кліматичних умов для отримання максимального і стійкого врожаю культури і сорту.

2. Підвищення генетичного різноманіття агроєкосистем за рахунок збільшення числа культивованих видів і сортів, використання міжвидових, міжсорткових і багатолінійні сумішей.

3. Диференційоване застосування технологічних засобів інтенсифікації (добрива, пестициди, зрошення, сільськогосподарська техніка тощо). Обмежене використання або відмова від пестицидів, широке впровадження біометоду в захисті рослин. Підвищення енерго- та ресурсоефективності виробництва, зниження антропогенних навантажень на навколишнє середовище, зменшення накопичення поллютантів в середовищі і продукції.

4. Біологізація процесів виробництва сільськогосподарської продукції, отримання в результаті селекції сортів і гібридів, які об'єднують високу потенційну продуктивність зі стійкістю до біотичних і абіотичних стресів.

Збільшення стійкості агроценозів внаслідок посилення взаємодії між компонентами біоти (рослини, тварини, мікроорганізми). Підвищення родючості в результаті активізації біоти ґрунту, запобігання ерозійних процесів.

Обґрунтовано два етапи екологізації сільського господарства:

1) поширення інтегрованого та біологічного способів захисту рослин, селекція стійких сортів, систем агротехнічних заходів;

2) створення таких агроєкосистем, в яких шкідники, бур'яни і хвороби не зможуть досягати екологічно небезпечного рівня.

Це можливо при переході від монокультур до полікультури і сортосумішей, підтримці життєдіяльності ґрунтових організмів, екологізації сільськогосподарського ландшафту.

## **5. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОБІОЦЕНОЗІВ**

Величина урожаю сільськогосподарських культур визначається комплексом антропогенних і природних чинників: властивостями сорту, прийомами обробки ґрунту, застосуванням добрив і інших агрохімікатів, а також метеорологічними умовами. Проте для того, щоб отримати хороший урожай, важливо запобігти втрат, що заподіюються шкідниками і хворобами. Досвід показує, що захист рослин в сучасних умовах набуває все більшого значення як резерв можливого збільшення виробництва продукції рослинництва.

На зорі своєї історії людина добувала їжу шляхом збору рослин і лову диких тварин і птахів. Можливість виживання людини (забезпечення їжею і притулком) обумовлювалася збереженням певної екологічної рівноваги з місцем її існування. За тих умов пристосувавши свій спосіб життя відповідно до умов місця мешкання людина була частиною природного комплексу.

Але вже з появою одомашнених тварин і примітивного землеробства сталося порушення біологічної рівноваги між людиною і природою. Людське суспільство вже не могло задовольнятися тільки дарами природи і вимушено було розвивати інтенсивне виробництво продуктів харчування, що неминуче спричинило порушення навколишнього середовища. Цей процес впродовж досить тривалого часу протікав відносно повільно, але з ростом народонаселення і прискоренням технічного прогресу набув характеру перетворення цілих географічних ландшафтів.

### **5.1. Агрокліматичне районування України**

Агрокліматичне районування - науково обґрунтований поділ території за агрокліматичними умовами вирощування с.-г. культур. Основними показниками для агрокліматичного районування є світло-, тепло- та вологозабезпеченість певної території. Кожний з цих чинників визначає відношення характеристик метеорологічного режиму до показників потреби рослин у теплі, волозі тощо, в межах від біологічного мінімуму до біологічного максимуму. Зокрема, вологозабезпеченість можна визначати

співвідношенням між атмосферними опадами та кількістю вологи, потрібної рослинам на випаровування (транспірацію). Крім зазначених, використовують інші показники, що характеризують сумісність культур з даним кліматом та їхню продуктивність (наприклад, тривалість вегетаційного циклу та вегетаційного періоду, коефіцієнти продуктивності, температури, опадів та ін.). За допомогою агрокліматичного районування виділяють території із сприятливими, задовільними чи несприятливими кліматичними умовами для вирощування тієї чи іншої культури і визначають продуктивність клімату в показниках відносної врожайності. Знання агрокліматичних особливостей дає змогу якнайдоцільніше розміщувати сільськогосподарські культури і застосовувати найдосконаліші меліоративно-агротехнічні заходи.

Територію України поділяють на 4 основні агрокліматичні зони (рис. 5.1).



Рис. 5.1 Агрокліматичне районування України

Волога, помірно тепла зона (Волинська, Рівненська, Львівська, Тернопільська області, північна частина Івано-Франківської області) – агро виробництво спеціалізується на вирощуванні зернових та ефіроолійних культур, цукрових буряків, овочів, льону. Річна кількістю опадів 550–650 мм, сума добових температур (вище 10 °С) 2300—2600°. Основними заходами інтенсифікації землеробства в цій зоні є добір найбільш продуктивних культур, їх сортів і гібридів, підвищення родючості ґрунтів внесенням високих доз гною та інших органічних добрив (торфокомпостів, заорювання подрібненої соломи і зеленої маси люпину) з використанням мінеральних добрив, вапнування, осушення перезволожених земель, поглиблення орного шару.

Закарпатський вологий, теплий район із м'якою зимою (південно-західна частина Закарпатської області) – найбільш сприятливий для вирощування зернових культур, цукрових буряків й овочів, садівництва та виноградарства.

Передкарпатський вологий, теплий район (північно-східна й центральна частина Чернівецької області, східна частина Івано-Франківської області), агровиробництво спеціалізується на вирощуванні зернових культур, цукрових буряків й овочів, розвинене садівництво.

Підзона достатнього зволоження включає території Волинської, Рівненської, Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької крім східних районів, Хмельницької, Житомирської, Вінницької крім північно-західних районів і північних лісостепових районів Чернігівської та Сумської областей. Середньорічна кількість опадів у цій підзоні коливається в межах 570–600 мм, з них 70% випадає за вегетаційний період. Випадання опадів по території нерівномірне і кількість їх зменшується з заходу на південний схід. За незначним виключенням підзона відзначається стабільністю водного режиму ґрунту. Використані за вегетаційний період запаси вологи відновлюються за рахунок атмосферних опадів до оптимальних на весну наступного року. Основними заходами в системі

землеробства підзони достатнього зволоження є оптимізація умов живлення рослин за рахунок внесення органічних добрив, захист ґрунту під водної ерозії (контурне нарізування полів), зменшення у сівозмінах на еродованих землях питомої ваги просапних культур, впровадження протиерозійного обробітку ґрунту.

Недостатньо волога тепла зона включає території Вінницької крім північно-західних районів, Черкаської, східних районів Чернівецької, північних лісостепових Одеської, північно-західних лісостепових районів Кіровоградської, лісостепових районів Київської, Чернігівської, Сумської крім північних, Харківської, північних і центральних районів Полтавської областей. Середньорічна кількість опадів близько 480-500 мм. Слід зазначити, що частіше посушливі роки в цій підзоні спостерігаються в південних і східних її районах.

Посушлива, дуже тепла зона (східна і південно-східна) включає території південних лісостепових районів Одеської, південно-західних і північно-східних лісостепових районів Кіровоградської, південних районів Полтавської областей. Середньорічна кількість опадів становить 430-480 мм. Сума ефективних температур понад досягає 2600–2900 °С. У зв'язку з тим, що посушливі роки в цій підзоні – явище досить часте, то для оптимізації водного режиму ґрунту в сівозмінах необхідно запроваджувати чисті пари.

У підзонах нестійкого і недостатнього зволоження значна увага приділяється раціональному використанню вологи ґрунту на основі чергування культур у сівозміні з великим і незначним водоспоживанням.

В Донецькому недостатньо вологому, дуже теплому районі поширені несприятливі метеорологічні явища, що завдають шкоди, – суховії, заморозки, ожеледиця, пилові бурі

Карпатський район вертикальної кліматичної поясності (південна частина Львівської області, південно-західна частина Івано-Франківської та Чернівецької областей, північно-східна та частково центральна частини

Закарпатської області) – найбільш сприятливий для садівництва та виноградарства у долинах і передгір'ях.

Автономна Республіка Крим включає три вертикальні ґрунтово-кліматичні пояси: передгірний - Передгірний Кримський посушливий, дуже теплий агрокліматичний район з м'якою зимою, гірський – Кримський агрокліматичний район вертикальної кліматичної зональності, Південний берег Криму, а також степову зону – дуже посушливу, помірно жарку агрокліматичну зону з м'якою зимою. Тобто територія Криму на півночі має помірно континентальний клімат, у горах розчленований рельєф та різниця у висоті над рівнем моря зумовлюють строкатість і вертикальну поясність кліматичних умов – від помірно-прохолодного до субтропічного Середземноморського на Південному березі Криму. Опадів у степовій зоні випадає 300-500 мм на рік, переважно у теплу пору року, в горах – відповідно від 500 до 1100 мм на Головному пасмі. Суми активних температур складають від 2800-3550 у передгір'ї до 1500-2700<sup>0</sup>С у горах. На Південному березі Криму середньорічна кількість опадів – 350-630 мм, сума активних температур досягає 4100<sup>0</sup>С.

Гірський і Передгірський Крим, маючи невелику (близько 750 тис. га) площу, відіграє суттєву роль в економіці країни як оздоровниця державного рівня, район вирощування високоякісних фруктів, винограду, тютюну, ефіроолійних та інших технічних культур.

Агрокліматичні та агрогідрологічні ресурси становлять спеціалізовану частину кліматичних ресурсів, які є відновлюваними завдяки циклічному притоку сонячної радіації та річним закономірностям загальної циркуляції атмосфери. Вони формують мінливість та зміни клімату. Всі види виробничих урожаїв значно збільшуються в напрямку з півночі на південь.

Агрокліматичні і агрогідрологічні ресурси відображаються середніми багаторічними значеннями показників, типами та параметрами їх розподілу, ознаками забезпеченості на різних рівнях. Вони змінюються і коливаються у просторі ґрунтово-кліматичних зон і часі протягом вегетаційного циклу в



міжвікових (>50 років) і внутрівікових (<30 років) інтервалах за особливостями зміни і коливань кліматичних ресурсів з урахуванням спеціалізованих рівнів.

Агрокліматичні ресурси України у сучасний період зазнають змін за своїм потенціалом і просторовим розподілом у зв'язку зі змінами просторово-часової структури кліматичних умов території (рис. 5.2, 5.3). В агроекології при сільськогосподарській оцінці клімату задля виокремлення зон з різним вологозабезпеченням для окремих культурних рослин використовують гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) – показник зволоженості території. Встановлений радянським кліматологом Г.Т. Селяніновим. ГТК розраховується відношенням суми опадів ( $r$ ) в мм за період з середньодобовими температурами повітря вище 10 С до суми температур ( $\sum t$ ) за той же час, зменшеної в 10 разів. Чим нижче показник ГТК, тим посушливіша місцевість. Ізолінія ГТК, що дорівнює 1, проходить північним кордоном степової зони.

Для обґрунтування стратегій стійкого розвитку галузей сільськогосподарського виробництва країни важливе значення має системне вивчення властивостей і тенденцій зміни всіх складових агрокліматичних ресурсів. Проте, пріоритетним напрямком досліджень є всебічний аналіз умов і процесів, які обмежують отримання максимального урожаю сільськогосподарських культур за інтенсифікації землеробства.

З огляду на те, що на більшій частині України у вегетаційний період основним чинником, що лімітує урожайність культур, є незадовільні умови вологозабезпечення, важливого науково-практичного значення набуває оцінка ступеню сприятливості природного потенціалу зволоження території для функціонування галузей рослинництва. На сучасному етапі для вирішення цієї актуальної проблеми необхідне створення нових комплексних методів аналізу закономірностей формування і динаміки ресурсів атмосферного і ґрунтового зволоження території у вегетаційний період та оцінки їх впливу на урожайність сільськогосподарських культур.



Рис. 5.2. Агрокліматичне районування території України за розподілом гідротермічного коефіцієнта за період 1961 – 1990 роки

Зміни клімату є узагальненим відображенням закономірностей та несистемних випадкових коливань погодних умов протягом року за відповідний багаторічний інтервал часу. Відзначені коливання формують тепловий режим і режим вологозабезпечення потреб польових культур та змісту технологічних процесів їх вирощування.

Значним досягненням агрокліматичної науки є розвиток методології дрібномасштабного агрокліматичного районування. Дрібномасштабні картографічні моделі загального й спеціалізованого агрокліматичного районування дозволяють визначати зональні властивості біокліматичного потенціалу території. Ця інформація є основою для вирішення важливих завдань розвитку сільськогосподарського виробництва (спеціалізація галузей, структура посівних площ, видовий і сортовий склад культур, зміст агрофітотехнологій, обґрунтування систем землеробства та його ланок тощо).

У той же час, засоби дрібномасштабного районування не повністю задовольняють потреби сільськогосподарської науки й практики на регіональному рівні у зв'язку з існуючою в природі ландшафтною



Рис. 5.3. Агрокліматичне районування території України за розподілом гідротермічного коефіцієнта за період 1991 - 2007 роки

неоднорідністю, яка зумовлює значну інтразональну мінливість агрокліматичних ресурсів. Тому виникла потреба розробити нові методи агрокліматичної оцінки мезо- й мікроклімату, які б дозволили деталізувати інформацію про закономірності просторового розподілу агрометеорологічних чинників урожайності сільськогосподарських культур відповідно до фізико-географічних умов території. Вирішення цього завдання потребує поглиблення методологічних засад агрокліматичного районування мезо- й мікромасштабних територій.

Окремі важливі аспекти даної проблематики досліджено детально. Зокрема, виявлено основні закономірності формування мікроклімату приземного шару повітря й ґрунту, отримано кількісні показники мінливості основних кліматичних характеристик та їх комплексів у різних природних зонах, опрацьовано методи картографування агрокліматичних ресурсів з урахуванням внеску мікроклімату, розроблено розрахункові схеми для оцінки агрометеорологічних умов та агрокліматичних ресурсів у мезо- і

мікромасштабах усереднення за матеріалами експериментальних мікрокліматичних досліджень.

Результати мікрокліматичних досліджень і експедиційних спостережень є досить надійними для виявлення закономірностей формування і кількісної характеристики ресурсів клімату в межах невеликих за площею територій. Однак для них характерна епізодичність проведення й обмеженість переліку мікрокліматичних характеристик, які можуть бути визначені одночасно. Такі особливості перешкоджають дослідити причинно-наслідкові залежності просторової мінливості метеорологічних умов і кліматичних ресурсів. Тому для вирішення ряду завдань, зокрема спеціалізованого районування невеликих за площею територій, виникла потреба в застосуванні методів географічних узагальнень наслідків мікрокліматичних досліджень.

Зазвичай, мезомасштабне агрокліматичне районування здійснюється за методикою В.В. Синельщикова, спираючись на дані режимних гідрометеорологічних спостережень. Такий підхід не висвітлює значну неоднорідність просторового розподілу агрокліматичних показників, зумовлену впливом підстильної поверхні. За даними стандартних спостережень гідрометеорологічних станцій, внаслідок турбулентних пульсацій та вихрової структури горизонтальних потоків повітря істотно нівелюються місцеві мезокліматичні ознаки. Це може бути зумовлене значною мінливістю висот місцевості, особливостями рельєфу, експозиції схилів і кутів їх нахилу, розташуванням і розмірами лісових масивів та водойм із власним мікрокліматом, значною площею розораних полів, зайнятих різноманітними культурами, неоднорідністю ґрунтового покриву на значних площах тощо. Ці та інші особливості впливу підстильної поверхні в прихованому вигляді узагальнюються за методиками стандартних гідрометеорологічних спостережень. Їх значення в складових радіаційного і теплового балансів та метеорологічних величинах є інтегрованими і поширюється на відстань 30-50 км навколо гідрометеорологічної станції.

Проте взаємодія основних кліматоутворювальних чинників із по-різному розташованими та динамічними агрофітоценозами може формувати власні особливості середнього багаторічного поля метеорологічних величин. Висловлені міркування обґрунтовують необхідність опрацювання нової методики мезомасштабного агрокліматичного районування, яка могла б урахувувати вплив властивостей географічних чинників на просторово-часову структуру агрокліматичних характеристик.

Таблиця 5.1. Типи агрометеорологічних стратегій адаптації землеробства до агрокліматичних характеристик місцевості за технологічними засобами

Технологічний засіб	Спосіб адаптації	Мета	Період
1	2	3	4
Ланки систем землеробства	Агрокліматична класифікація систем землеробства меліоративних суходільних	Визначення та оцінка внутрішньої гнучкості ланок та їх оптимізація за особливостями агрокліматичних умов	Веgetаційний цикл
Розміщення польових культур	Просторова оцінка впливу агрометеорологічних факторів на кінцеву урожайність	Просторова оптимізація розміщення польової культури в ґрунтово-кліматичних зонах	Веgetаційний цикл
Структура посівних площ озимої пшениці у різному стані	Розподіл площ посіву за впливом термінів сівби та запасів продуктивної вологи в фунті. Розподіл посівних площ за зрідженістю після перезимівлі	Спрямоване регулювання структури посівних площ з визначенням відносного рівня урожайності	Від сходів до припинення веgetації восени. Після відновлення веgetації

1	2	3	4
Терміни сівби озимої пшениці, ранніх ярих зернових культур, цукрових буряків	Визначення оптимальних термінів сівби за співставленням їх агрокліматичних і агрометеорологічних типів під час сівби	Мінімізація втрат урожаю за визначенням відхилення термінів сівби у поточному році від агрокліматичних оптимальних	Напередодні початку посівного періоду
Зрошувальний режим польових культур	Раціоналізація зрошувального режиму	Розширення зрошувальних площ, збільшення валового збору	Протягом вегетаційного циклу
Засоби догляду за посівами польових культур за термічно-часовою структурою системного часу	Визначення сумісних коефіцієнтів продуктивності польових культур. Оцінка втрат урожайності за несприятливих явищ	Адаптація технологічних умов за агрометеорологічними спектром спрямованості агрофітотехнологій	Провідні періоди вегетаційного циклу

Крім агрокліматичного районування за гідротермічним коефіцієнтом існує районування за тепловими ресурсами дня та ночі.

Усі процеси життєдіяльності рослин визначається дією двох основних механізмів: фотоперіодизму і термоперіодизму. В природі ці механізми пов'язані один з одним і визначають темпи росту і розвитку, врожайність та хімічний склад рослин. Традиційні ж показники термічного режиму та теплових ресурсів (середньодобова температура і її сума) не мають властивості відбивати вплив добової ритміки. Тому в середині ХХ-го століття для оцінки теплових ресурсів було запропоновано використовувати такі показники як середня денна та середня нічна температура повітря ( $T_d$ ,  $T_n$ ), різниця цих температур ( $T_d - T_n$ ), їх суми ( $\sum T_d$ ,  $\sum T_n$ ); тривалість теплового періоду, яку визначають за датами переходу  $T_d$ ,  $T_n$  через 5, 10, 15 °С

навесні та восени ( $N_d, N_n$ ); добова амплітуда температури повітря і її сума ( $A_T, \sum A_T$ ); денна температура діяльної поверхні ( $T_{dw} - T_d$ ) і її сума ( $\sum T_{dw}$ ). Перевага цих показників над традиційними полягає в тому, що в них враховується динаміка дня та ночі. Вони біологічно більш вірно відбивають зв'язок між темпами розвитку рослин та продуктивністю і термічними умовами. Крім того, вони відрізняються високою чутливістю до мікроклімату та ступеню континентальності клімату і тому за їх допомогою можна виконати детальну оцінку ресурсів тепла на обмеженій території із складним рельєфом, значною пістрявістю ґрунтів і різноманітністю рослинних спільнот.

За тепловими ресурсам дня на території України виділено дев'ять макрорайонів (рис. 5.4, табл. 5.2). В першому макрорайоні значення сум денних температур менше  $2600\text{ }^{\circ}\text{C}$  і характеризують території, які межують зі Східними Українськими Карпатами. Суми середніх добових температур в цьому макрорайоні нижче  $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На півночі України, в Поліссі, ці суми становлять  $2600\text{--}2800\text{ }^{\circ}\text{C}$  за сум середніх добових температур  $2200\text{--}2400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на півдні України – підвищуються до  $3800\text{--}4000$  температур спостерігаються на південному узбережжі Криму (9 макрорайон) і складають більше  $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Різниця в датах переходу денних температур повітря через  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в виділених макрорайонах як весною, так і восени досягає 35 днів – від 1–5 травня в першому макрорайоні до 5 квітня – в дев'ятому і відповідно 25–30 вересня в першому макрорайоні і 31 жовтня – в дев'ятому. Вказані дати спостерігаються на 10–25 днів весною раніше, а восени пізніше, ніж аналогічні дати переходу середньодобових температур. Тривалість періоду з денними температурами вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  становить від 160 днів і менше в першому макрорайоні до 195 – 205 днів і більше – в дев'ятому. Тривалість періоду з середніми добовими температурами вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  на території України відповідно по вказаним макрорайонам складає 150 і 195 днів.

За сумами нічних температур вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  виділено сім макрорайонів (рис. 5.4, табл. 5.2). Сума нічних температур повітря вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в першому

макрорайоні складає менше 1600 °С, а в 7 макрорайоні, що охоплює південне узбережжя Криму, ці температури перевищують 2600 °С. В середньому для території України суми нічних температур відрізняються від сум середніх добових температур на 500–600 °С, проте можливі відхилення, які досягають більше 1000 °С (перший, четвертий та сьомий макрорайони). Дати переходу нічної температури повітря через 10 °С весною в першому макрорайоні спостерігаються навіть після 15 травня, восени – до 15 вересня. В сьомому макрорайоні перехід нічних температур відмічається весною до 10 квітня і після 31 жовтня – восени. Означені дати в середньому по території України спостерігаються на 15-35 днів весною пізніше, а восени раніше, ніж дати середніх добових температур повітря. Тривалість періоду з нічними температурами повітря вище 10 °С змінюється від 130 днів і менше на півночі країни і в Прикарпатських районах до 155 днів і більше на південному узбережжі Криму, що на 20–40 днів менше, ніж тривалість цього ж періоду з середньодобовими температурами.

Така значна різниця теплових ресурсів території України за традиційними показниками і показниками, які враховують добову динаміку температур при додаткових агрокліматичних розрахунках може дати пояснення просторової мінливості, як темпів розвитку сільськогосподарських культур так і формування їх продуктивності.

Представлена схема агрокліматичного районування з подальшим визначенням теплозабезпеченості сільськогосподарських культур придатна для умов відкритого рівного місця, тобто для рівнинних земель. Але на території України значні площі сільськогосподарських угідь займають пагорбкуватий, горбистий та низькогірський рельєфи, що обумовлює значну мінливість сум денних та нічних температур повітря. Внаслідок узагальнення матеріалів мікрокліматичних спостережень, що проводилися в різних регіонах СНД, було визначено механізм формування значних термічних різниць вдень та вночі в різних формах пагорбкуватого, горбистого та



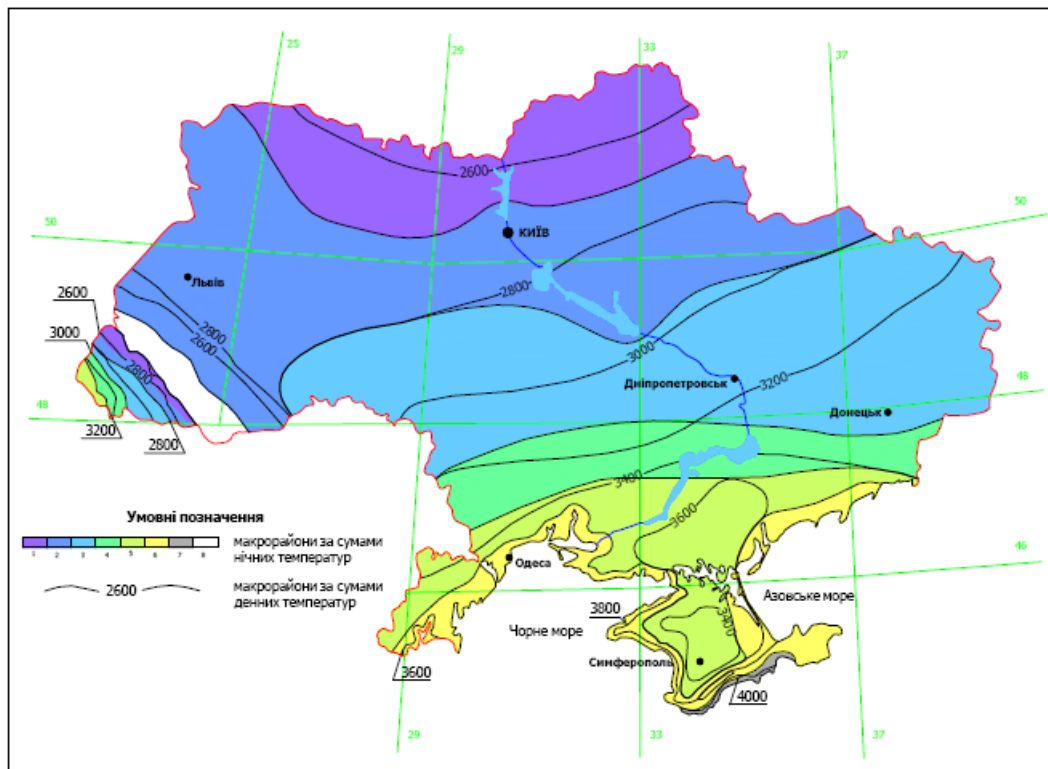


Рис. 5.4. Комплексне агрокліматичне районування теплових ресурсів дня (а) і ночі (б) в Україні (легенду дивись в табл. 5.2) (Ляшенко, 2004)

Таблиця 5.2. Агрокліматичне районування теплових ресурсів дня в Україні

а

Макрорайон	$\Sigma T_{д}, ^\circ C$	$N_{д}, \text{дні}$	$\Sigma T_{с}, ^\circ C$	$(\Sigma T_{д} - \Sigma T_{с}), ^\circ C$
1	<2600	<160	<2200	700-800
2	2600-2800	160 -165	2200-2400	600-700
3	2800-3000	165-170	2400-2600	500-650
4	3000-3200	170-180	2600-2800	450-600
5	3200-3400	175-185	2800-3000	400-550
6	3400-3600	180 -190	3000-3200	400-550
7	3600-3800	185 -195	3200-3400	350-500
8	3800-4000	195-205	3400-3600	350-450
9	> 4000	> 205	> 3600	300-400
б				
Макрорайон	$\Sigma T_{д}, ^\circ C$	$N_{д}, \text{дні}$	$\Sigma T_{с}, ^\circ C$	$(\Sigma T_{д} - \Sigma T_{с}), ^\circ C$
1	<1600	<130	<2200	-850, -1100
2	1600-1800	130-135	2200-2500	-600, -950
3	1800-2000	135 -140	2400-2700	-550, -900

4	2000-2200	140-145	2600-2900	-550, -550
5	2200-2400	145-150	2900-3200	-500, -300
6	2400-2600	150-155	3200-3500	-450, -750
7	> 2600	> 155	> 3500	-900, -1200

гірського рельєфу. Вони пов'язані з особливостями притоку сонячної радіації в пересіченій місцевості, своєрідним повітряним обміном, умовами підтоку та стоку холодного повітря вночі, а також площею повітрязбору. В гірському рельєфі, окрім вказаних вище факторів, чітко виявляється вплив абсолютної висоти над рівнем моря. В денні години найбільш теплими виявляються дена температура долин та підвітряні південно-східні, південні та південно-західні схили, а найбільш холодними – відкриті вершини, вододільні плато та верхні частини крутих завітренних схилів. В нічні години найбільш теплими виявляються вершини горбів та вододільні плато й верхні частини схилів, а найбільш холодними – дена температура долин, підніжжя схилів та улоговини. Внаслідок цього, денне нагрівання повітря та його нічне охолодження є мінімальним для випуклих форм рельєфу і максимальними – для угнутих.

## 6. ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН АГРОЦЕНОЗІВ ТА ЗАХИСТ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

*Фітосанітарія* – застосування на практиці науково-обґрунтованих заходів, спрямованих на захист від ризиків, що виникають у зв'язку з проникненням, закріпленням або розповсюдженням шкідливих для рослин і продукції рослинного походження організмів, і на оздоровлення навколишнього середовища.

*Фітосанітарний стан* – стан агроценозу на певній території в конкретно зазначений строк за складом шкідливих організмів, рівнем їх чисельності, інтенсивності розвитку та потенційної загрози.

Сільськогосподарське виробництво несе величезні втрати від хвороб, бур'янів і шкідників. Великої шкоди сільському господарству завдають інфекційні хвороби, які обумовлені розвитком фітопатогенів. *Фітопатоген* – екологічний чинник, що обумовлює хвороби рослин. Фітопатогенами можуть бути віруси, бактерії, гриби, комахи, а також метеорологічні фактори (різкі коливання температури або вологості), токсичні речовини та ін. Деякі фітопатогени виконують роль регуляторів чисельності популяцій рослин.

Особливо значні втрати врожаю відбуваються в результаті присутності в агроценозі бур'янів. *Бур'ян* – небажана рослинність в угіддях, посівах, насадженнях культурних рослин, яка конкурує з ними за світло, воду, поживні речовини, а також сприяє поширенню шкідників та хвороб. Шкідливість більшості бур'янів досить вагома. Вона проявляється, передусім, у зниженні врожайності сільськогосподарських культур, луків і пасовищ; засміченні урожаю та погіршенні його якості; перенесенні збудників захворювань та накопиченні шкідників сільськогосподарських культур; токсичності для тварин, у збитках тваринництву; в негативному впливі на здоров'я людей; порушенні складу та структури місцевих фітоценозів.

*Шкідники* сільськогосподарських рослин – тварини, які живляться і ушкоджують культурні рослини або викликають їх загибель. Серед хребетних тварин багато шкідників належать до класу ссавців, особливо,

загону гризунів. З безхребетних тварин сільськогосподарські рослини ушкоджують деякі види брюхоногих молюсків; значна кількість круглих черв'яків з класу нематод. Найбільш багаточисельні види шкідників відносяться до типу членистоногих тварин: класу комах, класу павукоподібних (кліщі), деякі види з класу багатоніжок і ракоподібних (стоноги).

Якість рослинницької продукції багато в чому залежить від розвитку хвороб, шкідників і наявності бур'янів. Порушення фізіологічних процесів при захворюванні рослинних організмів частіше проявляється в наступному: в ослабленні фотосинтезу, в порушенні інтенсивності дихальних процесів, в порушенні транспортування в рослини води і поживних речовин, а також продуктів фотосинтезу; в порушенні синтезу ростових і запасних речовин. Все це позначається на врожайності і якості сільськогосподарської продукції. Загальні втрати врожаю від шкідників, хвороб і бур'янів у світі становить 34% від потенційно можливого врожаю.

Для запобігання втрат від шкідливих організмів виникла необхідність введення в екологічну систему агроценозів додаткового антропогенного чинника, який обмежує розмноження небажаних, з точки зору людини, шкідливих видів. Ця екологічна закономірність обумовлює принципове теоретичне положення, згідно якого заходи захисту рослин від шкідливих об'єктів повинні здійснюватися не як спорадичний, а як постійно діючий чинник, оскільки інакше природа збалансує біологічну структуру агроценозів за своїми законами рівноваги чисельності популяцій та підтримки рівня біорізноманіття.

### **6.1. Звідки взялися шкідливі організми агроценозів?**

Це питання ми розглянемо на прикладі найбільш багаточисельної групи шкідливих організмів – комах. В природі не існує ні корисних, ні шкідливих організмів. Кожний вид біоти унікальний і в продовж життя виконує свою екологічну функцію – здійснює кругообіг речовини, енергії і інформації.

Рівень біорізноманіття планети досі не відомий. Так, за узагальненими оцінками воно включає приблизно 1,7 мільйонів визначених видів (табл. 6.1). Але спеціалісти вважають, що число видів тільки комах і мікроорганізмів становить величину, яка знаходиться між 8 млн. й 100 млн. видів. Інакше кажучи, наука досі не знає, скільки видів населяє нашу планету!

Таблиця 6.1. Визначена й прогнозна чисельність видів

<b>Класи біоти</b>	<b>Відоме число видів</b>	<b>Прогнозне число видів</b>
Комахи	950 000	8000 000
Гриби	70 000	1000 000
Павукоподібні	75 000	750 000
Нематоди	15 000	500 000
Віруси	5000	500 000
Бактерії	4000	400 000
Рослини	250 000	300 000
Найпростіші	40 000	200 000
Водорості	40 000	200 000
Молюски	70 000	200 000
Ракоподібні	40 000	150 000
Хребетні	45 000	50 000

Світ у цілому (всіх видів) 1700 000 - 12500 000

Відповідь на загадку біорізноманіття планети доцільно вирішувати з констатації факту, що комахи становлять більшість відомих видів біосфери. Сьогодні біологія має у своєму розпорядженні різні оцінки рівня розмаїтості життя. Але за будь-якими наявними науковими оцінками комахи складають більшу частину (53 – 73%) життєвих форм біоти.

Порушення природних екосистем, створення неосяжних просторів, зайнятих посівами сільськогосподарських культур, докорінно змінило

природну рівновагу. При цьому з'явилися необмежені кормові ресурси для рослиноїдних тварин (більшість яких – комахи), які перейшли для живлення з диких родичів на культурні рослини, де інтенсивно розмножуються і стають чинником, що обмежує урожай – з'їдають наші гроші. На цій підставі людство відносить їх до шкідливих організмів.

Обґрунтовано, що тільки 1% видів комах приносить шкоду продуктам, речам і будівлям, цінним рослинам полів, городів, садів, лісовим породам, сільськогосподарським тваринам і здоров'ю самих людей. Але й один відсоток – це багато тисяч видів. Чисельність особин багатьох комах величезна. Наприклад, дуже дрібних ногохвосток, що живуть на поверхні й у верхніх шарах ґрунту, на 1 м<sup>2</sup> припадає від кількох тисяч до 700 тис. особин, залежно від достатку відмерлих листків, квіткового пилку, спор і міцелію грибів, що становлять їх їжу. Ці крихітні і дуже давні комахи виконують важливу роботу по створенню та збереженню родючості ґрунту. Ентомологи вже спробували вирахувати ймовірне сумарна кількість всіх комах на Землі; воно зображується одиницею з 18 нулями, т. е. мільярдом мільярдів, причому ця цифра дещо занижена. На кожну людину припадає не менше 250 млн. цих дрібних тварин. Можна стверджувати, таким чином, що Земля переживає період розквіту життя комах (як колись рептилій).

Комахи, імовірно, найбільш відомим із всіх безхребетних. Вони легко ідентифікуються: у них 3 пари ніг і 3 основних частин тіла – голова, грудна частина й черевце. Комахи захищені твердим кістяком з хітину. Більшість комах мають великі фасеточні очі й антени (вусики).

Більшість комах розмножуються статевим шляхом, хоча деякі комахи, наприклад, попелиці можуть мати безстатеве розмноження. Усі комахи відкладають яйця. У більш примітивних видів серед комах, потомство, яке тільки що відродилося з яйця, в мініатюрі нагадує батьків. Однак, більшої частини комах властивий метаморфоз, коли особини, які відродилися з яйця дуже відрізняються від батьків, а для досягнення дорослої стадії повинні пройти через значні зміни.

Палеонтологія свідчить, що комахи жили 400 мільйонів років тому. Вони є першими тваринами, які опанували польот. Незабаром, після розвитку крил, близько 330 млн. років тому, відбувся вибух видоутворення комах, що зафіксована в палеонтологічному літописі, який засвідчив також поширення комах у нові місця перебування. Сьогодні комахи, за винятком океану, населяють практично всі основні екосистеми на планеті (включаючи Антарктиду).

## **6.2. Чинники фітосанітарного стану**

Структура ентомологічних комплексів природних біоценозів визначається, в першу чергу, характером рослинного покриття, а в агробіоценозі – вирощуваною культурою. Оскільки вже давно повсюди превалюють культурні ландшафти, то постійне накопичення інформації щодо закономірностей функціонування культурних біоценозів має як практичне, так і теоретичне значення.

Порівняння особливостей життєдіяльності комах – мешканців культурних земель у різних місцевостях, їхніх угруповань, показує, що вони є далеко не випадковими, а навпаки, закономірними угрупованнями, які розвиваються за тими ж законами, що й природні біоценози. Співставлення комплексів шкідників пшениці європейської частини колишнього СРСР і США показало, що такі комплекси складаються з екологічно й систематично подібних елементів. Пізніше Г.Я. Бей-Бієнко були встановлені закономірності формування ентомокомплексів в агроценозах цілинних земель, а саме:

- ✓ цілинний степ більше ніж удвічі багатший за видовим складом за пшеничне поле;
- ✓ щільність комах на пшеничному полі вдвічі перевищує їхню щільність на цілині;
- ✓ число показових видів на цілині вдвічі більше ніж на пшеничному полі, але на цілині вони складають приблизно половину

населення, у той час як на пшеничному полі – більше 20% від загальної кількості всіх комах;

✓ на пшениці з'являються абсолютно нові для неї види.

Багато бур'янів є резерваторами шкідників. Так, представники більш 70 родин членистоногих, що вражають культивовані види рослин, використовують бур'яни як кормову базу. В той же час і корисна ентомофауна нерідко приурочена до засмічуючих рослин. Причому наявні дані свідчать про те, що масове розповсюдження сільськогосподарських шкідників з більшою вірогідністю відбувається на незасмічених, ніж на засмічених полях. Тому залежність врожайності від густини популяції бур'янів виявляється нелінійною, а сигмоїдальною: низька густина популяцій бур'янів звичайно не впливає на врожайність, а деякі види бур'янів навіть стимулюють розвиток культурних рослин.

Чисельність популяцій окремих видів постійно коливається в результаті самих різних впливів зовнішнього середовища. Амплітуда цих коливань визначається кліматом і ґрунтом. Цю закономірність називають природним обмеженням виду. Якщо людина втручається в ці процеси за допомогою заходів захисту рослин мова йде про антропогенну регуляції чисельності та поширення шкідливих організмів.

Дія природних факторів на стан популяцій шкідників, які мешкають в агроценозах, відбувається на фоні еколого-економічних чинників, вплив яких на чисельність та поширення комах не менш дієвий. Яким чином дія природних і еколого-економічних чинників віддзеркалюється у фітосанітарному стані сільськогосподарських культур?

Спрощено, взаємодію природних та еколого-економічних чинників в процесі формування поточного фітосанітарного стану можна звести до схеми, яку наведено на рис. 6.1.



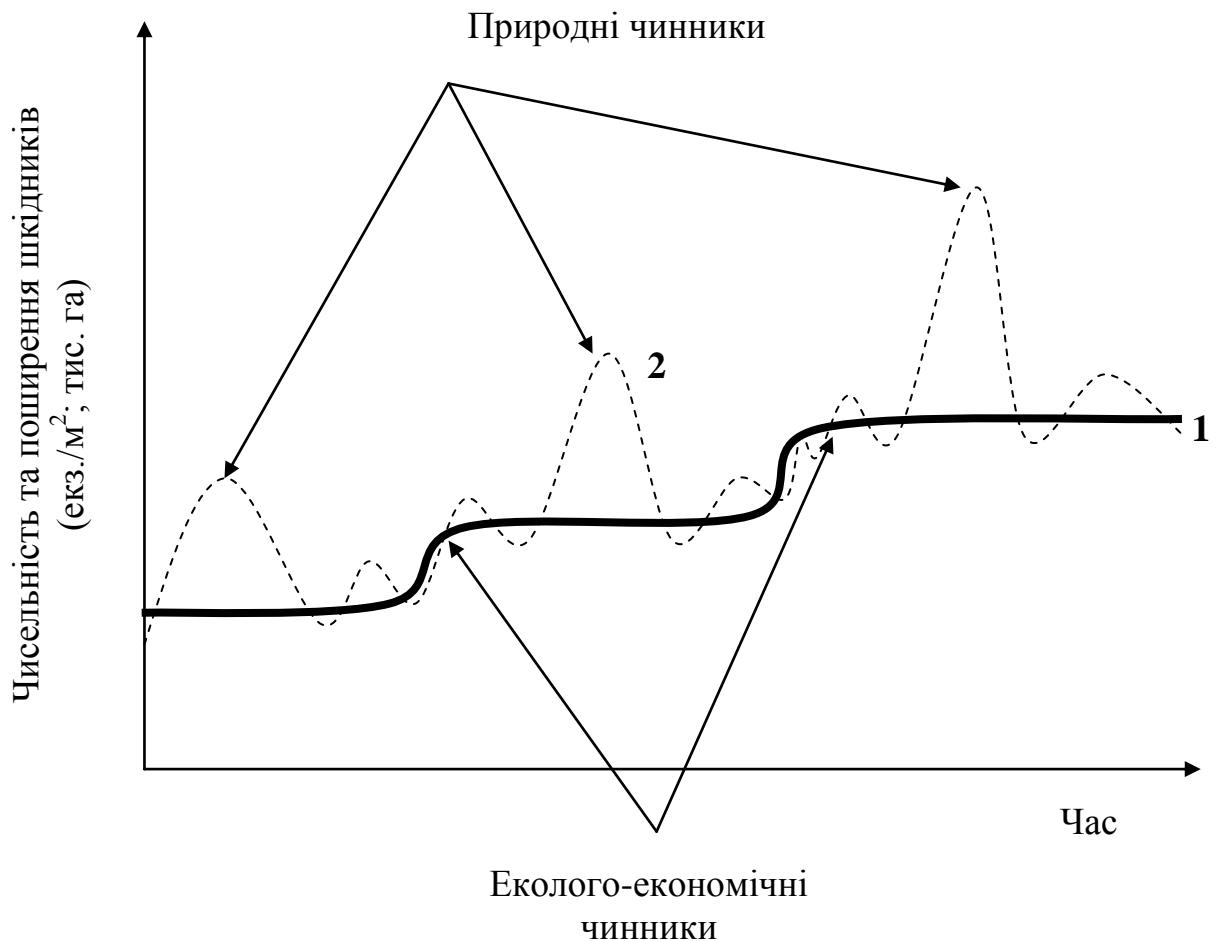


Рис. 6.1. Схема формування фітосанітарного стану за дії чинників різної природи

- Рівень розвитку с.-г. виробництва (стабільність системи землекористування, ступінь розораності земель, стан насінництва, агротехніка, захист рослин) в еколого-географічних умовах держави визначає фоновий рівень (1) чисельності і поширення шкідливих популяцій;
- Фоновий рівень – середньо багаторічні показники чисельності шкідників та заселених площ;
- Фоновий рівень коливається під дією еколого-економічних чинників. Його різкі зміни роблять не придатним існуюче наукове забезпечення прогнозу: використання ЕПШ, кількісних показників фазового стану популяцій тощо;
- Фоновий рівень, в свою чергу, визначає економічні наслідки надзвичайних ситуацій в період масових розмножень шкідників (2), які відбуваються циклічно під дією природних чинників.

Коливання фоного рівня поширення та чисельності шкідливих організмів в агроекосистемах під дією еколого-економічних чинників добре ілюструють дані, які наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Динаміка чисельності головних шкідників в Україні

(за даними Голодержзахисту)

Шкідник	Чисельність, екз/м <sup>2</sup>			
	1985-1989 рр.		1996-2002 рр.	
	середня	Макс.	середня	Макс.
Дротяники та несправжні дротяники	0,75±0,04	5,2	1,18±0,08	18
Озима совка	0,58±0,09	3,3	1,26±0,1	160
Хлібний турун	0,94±0,06	12,1	1,12±0,07	120
Клоп шкідлива черепашка	2,62±0,26	21,7	3,96±0,6	200
Звичайний буряковий довгоносик	1,08±0,09	8,0	2,2±0,3	29
Саранові	Фон.	Фон.	7,62±1,1	>100
Гороховий зерноїд	5,26±0,63	74,4	17,0±2,65	633,2

### 6.3. Основні чинники навколишнього природного середовища, які визначають ріст та розвиток культурних рослин

Найбільший вплив на ріст і розвиток рослин мають фактори зовнішнього середовища, які об'єднані у чотири групи: кліматичні (тепло, світло, вологість і склад повітря), едафічні (грунт, його фізичні властивості, поживний склад, кислотність, вбирна здатність), біотичні (макро- і мікрофлора, фауна, взаємодія рослин у посівах), антропогенні (діяльність людини – внесення добрив, застосування машин, забруднення атмосфери, формування рослин).

Кліматичні й едафічні фактори впливають на рослини безпосередньо, а біотичні й антропогенні – здебільшого опосередковано. Всі фактори для рослини необхідні й рівноцінні за дією: жодного з них не можна замінити іншим, оскільки це призводитиме до порушення впливу інших. Як правило, врожайність культур визначається фактором, який перебуває в мінімумі. Тому, за розробки системи агрозаходів для вирощування високого та

якісного врожаю, завжди треба враховувати умови навколишнього середовища, своєчасно визначають фактори, які негативно впливають на ріст і розвиток рослин. Так, для ранніх весняних посівів основним фактором є тепло, влітку – волога, а взимку – температура і світло. Своєчасне усунення негативного впливу певного фактора забезпечує високу продуктивність рослин і економічний ефект.

При вирощуванні культур важливо знати реакцію рослин на дію комплексу зовнішніх умов і окремих факторів. Визначається вона спадковими і біологічними особливостями, походженням сорту та віком рослин. Однак, реакція на дію того самого фактора може бути неоднаковою. Наприклад, добрива, внесені в ґрунт при достатньому зволоженні, сприяють інтенсивному росту рослин і значно підвищують їх урожайність. Нестача вологи сповільнює ріст, а дія добрив може бути навіть шкідливою.

Комплекс факторів навколишнього середовища, що впливають на ріст і розвиток рослин, досить різноманітний і непостійний. Він залежить від географічного розміщення посівів, механічного складу ґрунту, експозиції схилу, висоти над рівнем моря, пори року тощо. Наприклад, вимогливість овочевих культур до умов навколишнього середовища протягом вегетації неоднакова. Так, для проростання насіння потрібні підвищена вологість ґрунту і помірна температура, а під час плодоношення, навпаки, – помірна вологість і підвищена температура та сонячне освітлення. Отже, розробляючи агрозаходи, беруть до уваги не тільки біологічні особливості овочевих культур, але й можливість управляти факторами росту, застосовувати методи оптимізації зовнішніх умов. Треба пристосовувати рослини до конкретних умов середовища, підвищуючи стійкість їх до несприятливих (екстремальних) умов.

Метеофактори можуть на 30-50% впливати на продуктивність рослин. Найбільш руйнівну дію на рослину під час вегетації справляють заморозки. Для успішного забезпечення проведення сільськогосподарських операцій у північних та східно-північних регіонах України необхідно звертати увагу на

такі погодні ризики як заморозки (рис. 6.2). Відомо, що зниження температури ранньою весною може визвати значні пошкодження молодих рослин, що вегетують у полях та дерев з квітами у садах. Науковці поділяють причини неочікуваних падінь температури на дві групи: адвективні та радіативні. Адвективні охолодження з терміном «заморозки» виникають завдяки проникненню на територію холодних мас повітря у протилежність радіативному охолодженню з терміном «мороз» (падіння температури спостерігається вночі при ясному небі завдяки радіації з поверхні землі). Головний негативний вплив заморозків на сільськогосподарські культури починається при переході температури нижче нуля за Цельсієм. В цих умовах спостерігається замерзання води на поверхні та у внутрішніх клітинах рослини. Ступінь негативного впливу низьких температур на рослини у багатьох випадках залежить від двох факторів – ступеню пониження температури та часу її впливу. У цьому відношенні адвективні охолодження великомасштабні і мають місце на протязі багатьох ночей із значним



Рис. 6.2. Карта можливості заморозків

пошкодженням сільськогосподарських культур. Що стосується радіативних охолоджень то падіння температури спостерігається на протязі однієї чи двох

ночей. У таких випадках необхідно вживати превентивні заходи для посилення перемішування повітря. Вони дають сильний ефект підвищення температури у просторі між рослинами та деревами.

Для нормального росту і розвитку рослин озимої пшениці необхідна мінімальна інтенсивність освітлення – 1,8 тис. люксів. Пряме сонячне світло опівдні дає 30-40 тис. люксів. Недостатнє освітлення може послаблювати фотосинтез, що негативно впливає на врожай, а в поєднанні з багатим азотним фоном призводить у зернових культур до різкого збільшення стерильності квіток.

В умовах високих температур інфрачервона радіація негативно впливає на рослини. Справа в тому, що це проміння поглинається головним чином не пігментами листя, а водою, яка міститься в тканинах і плазмі клітини, отже, воно може призвести до перегріву рослин. Одним із механізмів захисту рослин від наслідків впливу несприятливих високих температур є теплове загартування – здатність підвищувати теплостійкість, яка пов'язана з адаптаційними змінами обміну речовин. Це явище в природних та експериментальних умовах вивчається багатьма дослідниками впродовж тривалого часу. Відомо, що підвищення теплостійкості можна досягти як довготривалим, так і короткочасним впливом підвищених температур.

У рослинному організмі води міститься від 75 до 90%. З її надходженням і рухом пов'язані всі життєві процеси рослин. При наявності води, доступу повітря і теплоти насіння рослин бубнявіє і проростає, у рослину надходять елементи живлення, в рослинному організмі відбувається фотосинтез, утворюються нові органічні речовини, ростуть тканини.

У жарку погоду вода захищає рослину від загибелі: переміщуючись по рослині, вона охолоджує її і цим підвищує стійкість проти високих температур. Вода підтримує тургор клітин та розносить продукти асиміляції по окремих органах. За допомогою води відбувається кореневе живлення та виділення непотрібних речовин. Вода регулює ріст і розвиток рослин. Нестача її призводить до недобору врожаю, пригнічення, а іноді і повної

загибелі рослин. Проте і надлишок води негативно впливає на більшість сільськогосподарських культур, крім рису та інших вологолюбних рослин.

Для рослин вода потрібна з моменту висівання насіння і до закінчення формування врожаю. Використовувати воду рослина починає від моменту бубнявіння насіння. Кількість її, потрібна для нормального проростання насіння, неоднакова для різних сільськогосподарських культур. Нестача вологи зумовлює тимчасове або тривале в'янення рослин. При значній нестачі води в листках порушуються біохімічні процеси, насамперед відбуваються гідроліз вуглеводів з утворенням сахарози та розкладання білків. Внаслідок цього рослини втрачають здатність до фотосинтезу. Найбільш чутливими до нестачі вологи рослини бувають в період проростання насіння і розсади. При нестачі вологи затримується вегетативний розвиток рослин. Несприятливий вплив надлишку вологості сильніше виявляється на щільних, глинистих ґрунтах і слабкіше на пухких, кам'янистих і піщаних.

Повітря як кліматичний фактор постійно впливає на рослини. Цей вплив викликаний рухом повітря (вітром). Крім того, повітря є одним із джерел живлення рослин. Повітряне живлення зеленої рослини – фотосинтез – тісно пов'язане з використанням вуглецю. Майже половина сухої маси рослини припадає на вуглець, засвоєний нею з повітря. Певну роль у житті рослин відіграє також рух повітря. Вплив вітру може бути прямим і непрямим. Прямий вплив багатогранний, це перш за все механічна дія: вітролом, пошкодження дерев і кущів. Формотворча роль вітру помітна на багатьох рослинах відкритих місць. При побічному впливі змінюються умови для зростання рослин: видування ґрунту, оголення коренів, засипання рослин піском, снігові заноси, висушування надземної частини, температурні перепади, зниження фотосинтезу тощо.

Основними джерелами забруднення ґрунтів є промисловість та транспорт. Мінеральні солі впливають не лише на біоту ґрунту, але й на сам гумус, який втрачає частину осадоутворюючих елементів (Mg, Ca, K тощо) і

разом з мікроелементами типу заліза чи марганцю легко вимивається з ґрунту. Не слід забувати, що вугільний попіл з ТЕЦ є своєрідним концентратом сполук кількох елементів серед яких є уран і германій. Випадання пилу з року в рік на одні і тіж самі поля рано чи пізно підвищить їх вміст до рівня, який буде перевищувати ГДК.

Потужними і концентрованими забруднювачами ґрунтів є зони зберігання відпрацьованих руд та порід (наприклад, на Донбасі). Але найбільша частка забруднення супроводжує заходи із інтенсифікації та хімізації сільського господарства. Найбільш небезпечними із сполук, які використовуються у сільському господарстві є пестициди і нітрати.

Екологами встановлені наступні особливості сучасних хімічних засобів захисту рослин:

1. Крім знищення шкідливих комах чи рослин, хімічні засоби обов'язково шкодять їх природним ворогам чи багатьом іншим нешкідливим видам.

2. Метою винищення за допомогою застосування пестицидів є лише 0,2 % усіх видів біосфери, а шкідливий ефект від них поширюється на всі 100 % видів і на людину. Це обумовлено тим, що повний ККД (коефіцієнт корисної дії) пестицидів лежить у межах 0,1–1%, отже у найкращому випадку шкідники з'їдають лише соту частину отрути (а частіше — лише 1/500 чи 1/1000), решта дістається нейтральним чи корисним видам і довго отруює довкілля.

3. Чимало пестицидів мають дуже тривалий час напіврозпаду у воді й ґрунті (12 років у ДДТ, до 20 – у деяких інших). Можливо, що у підземних горизонтах він ще довший через малий вплив біологічних процесів.

4. Пестициди відносяться до сполук, які здатні накопичуватися при проходженні вздовж трофічного ланцюга.

Від кислих дощів страждають не лише озера, де вмирає все, що не може жити у водному розчині кислоти. Вплив кислотних дощів на рослинний світ має комплексний характер. Дуже знижується і родючість полів та луків.

Як правило, при невисокій кислотності цих опадів і малій їх кількості, вони можуть надавати частково і позитивного впливу на рослини. Це зумовлено тим, що кислотні дощі можуть бути додатковим джерелом мінерального живлення рослин (N, S). При незначних змінах кислотності ґрунтів, ступінь засвоєння деяких сполук рослинами може зростати. Кислотні опади містять в середньому 3,0-4,2 мг/дм<sup>3</sup> сульфатної кислоти, що відповідає річній кількості сульфат-іонів - 30-42 кг/га, та близько 2,0-3,0 мг/дм<sup>3</sup> нітратної кислоти, що відповідає річній кількості нітрат-іонів - 20-30 кг/га.

Зростаюча кислотність ґрунтового покриву – одна з найгостріших проблем сучасності та найближчого майбутнього. Процес підкислення ґрунтів набуває глобальних масштабів, спричинюючи негативні агрогеохімічні наслідки. Особливу тривогу викликає те, що явище підкислення ґрунтів має прихований і в багатьох випадках – вторинний характер. Спочатку відбувається процес декальцинації, а потім, значно пізніше, спостерігається підкислення ґрунту. Нерідко вже провапновані ґрунти знов стають кислими. З'являються кислі ґрунти і в районах, де їх раніше не було. Причин, що обумовлюють підкислення, багато. Найістотнішими з них є кислотні дощі, низький рівень удобрення ґрунтів органікою, необґрунтовано інтенсивне застосування засобів хімізації в землеробстві. Отже, вторинне підкислення ґрунтів має переважно антропогенне походження. Підвищення кислотності негативно впливає на ріст і розвиток більшості культурних рослин, заважає сприятливому ходу мікробіологічних процесів в ґрунті. Особливо чутливі до підвищеної кислотності люцерна, пшениця, кукурудза та ін.

Втрати гумусу супроводжуються погіршенням агрофізичних властивостей ґрунтів. Дослідження В. В. Медведєва (1982) свідчать про таке їх погіршення порівняно з цілиною: на 4-11% маси ґрунту зросла брилистість, на 3-6% – розпорошеність, на 10-18% знизився вміст агрономічне цінних агрегатів (розмір 10±0,25 мм), на 15-19% – водотривкість ґрунтової структури, на 16-26 % – механічна міцність, на 2-4 % – пористість



агрегатів розміром від 5 до 0,25 мм при середніх значеннях цих показників на цілині 8, 15, 17, 55, 90, 42%, відповідно. Водопроникність ґрунтів в максимально розпушеному стані становить 120-142 мм/год, а при рівноважній щільності – 55 мм/год. Зміна структурного стану, погіршення водно-фізичних властивостей обумовили підсилення процесів водної ерозії, дефляції, зниження потенціальної і ефективною родючості. Агрофізична деградація призвела до зменшення глибини коренемісткого шару, зниження польової вологості, діапазону активної вологи, її доступність рослинам, а також рухомість елементів живлення.

Взаємодія рослин відноситься до ряду найважливіших факторів, які визначають і регулюють видовий склад, чисельність популяцій, будову, продуктивність і біологічну стійкість лісових фітоценозів. Встановлення суті зв'язків між окремими життєвими формами та видами рослин дозволяє також визначити їх роль і місце в рослинному угрупованні. Алелопатія – це взаємний вплив рослин, що входять до складу фітоценозу, зумовлений виділенням ними в навколишнє середовище фізіологічно активних речовин (рис. 6.3). Явище алелопатії враховують в овочівництві при розробці структури сівозмін, особливо при вирощуванні ущільнених та пожнивних культур.

Алелопатія відбувається при нагромадженні в середовищі фізіологічно активних речовин, так званих колінів (органічні речовини, що виділяються вищими рослинами і пригнічують інші види вищих рослин). Вони відіграють значну роль у формуванні природних і штучних фітоценозів. Залежно від концентрації та хімічного складу коліни діють як стимулятори росту або інгібітори життєвих процесів. Вони значно впливають на проростання насіння, ріст, розвиток і хімічний склад рослин, їх стійкість проти хвороб та шкідників і несприятливих умов зовнішнього середовища. Вони посилюють або гальмують ростові процеси: їх виділення можуть бути для одних рослин корисними, а для інших – шкідливими.

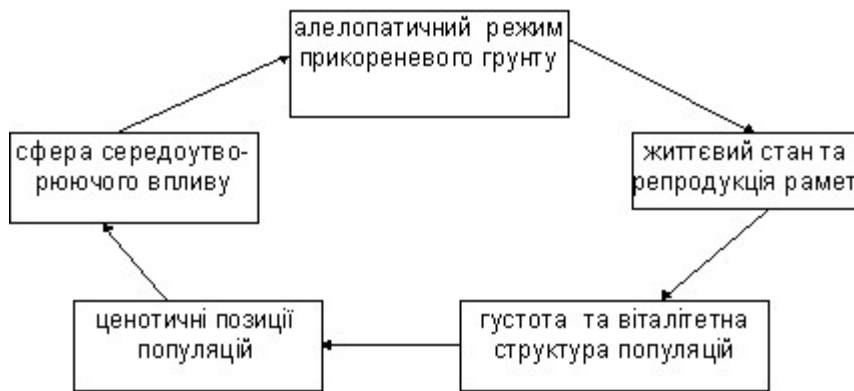


Рис. 6.3. Алелопатична регуляція популяцій *Agropyrum repens* (пирію повзучого)

Алелопатія відіграє певну роль у формуванні природних і штучних фітоценозів. Токсичний вплив на овочеві культури мають виділення деяких бур'янів. Наприклад, пирій повзучий, виділяючи тритерпенову сполуку агропірен та ванілінову кислоту, пригнічує ріст коренеплодів, зеленних культур, капусти. Такі бур'яни, як гірчак рожевий, різні види полину пригнічують ріст і розвиток більшості овочевих культур. Алелопатія є також основною причиною ґрунтової втоми, через що культури вирощують у сівоzmінах, які складають так, щоб ґрунт протягом усього періоду знаходився під культурними рослинами, а не під бур'янами. Цьому також сприяє сівоzmіна, насичена повторними культурами.

В агрофітоценозі домагаються, щоб у сівоzmіні попередня культура сприяла інтенсивному росту наступної. Так, бобові культури не тільки збагачують ґрунт на азот, але виділення їх сприяють інтенсивному росту таких культур, як огірок, помідор, капуста, морква столова. Виділення рослин капустяних культур є добрим дезінфікуючим попередником для огірка, помідора, перцю, баклажана, картоплі. Виділення кореневої системи кропу та кукурудзи цукрової сприяють інтенсивному росту і плодоношенню рослин огірка.

Бур'яни – це рослини, які засмічують сільськогосподарські угіддя, завдають шкоди сільськогосподарським культурам, знижуючи їх урожай та погіршуючи якість. Рослини, що належать до культурних видів, але їх не вирощують на даному полі, відносять до засмічувачів. Дикоросла флора України нараховує понад 3500 видів, з них близько 700 видів зустрічаються як бур'яни. Вони засмічують озимі, ярі, просапні, однорічні й різні багаторічні культури, сади, городи, виноградники, луки, пасовища тощо. Деякі види бур'янів у великій кількості поширені у смугах відчуження залізниць і шосейних шляхів, на межах, польових станах, токах, пустирях, вигонах, поблизу жител.

На засмічених посівах сільськогосподарських культур урожай зменшується на 25-30 і більше відсотків. Це пояснюється тим, що бур'яни погіршують умови життя культурних рослин, а деякі їх види є паразитами. Зокрема, негативний вплив бур'янів на величину врожаю полягає в тому, що вони знижують родючість ґрунту, використовуючи воду та елементи живлення. Так, буркун жовтий в 1,5, а пирій повзучий у 2,5 рази більше використовують води з ґрунту, ніж озима пшениця, а лобода звичайна – у 2 рази більше, ніж ячмінь та кукурудза. Осот рожевий виносить з ґрунту азоту й фосфору в 1,5, а калію – в 4 рази більше, ніж колосові зернові культури. Зумовлюється це тим, що більшість бур'янів мають добре розвинену кореневу систему, що глибоко проникає в ґрунт. Наприклад, корені осоту рожевого у перший рік життя можуть досягти глибини 3,5 м, у другий – 5,8, у третій – понад 7 м. Корені буркуну іноді проникають у ґрунт на глибину до 6 м. Інтенсивний розвиток вегетативних органів бур'янів, що випереджають у рості культурні рослини, призводить до затінення останніх. Це спричинює зниження інтенсивності фотосинтезу, ослаблення стебел внаслідок етіоляції (зміни в будові рослини, яка росте в темряві (фотоморфінні зміни); виявляється, внаслідок втрати хлорофілу характеризується блідим забарвленням), та вилягання посівів, у зв'язку з чим значно зменшується якість продукції та збільшуються втрати під час збирання полеглих хлібів.

Поряд з цим, затінення рослин призводить до зниження температури поверхні ґрунту на 2-4<sup>0</sup>С, що негативно впливає на активність мікроорганізмів у ґрунті, призводить до погіршення умов живлення та подовження вегетації рослин. Особливо терплять на перших етапах росту рослини, що повільно розвиваються – льон, кукурудза, картопля, цукрові буряки та ін.

Зміна інтенсивності фотосинтезу та погіршення умов кореневого живлення рослин призводять до зниження якості врожаю, наприклад до зменшення вмісту протеїну у зерні пшениці на 1-2%. Наявність насіння бур'янів у продукції помітно знижує її харчові та смакові якості. Так, наявність у борошні незначної кількості розмеленого насіння таких бур'янів, як куколю, пажитниці п'янокої, блекоти, гірчаку рожевого, перетворює його на продукт, непридатний для вживання людиною і тваринами внаслідок вмісту шкідливих сполук. Домішки полину гірконого надають зерну, крупі і борошну гірконого смаку. Жовтець їдкий, хвощ польовий, гірчак рожевий та інші отруйні рослини знижують якість сіна, продуктивність пасовищ і можуть спричинити отруєння тварин.

Засміченість посівів утруднює збирання врожаю, збільшує витрати пального, зумовлює поломку збиральної техніки. Домішки зелених часточок бур'янів у зерні підвищують його вологість, утруднюють очищення, внаслідок чого зростають витрати, знижується продуктивність праці. Крім того, вартість обробітку ґрунту збільшується за рахунок проведення додаткових заходів та підвищення опору ґрунту знаряддям обробітку. Встановлено, що на оранку 1 га дуже засміченого ґрунту витрачається близько 30 л пального, а на оранку малозасміченого – лише 15-18 л.

Бур'яни, крім шкідливого впливу на величину та якість урожаю, є джерелом розмноження багатьох хвороб та шкідників сільськогосподарських культур. Так, берізка польова сприяє розмноженню лучного метелика та озимої совки, які відкладають яйця на її листках, пирій повзучий сприяє розвитку та поширенню іржі, вівсюг — сажки вівса, паслін гіркий – раку

картоплі тощо. Полин гіркий та амброзія полинолиста навіть у незначних кількостях можуть зумовити алергічні захворювання у людей.

В умовах інтенсивного землеробства особливо гостро стоїть питання захисту посівів від бур'янів, оскільки заходи інтенсифікації зводяться до мінімуму і не дають запрограмованих результатів.

#### **6.4. Екологічні наслідки хімізації сільськогосподарського виробництва**

##### *Оцінка впливу пестицидів на компоненти біоценозів*

Одним з потужних важелів дії на біогеоценози є сільське господарство і, передусім, в результаті застосування в рослинництві великої кількості різних агрохімікатів. Попри те, що широкомасштабне і іноді безконтрольне застосування хімічних препаратів погіршує екологічний стан навколишнього природного середовища, у багатьох країнах збільшуються обсяги їх виробництва і використання. Нині у світовому землеробстві основне місце в захисті рослин від шкідливих організмів займає хімічний метод – застосовується більше 100 тис. найменувань пестицидів за щорічного сумарного їх внесення в агроценози 2-2,2 млн. тонн. Небезпека пестицидів для довкілля полягає в тому, що вони є синтетичними хімічними токсикантами або ксенобіотиками (від грецького *xenos* – чужий і *biotus* – життя), що не зустрічаються в природі. Тому при зростаючих об'ємах застосування цих сторонніх для біосфери речовин їх залишки або продукти метаболізму здатні накопичуватися і викликати небажані ефекти. Парадокс полягає в тому, що людина, використовуючи пестициди, сам стає мішенню їх дії.

Пестицидне забруднення в комплексі з іншими видами антропогенних порушень (викиди підприємств, промислові стоки, розорювання земель, вирубування лісу, видобуток корисних копалин) призводять до деградації і розпаду первинних природних екосистем, виникнення вторинних антропогенних ландшафтів, що характеризуються переважанням рудеральної рослинності (сукупність смітникових види бур'янів; супутники жител

людини, що зустрічаються на смітниках, біля заборів, на узбіччях доріг), збідненим складом флори і фауни.

Аналіз літературних даних щодо дії пестицидів як на агроценози, так і на первинні біоценози, дозволяє дійти висновку, що при регулярному застосуванні пестицидів впродовж тривалого часу забруднення виступає новим екологічним чинником, який обумовлює серйозні порушення і значні перетворення угруповань організмів. В цьому аспекті доцільно розглянути вплив пестицидів на різні об'єкти біоценозів.

#### *Наслідки застосування гербіцидів*

Ряд авторів відмічає пряму і опосередковану інсектицидну дію гербіцидів на біоценози. Вона коливається від сублетальних ефектів до рівнів смертності, що викликаються інсектицидами. З іншого боку, при дії гербіциду 2,4-Д спостерігалася стимуляція розмноження у попелиць і прискорений розвиток гусениць у ряду видів лускокрилих. Але найбільш значні наслідки пов'язані з опосередкованим впливом гербіцидів на біоценози в результаті структурних змін фітоценозів. Знищення бур'янів призводить до скорочення різноманітності фітофагів за рахунок випадання облигатних видів, що живляться сегетальною рослинністю (польові види бур'янів, що зустрічаються в посівах сільськогосподарських культур), а також пов'язаних з ними паразитів і хижаків, які на усіх або окремих стадіях розвитку пов'язані тільки з цими видами фітофагів. Під впливом гербіцидів відбувається також зміна екологічних характеристик місцеперебувань комах, в першу чергу, мікрокліматичних умов: спостерігається тимчасове підвищення освітленості і пов'язане з цим зменшення вологості поверхні ґрунту, а також збільшення амплітуди добового перепаду температур. При цьому стенобіонтні види (види з малим діапазоном толерантності до змін екологічних факторів) як фітофагів, так і ентомофагів, які на ембріональній і личинковій стадіях розвитку не витримують цих змін, внаслідок чого збільшується смертність, знижується їх чисельність і падає щільність популяцій. Такі порушення призводять до випадання ряду видів і спрощення

ентомологічних угруповань. Зазвичай залишається невелике число еврибіонтних видів, здатних існувати в змінених умовах.

Забруднення гербіцидами лісосмуг і інших нецільових екосистем агроландшафтів через порушення фітоценозів також призводить до збіднення фауни членистоногих, у тому числі хижих і паразитичних форм. Встановлено, що пестициди гальмують процес фотосинтезу, що істотно впливає на ріст і розвиток рослин. Так, наприклад, гербіциди, впливаючи на фотосинтез, призводять до зменшення продуктивності культурних рослин. Застосування на посівах злаків гербіцидів призводить до порушень в структурі хромосом і зниження життєздатності пилку.

Була проведена оцінка впливу нових хімічних препаратів на жуків, що мешкають в агроценозах кукурудзи. На полях цієї культури для знищення бур'янової рослинності застосовувався гербіцид мілагра з нормою витрати 1 літр препарату на гектар. Після його внесення в ґрунт відмічена негативна дія препарату на жуків, що мешкають в надґрунтовому горизонті (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. Вплив гербіциду мілагра на зміну кількості видів твердокрилих в агроценозах кукурудзи

Кількість видів	Варіанти	
	Оброблено гербіцидом	Контроль (без гербіциду)
Всього видів жуків	25	53
з них: зоофагів	13	28
фітофагів	10	16
сапрофагів	2	9

Аналіз даних, приведених в табл. 6.3, свідчить, що в результаті застосування препарату сталося зменшення загального числа видів жуків в 2,1 рази, у тому числі зоофагів – в 2,2 рази, фітофагів і сапрофагів – в 1,5 і 4,5 рази відповідно, в порівнянні з контролем. При цьому динамічна щільність усіх жуків знизилася упродовж сезону в 6,3 рази, у тому числі зоофагів – в 6,2 рази, фітофагів – в 4,0 і сапрофагів – в 24,5 рази. Найбільш усього від дії

гербициду постраждали хижі види турунів з весняним і весняно-літнім типами розвитку. Динамічна щільність цих зоофагів на ділянках з внесенням препарату зменшилася в 7,4 – 46,7 рази відповідно, в порівнянні з полями, де препарат не застосовувався.

#### *Наслідки застосування інсектицидів*

Набагато детальніше вивчена дія інсектицидів на ентомофауну агроценозів. Правда, більшість таких робіт присвячена токсикологічній оцінці ефективності застосування інсектицидів, впливу їх на динаміку чисельності шкідливої і корисної ентомофауни в агроценозах. В основному це лабораторні і польові дослідження на популяційному рівні.

Ряд дослідників вказує на те, що застосування інсектицидів приводить до збільшення мутаційних процесів в культурних рослинах. Ця глобальна проблема досліджувалась у багатьох країнах світу. Так, у 1986 році для знищення рослиноїдних комах на посівах насінневої люцерни був використаний фосфорорганічний інсектицид фозалон з нормою витрати препарату 2 л/га. Обробку проводили шляхом обприскування посівів наземною апаратурою у кінці травня. Застосування препарату на люцерні в перший місяць після обробки викликало зменшення щільності жуків-зоофагів майже в 4 рази. При цьому постраждали головним чином хижі туруни з весняно-літнім типом розвитку. В подальші місяці кількість жуків з цієї трофічної групи на оброблених ділянках була майже удвічі меншою, в порівнянні з контрольними ділянками, де препарат не застосовувався. Подібний прояв негативної дії препарату на нецільові об'єкти було зафіксовано також відносно інших трофічних груп жорсткокрилих. Так, після застосування інсектициду щільність жуків-сапрофагів в перший місяць зменшилася в 4,5 рази, в порівнянні з контролем, в другий – в 3 рази. У останні два місяці вегетації на оброблених ділянках було відмічено зменшення кількості жуків цієї групи в 9-19 разів, в порівнянні з контролем. Дещо менший негативний ефект був відмічений для жуків фітофагів. Так, в перший місяць після обробки фозалоном показники щільності рослиноїдних



видів жуків в контролі лише в 1,3 рази перевищували аналогічні показники на оброблених ділянках, в подальші місяці – в 2 рази.

Ґрунтовний аналіз порушення рівноваги популяцій членистоногих після застосування інсектицидів, головним чином хлорорганічних, наведено в оглядах В. Н. Старка (1954) і В.Е. Ріппера (1959). Головні висновки цих робіт, на нашу думку, актуальні по відношенню до усіх сучасних пестицидів. Вони свідчать про те, що абсолютна більшість інсектицидів не мають виборчої токсичності. Як правило, після їх систематичного застосування в сильному ступені страждають як цільові об'єкти – фітофаги, так і нецільові – паразити, хижаки, запилювачі, а також індіферентні комахи і павуки, що призводить до порушення складних біоценотичних стосунків у агроценозах. В результаті надмірного і багатократного застосування пестицидів рухлива збалансована рівновага в угрупованні комах порушується, що призводить до спалахів масового розмноження фітофагів, які вийшли з-під контролю біотичних регуляторів, згубна дія інсектицидів на яких є очевидною.

При довготривалому зниженні чисельності ентомофагів, що відбувається при щорічному і багатократному застосуванні пестицидів, наприклад, в садах, спостерігається обмеження регуляторної можливості усієї агроєкосистеми. Наслідком цього є часті спалахи чисельності фітофагів, які стають хронічними. Для їх стримування збільшують кратність і дози застосування інсектицидів, що веде до появи стійких популяцій фітофагів. У результаті В.Е. Ріппер приходить до висновку про те, що агроценози, будь то сад або зернове поле, є біологічними системами, що мають механізм захисту від шкідливих видів фітофагів. Роль захисного механізму виконують популяції природних ворогів.

Цей процес проаналізовано в працях Ю.С.Толстової на прикладі плодкових садів Криму, Південного Таджикистану, Закарпаття, Латвії, Кабардино-Балкарії, Центрально-чорноземної зони Росії, де нею відмічено збіднення видового складу, ріст чисельності одного або групи видів, зміна домінантів і порушення сезонної динаміки чисельності фітофагів. На думку

автора, причини, що обумовили ці зміни, полягають у відборі толерантних до пестицидів ряду видів фітофагів при одночасній елімінації високочутливих до хімічних препаратів форм. Внаслідок дії пестицидів відбувається формування фізіологічних популяцій, збіднення кормової бази зоофагів, збереження стійких видів фітофагів.

Перші комплексні дослідження впливу пестицидів на популяційно-видові угруповання з'явилися в 40-50-х роках минулого століття, коли у всьому світі почалося інтенсивне застосування хлорорганічних інсектицидів, в першу чергу – ДДТ. Встановлено, що дія пестицидів носить глобальний характер і охоплює усі живі компоненти біогеоценозів.

Оцінки післядії хімічних обробок свідчать, що пестициди суттєво пригнічують життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів. Ряд авторів відмічали негативну дію пестицидів на ґрунтову мікрофауну, що виконує велику роль в мінералізації рослинних залишків і підвищенні родючості ґрунту.

Багатьма дослідниками, як в нашій країні, так і за її межами відмічений негативний вплив пестицидів і на представників інших класів тваринного світу. Так, наприклад, відомо, що щорічні втрати сільськогосподарської продукції в США, які за різними джерелами оцінюються від 0,8 до 4 млрд. доларів, пов'язані зі знищенням пестицидами бджіл, наслідком чого є недостатнє запилення рослин. У літературі відмічений значний негативний вплив пестицидів на хижих і водоплавних птахів, суттєве зменшення їх плодючості, збільшення смертності ембріонів.

Пестициди, що застосовуються, нерідко потрапляють у внутрішні водойми. Це відбувається не лише за обробок великих площ проти шкідників лісових насаджень і сільськогосподарських культур, коли дуже важко уникнути забруднення дрібних струмків, ставків і озер, але й тому, що значна частина залишків хімікатів під час дощів і весняних паводків вимивається з ґрунту, де вони накопичувались роками, зноситься у водойми. Потрапляючи у воду, пестициди часто стають причиною отруєння гідробіонтів.

Встановлено, що основні негативні наслідки застосування пестицидів для ссавців схожі з такими для птахів. Вони проявляються в загибелі тварин, зниженні їх чисельності, порушенні процесу розмноження, зміні фізіологічних і біохімічних показників організму. Особливо багато випадків загибелі ссавців відмічені при обробці стійкими хлорорганічними препаратами, які виявилися в 8-46 разів токсичнішими для диких, ніж для лабораторних тварин. Небажаним наслідком застосування пестицидів є їх дія на нервову систему тварин. Вплив деяких препаратів на розмноження слід вважати однією з найбільш небезпечних сторін їх дії, оскільки вони значно послаблюють репродуктивні здібності ссавців і призводять до зменшення їх репродуктивного потенціалу.

Загальновідомі численні факти згубної дії пестицидів і на людину. Наприклад, в США до речовин, що мають онкогенну активність, віднесено 53 пестициди з 290 обстежених. Сюди відносяться хлорофос, ДДВФ, перметрин, циперметрин, гамма-ізомер ГХЦГ, тіомочевина, севін, фталофос (спричиняють порушення ембріонального розвитку), гербіцид 2,4-Д (викликає саркому м'яких тканин), регулятор росту гижрел (викликає пухлини легенів, бруньок, печінки, молочних залоз).

Порівняно велика увага в літературі приділена вивченню негативних токсикологічних аспектів нових пестицидів та оцінці екологічних наслідків в результаті застосування хімічних засобів захисту рослин. На підставі результатів досліджень усіма без виключення авторами встановлено негативний вплив пестицидів на довкілля і людину.

У зв'язку з цим, стратегічним завданням хімічного методу захисту рослин є зниження токсичної дії не лише на тваринне населення агроландшафтів, але також і на усі пов'язані з ними біогеоценози і, в першу чергу, на людину і місце її існування.

Застосування інсектицидів призводить до прогресуючої нестабільності трофічного ланцюга: рослини - фітофаги - ентомофаги. Застосовуючи

пестициди, ми в усе зростаючому об'ємі "оплачуємо" ту смертність фітофагів, яку їх природні вороги – ентомофаги, викликали «безкоштовно».

Результати новітніх наукових досліджень дозволяють дійти висновку, що зменшення кількості пестицидів призводить до відновлення біотичного потенціалу агробіоценозу, який формується на сільськогосподарських угіддях. Показником цього процесу служить збільшення в екологічній структурі ентомокомплексу зоофагів в 1,8 рази, сапрофагів – в 2,4 разу. Контроль чисельності комах за допомогою пестицидів стабілізує динаміку ентомологічного угруповання, збільшує його пружність і знижує еластичність, але при цьому руйнуються природні механізми біогеоценотичного регулювання динаміки трофічної структури. Найбільш чутливими до пестицидної дії є хижаки і сапрофаги. За інтенсивного пестицидного навантаження відбувається зниженні регулюючого впливу ентомофагів на чисельність фітофагів, тому реалізація біотичного потенціалу останніх багаторазово збільшується.

Результати проведених досліджень свідчать, що агробіогеоценози здатні відновлювати свій біотичний потенціал і забезпечувати відносно стабільне існування елементів екологічної системи на рівні динамічної рівноваги усіх трофічних груп тільки за умови істотного зменшення кількості вживаних людиною отруйних хімічних сполук. Навіть при значному зменшенні кількості пестицидів природні популяції зоофагів, що мешкають в агроценозах, здатні самостійно регулювати чисельність шкідливих об'єктів на рівні, меншому за економічні пороги шкодочинності і запобігти їх масовому розмноженню. Збільшення щільності жуків-фітофагів, що має місце при зменшенні пестицидних навантажень, відбувається, головним чином, за рахунок видів жуків, що живляться смітною рослинністю.

Застосування хімічних засобів у великих масштабах збіднює видову різноманітність ентомофауни, збільшує кількість порожніх екологічних ніш і, тим самим, порушує процеси біологічної саморегуляції. За цих умов підвищується нестабільність екологічної структури трофічних угруповань на

полях сільськогосподарських культур, що створює передумови до виникнення спалахів масового розмноження шкідників.

Пізнання регуляторних механізмів, які діють в агробіоценозах, є неодмінною умовою для обґрунтування шляхів спрямованого втручання в управління агроценозами з метою збереження урожаю. Для цього, передусім, потрібне визнання як об'єктивній реальності існування в агроценозах регуляторних систем.

#### *Ретроспективний аналіз розвитку рослинництва та стратегій захисту рослин*

На прикладі бавовнику було показано послідовність етапів розвитку виробництва сільськогосподарських культур упродовж ХХ століття. Наведені закономірності чітко простежуються також у вирощуванні інших культур.

Перший етап – екстенсивний. В цей період використовуються переважно традиційні сорти і, передусім, агротехнічні способи захисту рослин. Хімічні пестициди і неорганічні добрива застосовуються дуже обмежено. Врожайність культур впродовж цієї фази відносно мала, але мінімальний також і збиток довікллю.

Другий етап – інтенсивний. Різко збільшується застосування хімічних добрив, впроваджуються нові високопродуктивні сорти, а також високотоксичні пестициди. Хімічні обробки проводяться в певні календарні строки і тому часто є чисто профілактичними. Під час цієї фази різко підвищується врожайність сільськогосподарських культур, проте природі і людині наноситься колосальний збиток.

Третій етап – кризовий. В цей період хімічні методи захисту рослин виявляються усе менш ефективними. Спостерігається формування стійкості (резистентності) у шкідливих видів фітофагів до пестицидів. Хімічна промисловість прагне розв'язати цю проблему за рахунок випуску нових препаратів. Збільшуються як обсяги хімічних обробок, так і витрати коштів на заходи із захисту рослин. В результаті темпи росту витрат на боротьбу із

шкідниками обганяють темпи приросту сільськогосподарської продукції в 4-5 разів. Приходить розуміння, що будь-які засоби захисту рослин (більшою мірою – хімічні, в меншій – біологічні), окрім вироблення резистентності у шкідників знищують разом з ними і супутні види членистоногих, до того ж значною мірою забруднюють навколишнє природне середовище. З'являються повідомлення про серйозний збиток, що наноситься здоров'ю людей, деградацію екосистем, різке збіднення фауни. У результаті впродовж цієї фази стійкість агроекосистеми падає майже до нуля.

Четвертий етап – виробництво сільськогосподарських культур стає нерентабельним, що призводить до значних економічних наслідків.

П'ятий етап – відродження виробництва культури. Він супроводжується скороченням об'ємів застосування хімічних засобів захисту рослин та пошуком методів управління агроекосистемою за допомогою біологічних засобів.

Інтеграція різних методів боротьби із шкідниками сільськогосподарських культур почала застосовуватися на практиці у кінці 40-х років XX століття ентомологами А. Д. Пиккетом в Новій Шотландії (Канада) і А. Е. Майчелбечером в Каліфорнії (США), які намагалися емпірично поєднати біологічний і хімічний методи захисту рослин. Подальшим поштовхом до розробки нової стратегії захисту були проблеми, що виникли в сільськогосподарському виробництві на початку 50-х років: формування стійкості шкідників до інсектицидів і акарицидів; швидке відновлення чисельності шкідливих видів після застосування пестицидів; знищення ентомофагів; масова поява вторинних, раніше невідомих шкідників; отруєння через харчові ланцюги ряду тварин; забруднення навколишнього природного середовища тощо. Учені багатьох галузей сільськогосподарської науки розпочали дослідження з обґрунтування системи інтегрованого захисту рослин. Важлива роль в цій роботі належить ентомологам.

Вже у кінці 50-х – початку 60-х років минулого століття стала формуватися нова стратегія захисту рослин, яка отримала назву "Інтегроване управління популяціями шкідників" – Integrated Pest Management (IPM). Спочатку під цим терміном малася на увазі інтеграція хімічного і біологічного методів, хоча дещо раніше висловлювалася думка, що інтегрований контроль використовуватиме усі екологічні ресурси, але цей заклик досить довго залишався без уваги. Пізніше інтеграція поширилася на найрізноманітніші аспекти захисту рослин. Деякі дослідники вважають, що інтегрований контроль чисельності шкідника – це таке управління його популяцією, яке, враховуючи довкілля і динаміку чисельності шкідника, використовує усі доступні методи і технічні пристосування, наскільки вони сумісні, і підтримує чисельність популяції шкідника на рівні нижче економічного порогу шкідливості.

Пізніше визначення було дане М. Коганом. Він вважає, що інтегроване управління популяціями – це система ухвалення рішень і використання різних тактик контролю популяцій шкідника, координованих загальною стратегією управління, що заснована на аналізі співвідношення витрат і прибутку та враховує також інтереси виробників, суспільства і довкілля.

У Законі України «Про захист рослин», прийнятому в 1998 році, інтегрованому захисту дається наступне визначення: "Інтегрований захист рослин – комплексне застосування методів для довгострокового регулювання розвитку і поширення шкідливих організмів до невідчутного господарського рівня на основі прогнозу, економічних порогів шкідливості, дії корисних організмів, енергозбережних і природоохоронних технологій, що забезпечують надійний захист рослин і екологічну рівновагу довкілля».

У інтерпретації аналогічного Закону, прийнятого в 1999 році в Росії, визначення звучить трохи інакше: «Інтегрований захист рослин – система, що припускає максимальне використання природних механізмів регуляції чисельності і активності шкідливих організмів, оптимізує і стабілізує флору і фауну агроценозів». Це визначення пов'язане з екологізацією захисту рослин,

яка інтенсивно розвивається останніми роками, з усе зростаючою увагою до можливості використання популяцій природних ворогів шкідливих фітофагов.

Наведені результати свідчать, що природна регуляція агроecosистем не лише цілком реальна, але і у багатьох випадках сама по собі здатна зберегти урожай. Вони показали також, що пестицидний прес на агроecosистеми може бути послаблений, що сприяє збереженню коштів і оздоровленню довкілля.

Незалежно від рівня екологізації будь-яка форма інтегрованої системи захисту рослин в її реальному практичному застосуванні пропонує пасивне очікування до тих пір, поки рівень чисельності популяцій шкідників не перевищить економічний поріг. Зазвичай цей рівень досить великий і має місце тільки тоді, коли природні популяції ентомофагів не в змозі запобігти масовому розмноженню шкідників. За високої чисельності шкідливих фітофагів виникає необхідність терміново застосовувати хімічні пестициди. При цьому декларовані в Законах про захист рослин положення про збереження стійкості агроecosистем практично не дотримуються. У цьому полягає корінна суперечність будь-якої існуючої інтегрованої системи, заснованої на порогах шкідливості. У результаті, чисельність шкідників на оброблених ділянках може бути вище, ніж там, де обробка пестицидами не проводилася.

В наш час інтегрований захист рослин від шкідливих комах спрямований на зниження чисельності окремих видів шкідників і зачіпає популяційний рівень взаємовідносин фітофагів і сільськогосподарських рослин. Такий підхід дозволяє захищати урожай, але не враховує впливу заходів захисту рослин на агроценоз. Наступним етапом вдосконалення інтегрованого захисту рослин повинен послужити перехід від популяційного рівня до біоценотичного, коли на перший план виходить не лише збереження урожаю, але і оптимізація фітосанітарного стану посівів.

Отже, за удосконалення інтегрованого захисту рослин, необхідно враховувати реакцію агроценозу як системи на ті або інші заходи, причому



системи досить стійкої, здатної зберігати основні параметри не лише шляхом зміни щільності популяції окремих компонентів (кількісна реакція), але і шляхом перебудови структури (якісні зміни). При цьому на особливу увагу заслуговують такі технології вирощування культури, які становлять ядро системи управління агроценозом за допомогою чинників біоценотичного рівня, залежних від щільності популяції і пов'язаних між собою зворотними зв'язками. Поєднання дій, що управляють і регулюють агроценоз дозволяє підійти до оптимізації фітосанітарного стану з урахуванням вимог сільськогосподарської практики. Головною перешкодою на цьому шляху служить недолік знань, оскільки взаємозв'язок основних елементів системи вивчений недостатньо, а кількісна оцінка їх впливу на агроценоз практично не проведена.

#### *Біоценотичні принципи управління фітосанітарним станом агроценозів*

Якщо ми не навчимося дбайливо відноситися до залишків природного середовища, не створимо адекватного природним закономірностям сільськогосподарського виробництва, що на сьогодні вже займає більше за третину поверхні суші, нам загрожують великі неприємності. Одним з істотних чинників стабільного виробництва рослинницької продукції без очікування негативних наслідків для навколишнього природного середовища є створення в агроценозах сприятливого біоценотичного стану, який обумовлює зменшення загрози втрати урожаю від шкідників за рахунок ефективного регулюючого впливу корисних організмів. Біоценотичне управління польовими біоценозами можливо тільки на ґрунті знань щодо характеристики складових їх структурних утворень, моніторингу сукцесійних процесів, кількісної оцінки зв'язків між компонентами аграрних біоценотичних систем, механізмів їх взаємодії. На жаль, наука ще далека від повного порозуміння цих природних закономірностей. Нам досі мало що відомо щодо процесів екосистемного розвитку на орних землях. Тому, саме

аграрна біогеоценологія повинна стати фундаментальною біологічною основою для багатьох напрямів сучасної сільськогосподарської науки, у тому числі і захисту рослин, що дозволить адаптувати високопродуктивне землеробство до місцевих природно-кліматичних умов.

Уявлення про цілісний агробіоценоз потребує, по перше, вивчення фітосанітарного стану не тільки агроценозів окремих культур, а одночасно всіх культур, які входять до складу польової сівозміни. Бажано вивчення також взаємодії агроценозів з оточуючими їх ценозами полезахисних лісосмуг, їх узлісь, степових балочних біоценозів, узбіч доріг тощо. З точки зору захисту рослин від шкідливої ентомофауни, необхідним є обов'язкове знання видового складу комах всіх трофічних рівнів, їх біологічних особливостей, характеру просторового розподілу комах в межах біоценозів, сезонну динаміку чисельності. Для цього необхідно проводити постійний моніторинг за станом всіх досліджуваних екосистем.

Обов'язковим повинно бути вивчення впливу всіх антропогенних чинників не тільки на ентомофауну, а й на рослини, ґрунт, мікробіологічні компоненти та інше. Говорячи про рослинництво, слід підкреслити, що ми повинні піклуватися не про максимальну продуктивність угідь, а про те, як найраціональніше використати енергію і землю для стабільного існування суспільства. Головний бар'єр і перепони на шляху рішення цієї проблеми – це людина. Тут ми маємо типову ситуацію щодо «свободи волі» – людина свідомо вільна «підігравати» добру і злу. Правда, виникає питання, що є зло і добро для людини і що – для природи або агробіоценозу?

Ймовірно, дороговказником у пошуках відповіді на це питання може стати відмова від антропоцентриських поглядів, які дають швидкий ефект, але у віддаленій перспективі ведуть людство у безвихідь. Часом розумніше піти на певний збиток від шкідників, відмовившись від застосування хімічних засобів, але отримати екологічно чистий урожай. Перехід на рейки альтернативних технологій повинен відбуватися поступово і за «оптимальними» траєкторіями.

Враховуючи все викладене вище, здається можливим констатувати, що за впровадження біоценотичної стратегії захисту рослин пріоритетними повинні бути здоров'я людини, екологічна чистота продукції рослинництва, охорона навколишнього середовища, максимальне збереження існуючого біорізноманіття.

Для реалізації даної концепції потрібне поетапне рішення наступних основних питань:

- слід однозначно визнати, що основним чинником, сприяючим негативній дії на людину, тварин, всі живі організми, що мешкають в навколишньому природному середовищі, є вживання в сільськогосподарському виробництві різних хімічних пестицидів; вплив яких прямо або побічно позначається на всіх біогеоценозах, викликає загибель живих організмів, порушення їх розвитку, дестабілізацію природних механізмів; зокрема, це приводить до істотного зниження видової різноманітності, спалахам розмноження шкідливих видів фітофагів за рахунок зменшення чисельності і пригнічення активності природних популяцій ентомофагів;

- агробіоценози не є штучними утвореннями, а мають статус природних з певним ступенем антропогенної дії на них; виходячи з цього, в них існують властиві всім біогеоценозам механізми саморегуляції, що здатні за рахунок активності природних популяцій ентомофагів стримувати чисельність шкідливих фітофагів на економічно невідчутному рівні без вживання інсектицидів;

- необхідно розробити критерії, що дозволили б без вживання пестицидів здійснювати максимальне збереження природної екологічної рівноваги в агроландшафтах на основі визначення показників оптимального співвідношення в системі фітофаг:зоофаг;

- для цього необхідно запровадити систему моніторингу чисельності ентомофауни не тільки на полях сільськогосподарських культур, а і у всіх прилеглих до них біоценозах, включаючи полезахисні лісосмуги, їх узлісся і

узбіччя доріг, а також на перелогах та цілих ділянках, які вкраплені в агроландшафт; при проведенні обліків необхідно враховувати всі види комах, включаючи не тільки фітофагів, але також зоофагів і сапрофагів різних рівнів трофічної спеціалізації;

- основну увагу надавати не безпосередньому знищенню шкідливих видів, а створенню оптимальних умов для підтримки високої чисельності природних популяцій ентомофагів;

- здійснити аналіз перетворення інсектицидів в навколишньому середовищі і визначити їх токсичний вплив на всі компоненти агробіоценозів, включаючи мікробіологічні, макро- і мезофауну;

- наступним етапом повинна бути повна відмова від вживання пестицидів хоча б у декількох областях країни. Для цього необхідне першочергове використання всіх агротехнічних методів, розробка і упровадження у виробництво стійких до шкідників сортів; у разі загрози урожаю за високої чисельності шкідливих видів фітофагів слід максимально використовувати біологічні препарати;

- для зацікавленості землекористувачів у виробництві екологічно безпечної сільськогосподарської продукції доцільно державне регулювання цін у бік значного їх підвищення, порівняно з продукцією, одержаною із застосуванням пестицидів, при обов'язковій компетентній експертизі продуктів харчування на екологічну чистоту;

- враховуючи, що більше 50 видів жорсткокрилих, відзначених на полях, у інших біоценозах не зафіксовано, збереження видової різноманітності корисної ентомофауни слід забезпечувати не тільки на території заказників і заповідників, але і в агроценозах;

- враховуючи важливість проблеми, необхідно корекція програм навчання студентів аграрних навчальних закладів і доповнити їх вивченням загальних біологічних законів існування і функціонування екосистем різних рівнів організації для органічного поєднання фундаментальних досліджень з прикладними проблемами сільськогосподарського рослинництва.

## 7. РЕСУРСИ ТА ЕНЕРГЕТИКА АГРОЕКОСИСТЕМИ

З позицій енергетики сільське господарство – особлива форма діяльності суспільства з перетворення сонячної радіації в енергію макроергічних (високоенергетичних) зв'язків органічної речовини харчових та інших продуктів за допомогою рослин і тварин. Автотрофні рослинні організми, перетворюючи енергію Сонця, накопичують її в хімічних зв'язках різних сполук своїх тканин. Рослини – основа продуктивності сільського господарства, оскільки лише в рослинах в прийнятних для потреб людини масштабах відбувається перетворення сонячної радіації в хімічну енергію, придатну для використання іншими підсистемами, а також первинне накопичення енергії.

За межі продуктивності рослинних організмів може бути прийнята величина фотосинтетично активної радіації Сонця на даній території. Вплив інших екологічних факторів (кількість атмосферних опадів, температура і вологість повітря, ґрунту, наявність доступних поживних речовин, фізичні та хімічні властивості ґрунту і т. д.) можна розглядати як обмеження, що накладаються на використання енергії сонячного випромінювання для формування біологічної продукції рослинних спільнот.

Відповідно до законів загальної екології прості екосистеми не стабільні. Умовою стабільності є біологічне різноманіття, але воно збіднене в агроекосистемах. Тому стабільність, що так необхідна для господарської стійкості агроекосистем, досягається іншим шляхом – вкладенням додаткової антропогенної енергії.

Агроценози мають ряд особливостей, що відрізняють їх від природних екосистем (табл. 7.1.). До найбільш істотних можна віднести наступні:

1. Агроценози не можуть існувати без додаткової кількості енергії, що становить 5-10% від усієї енергії, яка акумулюється в урожаї. В рослинництві відкритого ґрунту частка антропогенної енергії становить не більше 2%, у захищеному ґрунті – 17-19%. Спостерігається тенденція до збільшення

вкладення штучної енергії при виробництві сільськогосподарської продукції у вигляді добрив, пестицидів, нафтопродуктів, що призводить до забруднення навколишнього середовища. При цьому енергетична продуктивність інтенсивних агроценозів зменшилася в 10-15 разів.

2. Агроценоз відрізняється монодомінантною будовою, в ньому переважає, як правило, один сорт культурних рослин. Внаслідок ослаблення компенсаторних зв'язків між усіма елементами такого біоценозу (рослини, тварини, мікроорганізми) він більш схильний до дії несприятливих факторів середовища. Генетична однорідність агроценозу призводить до втрати його стійкості.

3. У природних біоценозах продуктивний процес всієї сукупності рослинних видів розтягнутий у часі, а в агроценозах – синхронізований. Якщо в першому випадку мінералізація рослинних залишків йде протягом всього періоду вегетації, то в другому – рослинні залишки надходять лише в кінці літа й на початку осені.

4. В агроценозах з врожаєм і сільськогосподарсько корисною продукцією відчужується 50-60% органічної речовини і 50-80% азоту від їх кількості, акумульованих у продукції. Результат – негативна декомпенсація геохімічних циклів.

5. Агроценози керовані людиною і не здатні до саморегуляції. В той час, як у природних екосистемах іде природний добір, в агроекосистемах діє штучний добір, спрямований на максимальне підвищення врожайності.

В сучасній біосфері в антропогенний канал, створений людьми і свійськими тваринами, надходить енергії, що становить ~25% загальної первинної продукції рослин. Значне збільшення первинної продукції, яку споживає людство, відбувається не тільки за рахунок сонячної енергії, а й під впливом додаткових енергетичних джерел. Близько 95% сухої речовини рослин створюється в процесі фотосинтезу за участю сонячної енергії, а сама продуктивність агроценозів забезпечується насамперед за рахунок вільного перебігу в рослинах і ґрунті біологічних процесів. «Антропогенна енергія»,

що надходить в агроєкосистеми, не замінює (і не може замінити) кількість сонячної енергії, а є своєрідним каталізатором, що стимулює активніше її використання (засвоєння).

Агроценоз – монодомінантне і, більше того, одно сортове угруповання. Стан такої системи регулює, в першу чергу, людина, діяльність якої направлена на підвищення врожаю. При цьому, доля антропогенної енергії, акумульованої в урожаї, складає лише 5-10%. До того ж в агроценозах з урожаєм відчужується 50-60% органічної речовини й 50-80% азоту. Саме ця від'ємна декомпенсація призводить до серйозних наслідків у загальній системі кругообігу речовин в агроценозах, тобто ця рукотворна екологічна система є надзвичайно проблемною як для людини, так і для природного середовища взагалі.

Таблиця 7.1. Порівняльна характеристика природних та агроєкосистеми

Характер оцінки	Природні екосистеми		Агроєкосистеми
	ліс	луки	однорічні культури
1	2	3	4
Джерело енергії, за рахунок якої функціонує система	Сонячна енергія, що фіксується в процесі фотосинтезу	Сонячна енергія та помірні енерговитрати на внесення добрив	Сонячна енергія та значні енерговитрати на догляд за посівами
Графічна структура	Гетеротрофні компоненти представлені природними консументами та редуцентами і становлять 10% біомаси. У підземній частині гетеротрофів значно більше, але вони становлять усього 7% від біомаси екосистеми	Основний консумент – свійські тварини. Якщо їхня маса перевищує 10% від загальної біомаси, то це призводить до деградації екосистеми	Гетеротрофні організми у надземній частині представлені комахами, чисельність яких періодично коливається. Основним споживачем фітомаси є людини чи худоба

1	2	3	4
Співвідношення фітомаси надземної та підземної частини	1:2	1:3...1:10	1:1...1:0.2
Значення різних частин рослини у нагромадженні органічних решток	Надземні та підземні частини не беруть участі однаковою мірою	Гумус формується в основному за рахунок коренів	Гумус формується в основному за рахунок коренів і поживних решток
Ступінь замкнутості циклів кругообігу мінеральних елементів	Висока. Практично всі елементи циркулюють по замкнутому циклу. Можлива деяка втрата за рахунок вивозу деревини, заготівлі рослинної сировини, полювання тощо	Досить висока, хоча частка елементів, які виносяться з врожаєм, особливо під час сінокошу, збільшується	Низька. Винос речовини з екосистеми дуже значний
Можливість витоку речовини з системи	Низька, але може зростати при порушенні цілісності надземного покриву (випас худоби)	Низька, але може зростати при порушенні цілісності надземного покриву (випас худоби)	Висока. З урожаєм видаляється до 50% внесених добрив, унаслідок ерозії втрачається гумус мінеральні добрива

Незважаючи на значні відмінності (табл. 7.1, 7.2) агроекосистеми, як і будь-які природні екосистеми, характеризуються певним складом організмів (культурні рослини, бур'яни, комахи, дощові черв'яки, мишоподібні гризуни та ін.) і певними взаємовідносинами між живими організмами та умовами середовища. Ці взаємини найбільш чітко проявляються на рівні трофічних зв'язків.

В агроценозах (наприклад, пшеничного поля) складаються ті ж харчові ланцюги, що і в природній екосистемі: продуценти (пшениця та бур'яни),



консументи (комахи, полівки, птахи, лисиці) і редуценти (бактерії, гриби). Обов'язковою ланкою цього харчового ланцюга є людина, яка своєю працею створює кожен агроєкосистему і забезпечує її високу продуктивність, а потім збирає та використовує урожай.

Таблиця 7.2. Порівняльна характеристика природних та агроєкосистеми

<b>Властивості</b>	<b>Природні екосистеми</b>	<b>Агроєкосистеми</b>
Біологічне різноманіття	Високе	Низьке
Замкненість кругообігу речовин	Висока	Низька
Вилучення органічної речовини з екосистеми	Майже відсутнє	Відбувається постійно
Необхідність надходження речовин в екосистему ззовні	Відсутня	Висока
Трофічні ланцюги	Довгі	Короткі
Ерозія	Слабка	Сильна
Вимивання речовин з екосистеми	Слабке	Слабке
Необхідність в антропогенній енергії	Відсутня	Висока
Стійкість	Висока	Низька

За класифікацією ФАО (2000 р.) виділяють п'ять видів агроєкосистем, в основу яких покладено види землекористування:

1. Землеробське, чи польове землекористування – богарні, зрошувані агроєкосистеми (ротації зернових, бобових, кормових, овочевих, баштанних, технічних та лікарських культур).

2. Плантаційно-садове землекористування – плантаційні агроєкосистеми (чайний кущ, дерево какао, цукрова тростина), садові агроєкосистеми (плодові сади, ягідники, виноградники).

3. Пасовищне землекористування – пасовищні агроєкосистеми (відгінні пасовища: тундрові, пустинні, горні, лісові пасовища, сінокоси, окультурені луки).

4. Змішане землекористування – змішані агроєкосистеми. Характеризуються рівноправним співвідношенням та поєднанням декількох видів землекористування, а також процесів отримання як первинної, так і вторинної біологічної продукції.

5. Землекористування в цілях виробництва вторинної біологічної продукції – агропромислові екосистеми (території інтенсивного індустріального виробництва молочних, м'ясних та інших продуктів).

За розмірами антропогенних енергетичних субсидій агроекосистеми теж поділяють на групи.

Першу групу утворюють екстенсивні агроекосистеми. Їх продуктивність низька, ступінь адаптивності високий, спеціалізація рослинницька, тваринницька чи комплексна. Характеризуються тривалою обліжно-перелоговою стадією, збереженням балансу між продуктивністю кормових угідь і поголів'ям худоби.

До другої групи належать інтенсивні агроекосистеми. Їх продуктивність висока, ступінь адаптивності низький, спеціалізація рослинницька, тваринницька чи комплексна. Характеризуються застосуванням сівозмін із травами і сидератами; утилізацією безпідстилкового гною, внесенням його на поля.

До третьої групи входять адаптивні агроекосистеми. Їх продуктивність помірно висока, ступінь адаптивності високий, спеціалізація рослинницька, тваринницька, комплексна. Характеризуються широким застосуванням сидерації, використанням побічної продукції сільськогосподарських культур, сівозмінами з короткою ротацією, адаптивною структурою агроценозів, зменшенням біологічного різноманіття, повною утилізацією гною, застосуванням біометоду.

Енергетичне забезпечення природних та сільськогосподарських екосистем значно відрізняється (рис. 7.1 та 7.2). У сільськогосподарських екосистемах кінцевою ланкою ланцюгів живлення є людина. Власне, специфічною ознакою будь-якої агроекосистеми можна вважати екологічну піраміду, на вершині якої знаходиться саме людина.

Основним завданням вивчення особливостей формування врожаю в агроекосистемах полягає в дослідженні механізмів формування товарної

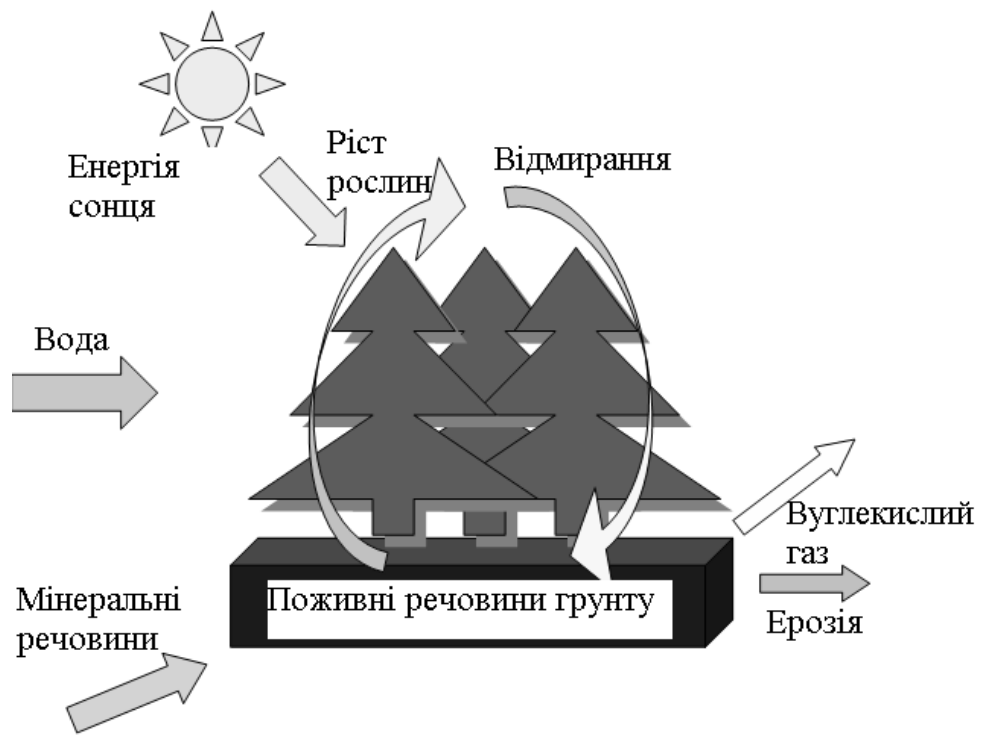


Рис. 7.1. Спрощена схема кругообігу речовин в природних екосистемах

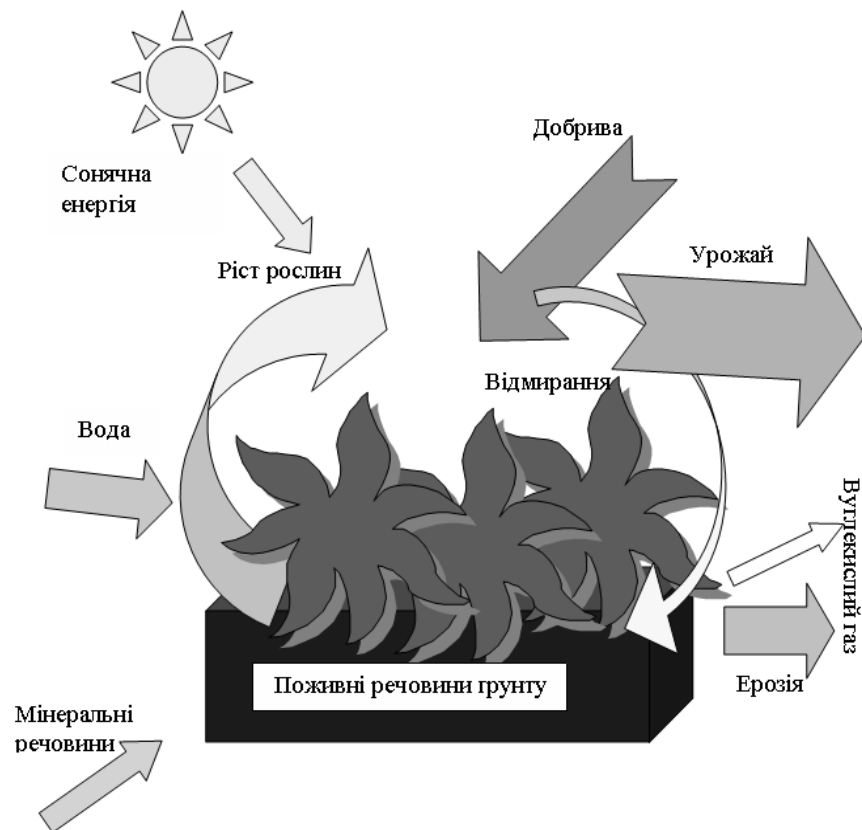


Рис. 7.2. Спрощена схема кругообігу речовин в агроекосистемах

продукції (цукру у цукрового буряка; зерна у зернових; ароматичних масел у ефіроолійних тощо) і зіставленні результатів з навантаженням на загальну екосистему регіону. Окремі види культур мають певну специфічність, що пов'язана як з морфологією, ростом і розвитком рослини, так і з характеристикою відповідного економічного (господарського) врожаю. На даний час основи агротехніки і підживлення розробляються не для культури взагалі, а безпосередньо для груп сортів (пивоварні, продовольчі, кормові) та областей вирощування. Але динаміка зростання сортів, формування врожаю та чутливості до окремих факторів настільки специфічна, що її необхідно обов'язково враховувати при розробці технології обробітку. Без урахування цього ефективність господарювання неминуче зменшиться, а додаткова енергія не окупиться відповідної надбавкою урожаю.

Механізм формування врожаю можна розглядати з різних точок зору. Наприклад, це і залежність урожаю від динаміки розвитку цілої рослини та окремих її органів або вплив екологічних факторів зовнішнього середовища на окремі компоненти агроєкосистеми. Кожен з вищевказаних напрямків в певних умовах відіграє важливу роль. При цьому асиміляція рослинами вуглекислого газу з повітря являє собою основний процес, що має провідне значення при формуванні врожаю. Всі інші фактори – прямі і непрямі, зовнішні і внутрішні, незначні і визначальні – впливають через зміни в інтенсивності формування врожаю та транспортуванні, розподілі і використанні асимілянтів.

Формування органічної речовини в агроєкосистемах визначається головним чином поєднанням трьох процесів, які у наведеній послідовності відповідають і проходженню їх у часі:

- 1 – поглинання (абсорбція) енергії сонячних променів посівами;
- 2 – ефективне використання поглиненої енергії для формування сухої речовини;
- 3 – розподіл і накопичення продуктів асиміляції.

Тобто фахівці повинні забезпечити таку агротехнологію, щоб динаміка екологічних факторів у посівах максимально відповідала зазначеним процесам з урахуванням розвитку в часі.

Енергія сонячних променів поглинається всіма органами рослин, причому більшою мірою пластинками листка і меншою – піхвами листка, стеблом, колосом і т. д. Для визначення здатності посівів поглинати сонячну радіацію зазвичай використовують показник покриття листям поверхні ґрунту, тобто індекс листової поверхні (ІЛП), який виражається відношенням площі асимілюючих органів до одиниці поверхні ґрунту (зазвичай  $1 \text{ м}^2$ ). Для визначення величини асиміляційної поверхні з урахуванням терміну її функціонування застосовують «фотосинтетичний потенціал посіву» (ФПП) – похідне від множення ІЛП на відповідний проміжок часу, який виражається звичайно в днях чи тижнях. Фотосинтетичний потенціал рослин (ФПР) – це сума асиміляційної поверхні (в  $\text{м}^2$ ) однієї рослини за певний проміжок вегетаційного періоду; основна одиниця його виміру –  $1 \text{ м}^2$  за 24 години.

Конкретні технологічні дії людини в агроecosистемах суттєво впливають на вищенаведені основні параметри, що визначають ККД продукційного процесу. Дуже важливим є просторовий розподіл продукуючих рослин з врахуванням динаміки ярусів та фаз розвитку. Наприклад, серед традицій землеробства корінного населення Америки висаджування трьох споріднених культур («Трьох сестер») разом: кукурудзи, гарбуза і квасолі. Кукурудза створює природну решітку, по якій піднімається квасоля, квасоля фіксує азот в ґрунті, який можуть використовувати інші рослини, а гарбуз росте близько до землі і тінню свого великого листя пригнічує розвиток бур'янів.

Морфологічна структура продукуючих рослин значною мірою визначає розподіл світла в агроecosистемах і швидкість дифузії газів, особливо вуглекислого газу та кисню. З ними тісно пов'язані й інші основні елементи мікроклімату посівів. Важливу роль грає адаптація листя нижніх ярусів до слабкої інтенсивності освітлення, а листя верхніх ярусів до освітлення

високої інтенсивності. Саме це забезпечує продуктивність загущених посівів – важливий напрямок загального підвищення продуктивності в агроценозів. Однак загушення культур різко збільшує ризик втрат в період несприятливої погоди і вимагає додаткової енергії на забезпечення страхування.

Підвищення швидкості фотосинтезу є одним з перспективних напрямів рослинництва. За сучасними даними, коефіцієнт використання сонячних променів при фотосинтезі можна збільшити приблизно в 10 разів. Це забезпечується селекцією або створенням оптимальних умов живлення рослин.

До теперішнього часу точні величини швидкості фотосинтезу, необхідні для максимальних урожаїв, не визначені, оскільки швидкість фотосинтезу – вирішальний чинник формування врожаїв лише тоді, коли усунуто лімітуючу дію інших факторів (наприклад, недостатнього мінерального живлення, дефіциту води, несприятливої структури посіву).

Урожай – це результат вироблення і розподілу ассімілянтів, що накопичуються в період розвитку рослини. Розподіл сухої речовини по окремих частинах рослини не менш важливий, ніж загальний урожай. Наочним прикладом цього служить різке підвищення врожаю зерна короткостебельних сортів зернових, при зменшенні частки соломи.

Пересування ассімілянтів залежить як від фази онтогенезу, так і від зовнішніх умов. При вивченні впливу температур на розподіл сухої речовини встановлено, що в умовах нормального теплового режиму у зернових відношення надземної частини до коренів стає вирішальним фактором, який регулює швидкість росту.

Основні матеріали для зростання будь-якої тканини – вуглеводи, мінеральні речовини і вода. Зміни в їх співвідношеннях можуть викликати відмінності в інтенсивності росту тканин, однак лише в тому випадку, коли один з основних матеріалів стає лімітуючим фактором.

Отже, зростання надземної частини залежить від інтенсивності подачі мінеральних речовин і води до коренів, а ріст коренів – від інтенсивності

надходження вуглеводів з надземної частини. У більшості випадків між двома цими процесами існує взаємодія.

Питомі затрати енергії в до індустріальному сільському господарстві були майже рівні з енергозатратами в природних екосистемах. З переходом на інтенсивне господарювання енергетичні витрати значно зросли, причому це зростання мало набагато більші масштаби, ніж підвищення продуктивності агроценозів (рис. 7.3.).

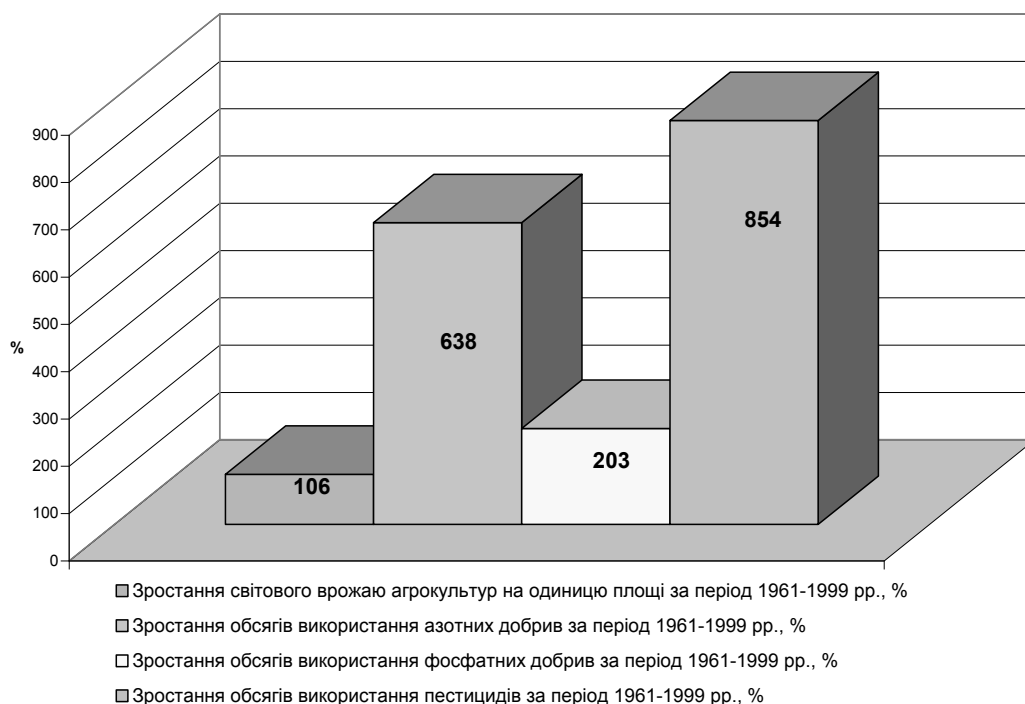


Рисунок 7.3. Порівняння зростання врожайності агрокультур та збільшення обсягів внесення добрив у другій половині XX століття

Формування екологічно збалансованих агроекосистем на сучасному техногенному етапі розвитку агросфери України є досить складним процесом. Він охоплює широке коло питань, розпочинаючи від складних фізико-хімічних і біологічних процесів у ґрунті, колообігу речовин і потоків енергії в агроекосистемах, трансформації органічної речовини, і закінчуючи удосконаленням спеціалізації аграрних виробничих систем, оптимізації

структури сільськогосподарських ландшафтів та організації території землекористування.

Стале сільське господарство залежить від місцевих умов, тому воно повинне використовувати методи і культури, адаптовані до ґрунту, опадів та інших регіональних особливостей. Багато знань, необхідних для того, щоб зробити господарювання більш раціональним з екологічної точки зору, отримані від традиційних сільськогосподарських систем, які менш енергоємні, використовують різноманіття культурних рослин та місцеві сорти. Вести стале сільське господарство означає представляти його як частину біосфери. Довготривалий успіх сільськогосподарської діяльності залежить від біорізноманіття фермерського господарства і природних екосистем, яке включає хижаків, що допомагають боротися зі шкідниками, природних запилювачів та багато ґрунтових організмів, які покращують родючість.



## 8. НАЙВАЖЛИВІШІ ЗАКОНИ АГРОЕКОЛОГІЇ

Для розуміння процесів, що відбуваються в агроекосистемах, велике значення мають закони, принципи та правила, які визначають закономірності її функціонування і дозволяють планування заходів з метою підтримки екологічної рівноваги й підвищення виходу корисної продукції.

Прийнято вважати, що закони екології – це середньостатистичні прояви певних причино-зумовлених явищ, а екологічні правила – сукупність природних закономірностей, що визначають функціонування популяцій чи екосистем.

Екологічні закони умовно поділяють на структурні, міжсистемні, функціональні, енергетичні та еволюційні.

### **Структурні закони:**

*Закон незамінності біосфери:*

Біосферу неможливо замінити штучно створеним середовищем.

*Закон фізико-хімічної єдності живої речовини, сформульований В. І. Вернадським:*

Вся жива речовина Землі має єдину фізико-хімічну природу. Те, що шкідливе для однієї її частини або виду, шкідливе і для іншої.

*Закон обмеженості природних ресурсів:*

Всі природні ресурси (і умови) Землі скінченні. «Невичерпними» вони є лише відносно наших потреб і часу існування.

### **Міжсистемні закони:**

*Закон зниження енергетичної ефективності природокористування:*

З часом при отриманні з природних систем корисної продукції на її одиницю в середньому витрачається дедалі більше енергії. Також збільшуються і енергетичні витрати на одну людину. Зокрема в кам'яному столітті витрата енергії на одну людину була близько 4000 ккал/добу, в аграрному суспільстві – 12000 ккал/добу, в індустріальну епоху – 70000 ккал/добу, а в розвинених країнах теперішнього часу – 230000-250000 ккал/добу, тобто в 58-62 разів вище, ніж у наших далеких предків. У ХХ

столітті приріст витрат енергії різко зріс. З початку минулого століття до сучасності кількість енергії, що витрачається на одиницю сільськогосподарської продукції, в розвинених країнах зростає в 8-10 разів. Загальна енергетична ефективність сільськогосподарського виробництва (співвідношення вкладень і одержуваної з готовою продукцією енергії) в промислово розвинених країнах приблизно в 30 разів нижча, ніж при примітивному землеробстві (табл. 8.1).

Таблиця 8. 1. Співвідношення затрат енергії та отриманого ефекту (випуск продукції в енергетичному вираженні).

<b>Спосіб господарювання та регіон</b>	<b>Співвідношення</b>
Підсічно-вогневе землеробство, басейн р. Конго	1:65
Підсічно-вогневе землеробство, Нова Гвінея	1:20
Обробіток кукурудзи із застосуванням добрив, Нігерія	1:10,5
Обробіток кукурудзи із застосуванням добрив і використанням с/г машин, Філіппіни	1:5
Виробництво кукурудзи, США	1:2-2,5

Закон зниження енергетичної ефективності природокористування переформулюється з четвертим законом екології Б. Коммонера «Нічого не дається дарма». Він має дуже важливий практичний наслідок: зростання енергетичних витрат не може тривати нескінченно.

*Закон спадаючої (природної) родючості:*

У зв'язку з постійним вилученням врожаю і порушенням природних процесів ґрунтоутворення, а також при тривалій монокультурі в результаті накопичення токсичних речовин, що виділяються рослинами, на культивованих землях поступово відбувається зниження природної родючості ґрунтів. Ряд сільськогосподарських культур (наприклад,

кукурудза) не виділяють токсичних для себе речовин, але і не захищають ґрунт від ерозії родючого шару.

*Закон граничної урожайності К. Пратта (1965):*

Зайве внесення добрив веде не до збільшення, а до зниження врожайності.

*Закон зростаючої урожайності:*

Агротехнічні та інші прогресивні прийоми ведення сільського господарства ведуть до збільшення врожайності (при цьому сама родючість як властивість ґрунтів не збільшується).

*Правило міри перетворення природних систем:*

Під час експлуатації природних систем не можна переходити меж, що дають цим системам змогу зберігати властивість самопідтримання (самоорганізації і саморегуляції). Надсистема високого рівня ієрархії може підтримувати деякі підсистеми зруйнованої системи нижчого рівня, але не відновлювати їх. Наприклад, чорноземи, що виникли в результаті зонального біогеоценотичного процесу, в лісостепах з початком їх розорювання зонально підтримуються, але поступово деградують, зберігаючи при цьому тенденцію до відновлення лише при створенні природних умов їх утворення.

*Висновки*

1. Проведення господарських заходів раціонально лише в рамках певних розмірів, вихід за які в меншу і більшу сторону знижує їх господарську ефективність.

2. Господарського впливу зазнає не тільки та система, на яку він спрямований, а й надсистеми, що намагаються нівелювати зміни. У зв'язку з цим витрати на перетворення природи ніколи не обмежуються лише вкладками в безпосередньо заплановані впливи.

*Правило інтегрального ресурсу:*

Галузі господарства, що конкурують у сфері використання конкретних природних систем, завдають тим більшої шкоди одна одній, чим значніше вони змінюють екологічний компонент, який спільно експлуатується

(енергія, вода, атмосфера, ґрунти, рослини-продуценти, організми консументи і редуценти), або всю екосистему загалом. Руйнування біоти заради одержання, наприклад, мінеральних ресурсів приводить в подальшому до неможливості життя людини в даному регіоні. Особливо помітно це на прикладі малих народів, що ведуть традиційне господарство. Руйнування природно-ресурсного потенціалу заради відомчих чи загальнодержавних цілей веде до неминучого вимирання цих народів, оскільки губиться основа їхнього існування.

*Принцип ієрархічної організації:*

Будь-яка біологічна система складається з ієрархічно розміщених підсистем. З ускладненням структури (переходом від нижчого ієрархічного рівня до вищого) формуються додаткові (унікальні) властивості.

*Принцип природності (або «принцип старого автомобіля»):*

Технічні системи керування природою з часом потребують дедалі більшого вкладання засобів аж до нераціональності їх підтримання, і тому природні («м'які») форми керування в кінцевому підсумку завжди ефективніші за технічні («жорсткі»).

*Принцип обманливого добробуту:*

Перші успіхи або невдачі в природокористуванні можуть бути обманливими: успіх заходів щодо перетворення або керування природою об'єктивно оцінюється лише після з'ясування ходу і результатів природних ланцюгових реакцій у межах природного циклу (декілька років).

*Принцип неповноти інформації (невизначеності):*

Інформація при проведенні акцій щодо перетворення природи завжди недостатня для апіорного судження про всі можливі результати заходів, що вживаються.

**Функціональні закони:**

*Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища:*

Будь-яка природна система може розвиватися лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий. Одним з наслідків цього закону є неможливість існування абсолютно безвідходних технологій.

*Принцип лімітуючих факторів:*

Якщо хоч один з екологічних факторів виходить за границі діапазону толерантності, він стає обмежувальним. Коли значення такого фактора ще не досягло летальної границі, але вже вийшло із зони оптимуму, організм відчуває фізіологічний стрес. Наприклад, для людини в гірських районах – це гірська хвороба, а на рівнині за підвищеного вмісту у воді нітратів – загальна кволість і депресія.

Принцип лімітуючих факторів об'єднує кілька законів екології:

*Закон мінімуму Лібіха:*

Якщо хоч один з екологічних факторів, які впливають на організм, наближається до мінімальної величини, то, незважаючи на оптимальне значення інших факторів, особинам загрожує загибель (так звана «бочка Лібіха (рис. 8.1)). Цей фактор називають обмежуючим або лімітуючим.

мінімальне  
значення  
(лімітуючий  
фактор)



Рис. 8.1. «Бочка Лібіха».

*Наслідки закону Лібіха (за Одумом):*

1. Закон Лібіха можна застосовувати без уточнень тільки до умов стаціонарного стану, коли притік енергії та речовин регулюється її витоком, тобто система перебуває у стані рівноваги.

2. Організм певною мірою здатний замінити дефіцитний чинник на інший функціонально близький. В певних умовах висока концентрація, достатність певної речовини або дія другого, не лімітуючого, фактора може змінювати потребу у мінімальній кількості речовини.

Наприклад, молюски замінюють кальцій стронцієм; рослинам, які ростуть на сонці, цинк потрібен менше, отож він перестає бути лімітуючим елементом.

*Закон толерантності Шелфорда:*

Присутність або процвітання популяції будь-яких організмів у даному місцезнаходженні залежить від комплексу екологічних факторів, до кожного з яких в організмі існує певний діапазон толерантності (витривалості). Діапазон толерантності по кожному фактору обмежений його мінімальним і максимальним значеннями, в межах яких тільки і може існувати організм («екологічний стандарт» виду). Ступінь процвітання популяції (або виду) в залежності від інтенсивності впливаючого на неї фактора зображують у вигляді так званої кривої толерантності, яка звичайно має дзвоноподібну форму з максимумом, який відповідає оптимальному значенню даного чинника (рис. 8.2).

*Закон однонаправленості потоку енергії (Р. Ліндеман):*

З одного трофічного рівня екологічної піраміди переходить на інший більш високий рівень у середньому близько 10% енергії, а зворотний потік становить не більше 0,25%.

*Закон оптимальності:*

Жодна система не може звужуватися і розширюватися до нескінченності; розмір будь-якої системи повинен відповідати її функціям.

*Закони Дансеро:*

1. *Закон оборотності біосфери:*

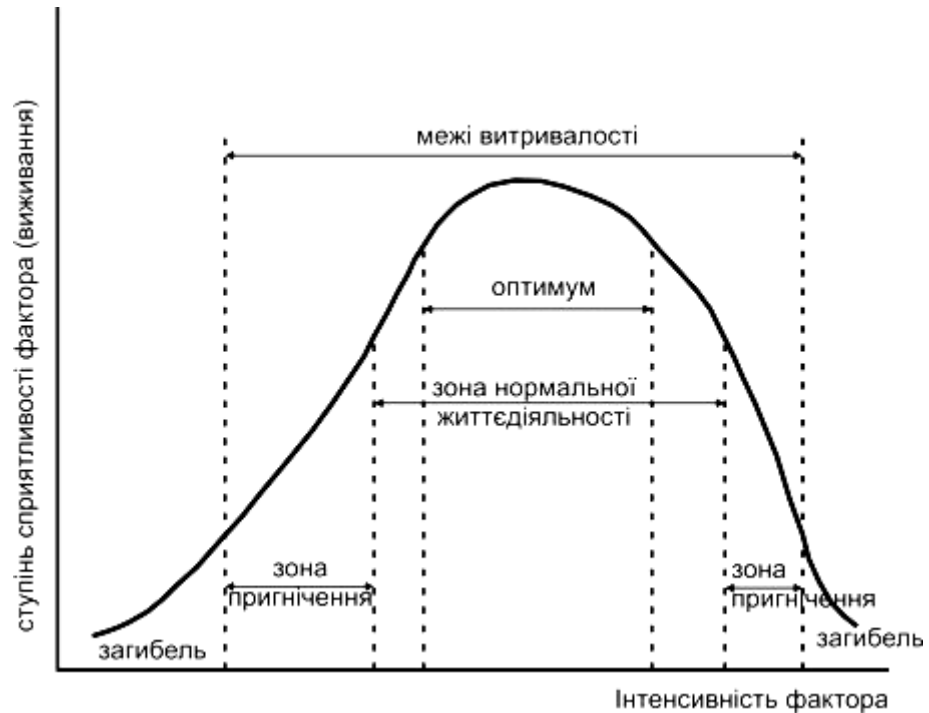


Рис. 8.2. Крива толерантності

*Закон піраміди енергій (закон Ліндемана або закон (правило) 10%):*

З одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший більш високий її рівень в середньому переходить не більше 10% енергії. Більший перехід енергії (або речовини в енергетичному вираженні) веде до несприятливих для екосистеми (і трофічного рівня, що витрачає енергію) наслідків.

Біосфера після припинення впливу на її компоненти антропогенних чинників обов'язково намагається завоювати «втрачені позиції», тобто зберегти і відновити свою екологічну рівновагу та стійкість. Наприклад, занедбані сільськогосподарські поля поступово (внаслідок сукцесії) повертаються у стан дикої природи.

*Закон зворотного зв'язку взаємодії людина – біосфера:*

Будь-яка зміна в природному середовищі, спричинена господарською діяльністю людини, має небажані наслідки для людини. Наприклад,

глобальне забруднення атмосфери призвело до виникнення парникового ефекту, утворення кислотних дощів тощо.

*Закон незворотності взаємодії людина – біосфера:*

Частина відновлюваних природних ресурсів може стати невідновлюваною, якщо людина своїми нераціональними заходами унеможливить їх відновлення. Наприклад, неконтрольоване полювання на стеллерову корову привело до її зникнення як біологічного виду.

*Загальнобіологічні принципи Бауера:*

1. Розвиток біологічних систем – результат збільшення ефекту зовнішньої роботи біосистеми у відповідь на отриману із зовнішнього середовища одиницю енергії.

2. Біосистеми мають самовідновлюватись, оскільки вони постійно виконують роботу і руйнуються. Внаслідок самовідновлення біосистеми зберігають антиентропійний стан відносно середовища мешкання.

*Закон максимізації енергії:*

У суперництві з іншими системами виживає (зберігається) та з них, яка найкраще сприяє надходженню енергії і використовує максимальну її кількість найефективнішим способом.

*Закон рівноцінності всіх умов життя:*

Усі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівноцінну роль.

*Закон сукупної дії природних чинників (закон Мітчерліха–Тінемана–Бауле):*

Величина врожаю залежить не від окремих, навіть лімітуючих чинників, а від усієї системної сукупності екологічних чинників одночасно. Коефіцієнт дії кожного чинника різний і може бути обчислений.

Експериментально встановлено, що в природі один екологічний фактор може впливати на інший, тому успіх виду в довкіллі залежить від взаємодії факторів. Наприклад, підвищена температура сприяє прискоренню випаровування вологи, зниження освітленості зумовлює зниження потреби



рослин у вмісті цинку в ґрунті, тварини важче переносять високі температури при значній вологості.

*Закон сукупної дії природних чинників* може розглядатися як поправка до *Закону мінімуму Лібіха*. Запропонована Мітчерліхом математична формула цього закону ( $\varphi = \varphi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ ) була першим математичним виразом явища взаємодії екологічних факторів.

*Закон неоднозначної дії чинників:*

Кожен екологічний чинник неоднаково впливає на різні функції організму; оптимум для одних процесів може бути песимумом для інших.

*Закон фазових реакцій (екологічної токсикології):*

Малі концентрації токсиканта діють на організм у напрямі підсилення його функцій (стимуляція), високі – у напрямі пригнічення (інгібування), ще вищі – призводять до смерті організму.

*Закон оптимальності:*

Із найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких просторово-часових межах. Необхідний пошук найкращих з погляду продуктивності розмірів сільськогосподарських полів, рослин, тварин.

*Закон послідовності проходження фаз розвитку:*

Фази розвитку природної системи можуть іти лише в еволюційно устанавленому порядку – від простого до складного.

*Правило оптимальної компонентної додатковості:*

Жодна екосистема не може самостійно існувати за штучно створеного значного надлишку або нестачі одного з екологічних компонентів.

*Закон збіднення різномірної живої речовини в острівних згущеннях:*

Індивідуальна система, що працює в середовищі з рівнем організації нижчим, ніж рівень самої системи, приречена і, поступово втрачаючи свою структуру, через деякий час розчиняється в навколишньому середовищі.

*Правило обов'язковості заповнення екологічної ніші:*

Ніша, яка пустує, завжди природно заповнюється.

*Правило географічного оптимуму:*

У центрі видового ареалу зазвичай складаються оптимальні для виду умови існування, які погіршуються до периферії зони мешкання виду.

*Правило максимального «тиску життя»:*

Організми розмножуються з інтенсивністю, що забезпечує максимально можливе їх число, яке обмежене місткістю середовища та іншими чинниками.

*Правило біологічного підсилення:*

Накопичення живими організмами хімічно стійких речовин (пестицидів, радіонуклідів тощо) призводить до біологічного підсилення їх дії в міру проходження біологічних циклів і трофічних ланцюгів.

*Принцип раптового підсилення патогенності:*

Епідемії та епіфітотії спричинюються:

✓ раптовим або швидким вселенням патогенного агента з потенційно високою швидкістю росту в екосистему, де механізм регуляції його чисельності відсутній або малоефективний;

✓ різкими або дуже сильними змінами середовища, внаслідок чого зменшується енергія, потрібна для регуляції за принципом зворотного зв'язку або яким-небудь іншим способом, що порушує здатність системи до саморегуляції.

*Закон екологічної кореляції:*

В екосистемі всі види живого та абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадіння однієї частини системи призводить до виключення всіх тісно пов'язаних з нею інших частин системи і функціональної зміни цілого.

*Біоценотичні принципи Тінемана:*

1. Чим різноманітніші умови існування, тим більше число видів у даному біоценозі. Наприклад, в тропічних лісах в умовах дуже великої різноманітності середовища життя до біоценозів входить величезна кількість видів і важко знайти місце, де поруч ростуть дві рослини одного виду

2. Чим більше відхиляються від норми (оптимуму) умови існування, тим бідніший на види біоценоз і тим більше особин матиме кожен вид. Наприклад, в монокультурі і в місцях інтенсивного забруднення середовища завжди мало видів, але чисельність особин в них звичайно висока, спостерігаються спалахи масового розмноження організмів.

Біоценотичні принципи Тінемана доповнює *біоценотичне правило Івлева*:

Міжвидова напруга (конкуренція) набагато значніша, ніж внутрішньовидові відносини (між особинами всередині кожного виду).

*Принцип конкурентного виключення Гаузе*:

Два види не можуть існувати в одній місцевості, якщо їх екологічні потреби ідентичні, тобто якщо вони займають одну й ту саму екологічну нішу. За обмежених можливостей просторово-часового розподілу один із видів виробляє нову екологічну нішу або зникає (рис. 8.3).

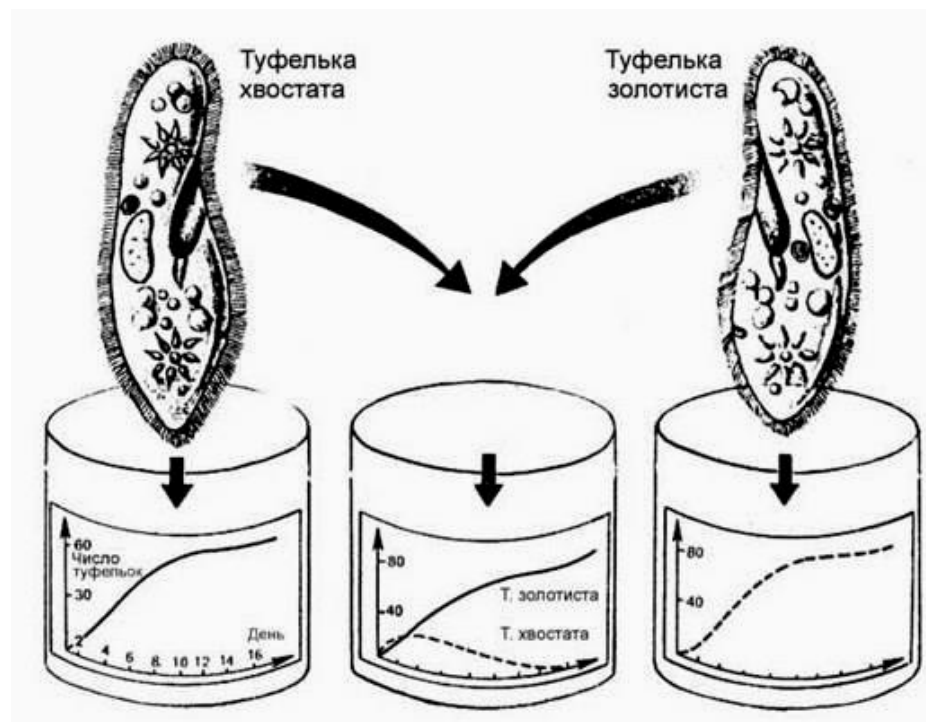


Рис. 8.3. Класична ілюстрація експериментального підтвердження принципу Гаузе

Відкриття принципу конкурентного виключення допомогло встановити, що для співіснування конкуруючих видів в насиченому середовищі необхідні певні екологічні відмінності між ними.

Конкуренція в екологічно-відмінних тварин може бути послаблена, завдяки тому, що їх активність припадає на різний час: одні (денні) активні вдень, інші – вночі (нічні). Близькоспоріднені (симпатричні) види тварин переважно мають різні харчові потреби, споживають зовсім різну їжу (рис. 8.4.). Наприклад, харчові раціони пустельних ящірок, що належать до різних симпатричних видів, складаються із мурашок, термітів, інших ящірок і рослин.

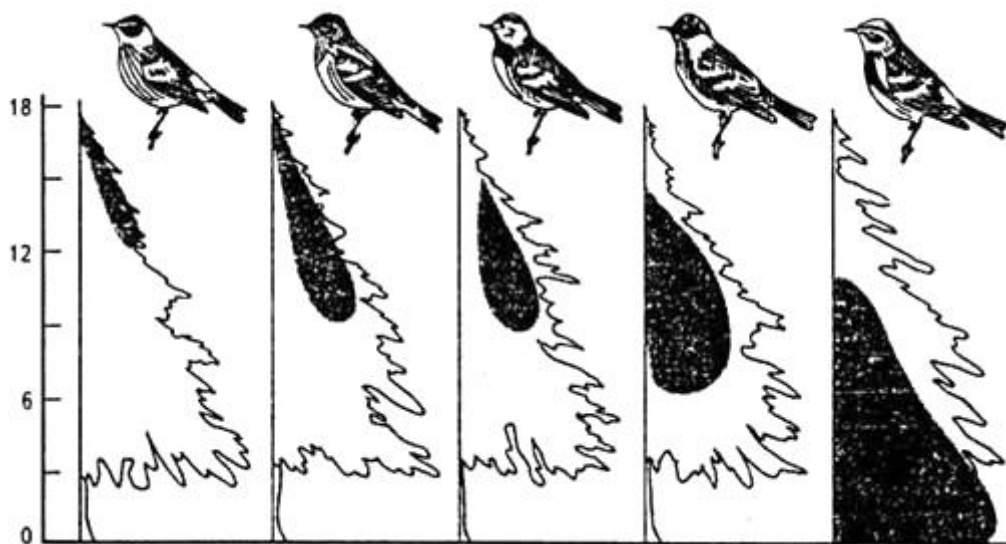


Рис. 8.4. Локалізація місць годування п'яти видів американських славок (*Dendroica*) у смерекових лісах штату Мен.

Аналогічним є приклад про розподіл кормових ресурсів території між різними видами травоядних тварин, що дозволяє їм співіснувати на одній території і знижує гостроту конкуренції. Копитні, що пасуться в африканських саванах, по-різному використовують корми пасовищ: зебри обривають, в основному, вершечки трав, антилопи гну живляться тим, що

залишають їм зебри, вибираючи при цьому певні види рослин, газелі вищипують найнижчі трави, а антилопи топі задовольняються високими сухими стеблами, що залишилися після трав'янистих

*Принцип суцесійного заміщення:*

Біотичні угруповання формують закономірну низку екосистем, що веде до найстійкішої в даних умовах природної системи – клімаксової в суто природних умовах або вузлової за природно-антропогенного режиму.

*Закон суцесійного уповільнення:*

Процеси, що відбуваються у зрілих рівноважних системах, які перебувають у стані рівноваги, як правило виявляють тенденцію до уповільнення. Заходи, що вживаються, викликають ефект лише в початковій фазі.

*Закони Коммонера:*

1. *«Все пов'язане з усім».* Будь-яке втручання в роботу збалансованого механізму біосфери викликає відповідь одразу за багатьма напрямками, що робить прогнозування екологічних наслідків надзвичайно складною справою.

2. *«Все має кудись діватися».* На прикладі біологічного кругообігу видно, як рештки й продукти життєдіяльності одних організмів є в природі джерелом існування для інших. Людина поки ще не створила такого гармонійного кругообігу в своїй господарській діяльності. Будь-яке виробництво постійно «випускає» принаймні дві речі – необхідну продукцію й відходи. Відходи самі собою не зникають: вони нагромаджуються, знову втягуються в кругообіг речовин і призводять до непередбачених наслідків.

3. *«Природа знає краще».* Штучне введення органічних речовин, які не існують у природі, але беруть участь у живій системі, швидше завдасть шкоди. Для будь-якої органічної субстанції, виробленої живими істотами, в природі є фермент, здатний цю субстанцію розкласти. Тому, коли людина синтезує нову органічну сполуку, яка за структурою значно відрізняється від природних речовин, цілком імовірно, що для неї немає розкладального ферменту, й ця речовина «накопичуватиметься».

4. «Ніщо не дається задарма». Глобальна екосистема являє собою єдине ціле, в межах якого ніщо не може бути вигране або втрачене й яке не може бути об'єктом загального поліпшення: все, що вилучається з неї людською працею, має бути відшкодоване.

### **Енергетичні закони:**

*Перший закон термодинаміки (закон збереження енергії):*

При всіх змінах, що відбуваються в ізольованій системі, загальна енергія системи залишається сталою:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W_y$$

де  $\Delta U$  – внутрішня енергія;  $\Delta Q$  – кількість теплоти, якою система обмінюється з навколишнім середовищем;  $\Delta W_y$  – робота.

Загальна кількість енергії, що її отримує рослина, тварина або людина за певний період часу, виявляється:

- ✓ у виділеній теплоті;
- ✓ у зовнішній роботі або речовинах, які виділяються;
- ✓ у збільшенні теплоти тіла в результаті росту або накопичення речовини.

*Другий закон термодинаміки:*

Процеси, пов'язані з перетвореннями енергії, можуть відбуватися самочинно лише за умови, що енергія переходить із концентрованої форми в розсіяну.

Інше формулювання: оскільки частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплоти, ефективність самочинного перетворення кінетичної енергії на потенціальну завжди менша за 100 %.

*Закон внутрішньої динамічної рівноваги:*

Речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з цих показників зумовлює супутні функціонально-структурні кількісні та якісні зміни, які зберігають загальну суму речовино-енергетичних, інформаційних, динамічних якостей систем.

*Емпіричні наслідки:*

*1. Правило ланцюгових реакцій:*

Будь-яка зміна середовища (речовини, енергії, динамічних якостей системи) супроводжується розвитком природних ланцюгових реакцій, спрямованих у бік нейтралізації цієї зміни.

*2. Правило нелінійності внутрішніх взаємодій:*

Взаємодія речовино-енергетичних екологічних компонентів кількісно нелінійна, тобто слабкий вплив або зміна одного з показників може спричинити значні відхилення інших і всієї системи загалом.

*3. Правило незворотності порушень:*

Зміни, що відбулися у великих екосистемах, відносно незворотні.

*4. Правило сталості еколого-економічного потенціалу*

Будь-яке місцеве перетворення природи зумовлює в глобальній сукупності біосфери і в її великих підрозділах відповідні реакції, які призводять до відносної незмінності еколого-економічного потенціалу.

*Закон одностороннього потоку енергії в біоценозах:*

Енергія, що її отримує біоценоз шляхом ендотермічного фотосинтезу автотрофними організмами-продуцентами, разом з їх біомасою передається гетеротрофним організмам-консументам і мікроорганізмам-редуцентам. Напрямок цього енергетичного потоку незворотний і виражається у формі екологічної піраміди.

*Правило Шредінгера:*

Для підтримання внутрішньої упорядкованості в системі необхідна постійна робота з вилучення невпорядкованості та підтримання процесів, спрямованих проти температурного градієнта.

*Правило 1%:*

Зміна енергетики природної системи в межах 1% виводить природну систему з рівноважного стану (гомеостазу).

*Правило 10%:*

Середньомаксимальний перехід 10% енергії (або речовини в енергетичному еквіваленті) з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший не призводить до несприятливих для екосистеми наслідків.

### **Еволюційні закони:**

#### *Закон спрямованості еволюції:*

Загальний хід еволюції завжди націлений на пристосування до геохронологічно змінюваних умов існування й обмежений ними.

#### *Закон (правило) незворотності еволюції (Л. Доллю):*

Організми (популяції, види) не можуть повернутися до попереднього стану, якщо кілька поколінь їхніх предків пройшли певний шлях розвитку.

#### *Закон прискорення еволюції:*

Швидкості формоутворення з плином геологічного часу зростають, а середня тривалість існування видів всередині більшої систематичної категорії зменшується; більш високоорганізовані форми існують менший період часу, ніж низькоорганізовані.

#### *Закон еволюційно-екологічної незворотності:*

Екосистема, яка втратила частину своїх елементів або замінилася на іншу внаслідок дисбалансу компонентів, не може повернутися до свого початкового стану, якщо відбулися еволюційні (мікроеволюційні) зміни в екологічних елементах (збережених або тимчасово втрачених).

#### *Закон біоенергетичний (Е. Геккеля і Ф. Мюллера):*

Організм (особина) в індивідуальному розвитку (онтогенез) повторює в скороченому і закономірно зміненому вигляді історичний (еволюційний) розвиток свого виду (філогенез).



## 9. ЗМІНИ КЛІМАТУ – ПРИЧИНИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

*Клімат* – сукупність абіотичних факторів (температура, вологість, тривалість світлового дня), які домінують на певній ділянці Землі. Клімат значно впливає на всі процеси в біосфері, такі як ґрунтоутворення, адаптація живих організмів тощо.

З роками проблема кліматичних змін набуває все більшої актуальності. Невпинне підвищення температури та явища, які його супроводжують, здійснюють значний вплив на навколишнє середовище, зміщуючи межі природних зон і ареалів, порушуючи фенологічні процеси та спричиняючи стихійні лиха. Дія змін клімату позначається не лише на природних екосистемах, а й на агроценозах, особливості функціонування яких значно збільшують їх вразливість до несприятливих чинників довкілля. В умовах постійного зростання чисельності населення Землі надзвичайно гостро постає і питання продовольства, тому дослідження впливу кліматичних змін на агроекосистеми також має важливе практичне значення.

В історичному плані клімат змінювався багато разів, в тому числі і за останні тисячу років. Наприклад, до нашої ери на території Європи (до Середземномор'я) переважали широколистяні ліси помірного клімату (бук, граб, дуб тощо). Потепління в період до Ранняго Середньовіччя сприяло поширенню субтропічної рослинності. Але поступове похолодання, яке тривало до XVI століття, негативно позначилось на флорі субтропіків та стало причиною значного скороченні лісів Середземномор'я. Ці зміни клімату мали природну причину, адже рівень антропогенного навантаження на природні екосистеми на той період був незначним. Наступне глобальне потепління розпочалося з кінця XVIII – початку XIX століття і триває до сьогодення.

Вперше на проблему підвищення середньорічної температури звернув увагу французький математик Ж. Фур'є в 1824 році. Англійський фізик Дж. Тиндаль у 1869 році своїми дослідженнями показав, що діоксид карбону

може екранувати інфрачервоне випромінювання Землі подібно водяній парі. Наприкінці XIX століття шведський хімік С. Арреніус висунув ідею про можливість зміни клімату внаслідок збільшення кількості тепла, яке надходить в атмосферу. Крім того, Арреніус звернув увагу на збільшення концентрації діоксиду карбону в атмосфері внаслідок господарської діяльності людини. Ідея про те, що збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері може впливати на клімат в бік його потепління належить англійському геологу Р. Шерлоку.

За даними Центру досліджень і прогнозу клімату Великобританії, зміна середньорічної температури на землі носить коливальний характер навіть протягом відносно невеликого проміжку часу (XX століття). Перший максимум потепління спостерігався в кінці 30-х і початку 40-х років XX-го століття, коли середньорічна температура піднялась на 0,6°C в порівнянні з XIX століттям. Далі до середини 60-х років відзначалось деяке похолодання на 0,3°C, а потім почалось поступове зростання середньорічної температури що продовжується і до сьогоднішнього часу. За даними Національного агентства США з аеронавтики і досліджень космічного простору (НАСА), за період XX-го століття середньорічна температура Землі зросла на 0,8°C, причому найбільш інтенсивний її ріст спостерігається з початку 90-х років.

Клімат на нашій планеті змінюється досить швидко, і головним з чинників, які провокують ці зміни, є антропогенна діяльність, зокрема, викиди парникових газів – CO<sub>2</sub>, метану (CH<sub>4</sub>), закису азоту (N<sub>2</sub>O) та вуглеводнів, які містять фтор, хлор і бром.

Більша частина сонячного світла проходить через атмосферу Землі і нагріває її поверхню, яка повертає енергію в атмосферу у вигляді інфрачервоного випромінювання. Парникові гази поглинають це тепло та повертають його назад. Таке «захоплення» енергії Сонця отримало назву парниковий ефект (рис. 9.1). До речі, без природного парникового ефекту Земля була б холодною та безжиттєвою, як Марс. Якщо ідеально теплопровідне чорне тіло знаходилося б на такій же відстані від Сонця, як

Земля, воно мало б температуру близько  $5,3^{\circ}\text{C}$ . Однак, оскільки Земля відбиває близько 30% від вхідного сонячного світла, ефективна температура цієї гіпотетичної планети, яка випромінює таку ж кількість радіації, становитиме близько  $-18^{\circ}\text{C}$ . Це на  $33^{\circ}\text{C}$  менше фактичної температури поверхні Землі (близько  $14^{\circ}\text{C}$ ). Механізмом, що забезпечує дану різницю, і є парниковий ефект.



Рис. 9.1. Механізм парникового ефекту

[[http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/climate\\_change/greenhouse\\_effect\\_rev2.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/climate_change/greenhouse_effect_rev2.shtml)]

Посилення парникового ефекту пояснюється незбалансованою щодо навколишнього середовища діяльністю людства, наслідком господарювання якого є зростання викидів в атмосферу і її забруднення. За даними Інституту світової економіки й міжнародних відносин РАН, за столітній період до 1985 року із земних надр було добуто 137 млрд. тонн вугілля, майже 47 млрд. тонн нафти, 20 трильйонів кубометрів газу. Відзначається ріст темпів споживання цих енергоносіїв. Лише за чверть віку від 1950 до 1975 року споживання всіх видів викопних енергоресурсів у світі збільшилося в 3 рази, у тому числі нафтопродуктів – в 5 разів, а електроенергії – в 7 разів. Причому якщо за цей період сумарно було використано 100 млрд. тонн умовного палива, то в 70 роках його споживання складало вже до 10 млрд. тонн щорічно.

Власне, кліматичні зміни не означають просте підвищення температури. Під усталеним терміном «глобальна зміна клімату» розуміють перебудову всіх геосистем, а потепління розглядають лише як один з аспектів змін. Дані багаторічних спостережень свідчать про підвищення рівня Світового океану, танення льодовиків і вічної мерзлоти, посилення нерівномірності випадання опадів, зміну режиму стоку річок та про інші глобальні явища, пов'язані з нестійкістю клімату.

За прогнозами Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) в найближчі 20 років зростання температури складе в середньому  $0,2^{\circ}\text{C}$  за десятиліття, а до кінця 21 століття температура Землі може підвищитися на  $1,8-4,6^{\circ}\text{C}$  (така різниця в даних – результат комплексу моделей майбутнього клімату, в яких враховувалися різні сценарії розвитку світової економіки і суспільства). Ніколи ще середня температура планети не змінювалася з такою неймовірною швидкістю:  $0,74$  градуса за 100 років, з них  $0,5$  – за останні 50 років. Така безпрецедентна швидкість не характерна для природних циклічних процесів і утруднює пристосування біологічних видів та екосистем до кліматичних змін. Зафіксоване за останні п'ятдесят років потепління є нетиповим принаймні для останніх 1300 років.

Головний критерій, який відрізняє теперішні зміни клімату від минулих, полягає в поєднанні їхнього впливу з великою кількістю інших факторів стресу, що ускладнює можливості прогнозування. В 2007 р. актуальність еколого-економічних та соціальних проблем, які постали перед людством у зв'язку з глобальною зміною клімату, визнано Нобелівським комітетом. В тому ж році УААН розпочала розробку концепції загальнодержавної програми «Екологічні, біологічні та агробіологічні наслідки довгострокових змін клімату в Україні та заходи запобігання їхньої негативної дії» на 2008-2012 роки.

Останнім часом на планеті реєструються численні порушення абіотичних і біологічних систем. Частота цих порушень вища в північній півкулі, що співпадає з широтним розподілом потепління. Вплив змін

клімату на екосистеми суші проявляється через зміщення ареалів видів, більш ранній початок весняних явищ та сівби, збільшення вегетаційного періоду, зміни в поширенні переносників збудників інфекційних хвороб та масове поширення шкідників. Крім того, підвищення температури і зміна режимів опадів сприяють розмноженню певних патогенних мікроорганізмів, провокуючи, таким чином, спалахи хвороб. Весняне потепління спричиняє пробудження біологічної активності, пов'язаної з ростом та розмноженням багатьох видів, тому можна вважати, що зміна клімату впливає і на фенологічні явища, а різні фенологічні реакції в свою чергу здатні призвести до порушення взаємозв'язків в екосистемах.

В Україні кліматичні зміни призвели до переміщення меж природних зон. Зі зміною зональності змінились агрометеорологічні умови вирощування сільськогосподарських культур, особливо умови перезимівлі озимих. Період з температурою  $<0^{\circ}\text{C}$  зменшився на 20 днів. Незважаючи на деяке збільшення кількості опадів, сніговий покрив став нестабільним. Значні коливання температури від аномально високих до аномально низьких спричиняють абіотичні стреси рослин. М'який, теплий характер зими сприяє активізації шкідників та хвороб с.-г. культур. Відомо, що потепління клімату оптимізує для комах характеристики екологічних чинників довкілля, сприяє їх розмноженню та поширенню.

Складність аналізу впливу змін клімату на агрокультури полягає в тому, що агроекосистеми є еколого-економічними системами і їх продуктивність залежить ще й від економічного стану сільськогосподарського виробництва. Одним із можливих напрямків дослідження є, поряд з вивченням агроценозів, аналіз екологічних процесів, які відбуваються в напівприродних екосистемах. Вкраплені в агроландшафт фрагменти напівприродної рослинності (цілинні ділянки, залишки степів, луки) максимально наближені до агроекосистем, але, в порівнянні з останніми, майже не підпадають під антропогенний тиск, що створює передумови для дослідження ефектів від кліматичних змін. Однак в будь-

якому випадку зміни продуктивності та фітосанітарного стану посівів не викликають сумнівів.

Кліматичні фактори, особливо термічні, впливають на стан і функціонування компонентів наземних екосистем, географічний розподіл біоти, сезонні зміни, видовий склад екосистем, біорізноманіття та продуктивність. Біологічні види в процесі еволюції і коєволюції сформували спеціалізовані механізми адаптації до довгострокових кліматичних змін. Ступінь уразливості екосистем до змін клімату залежить від структурних та функціональних взаємозв'язків, сталого характеру взаємодії між біо- і абіотичними складовими.

Основні небезпеки глобальної зміни клімату вбік потепління полягають в наступному:

- ✓ підвищення активності планетарної циркуляції атмосфери;
- ✓ «бурхливий» характер клімату;
- ✓ збільшення повторюваності на землі стихійних явищ погоди – ураганів, смерчів, тайфунів, злив, повеней, посух;
- ✓ нестійкий температурний режим й природне зволоження;
- ✓ нестача питної води: більше 3 млн людей на Близькому Сході та на індійському субконтиненті можуть стикнутися з гострою нестачею води внаслідок танення льодових покривів гір;
- ✓ підвищення рівня Світового океану (на 30-40 см при потеплінні на 1<sup>0</sup>C) – в основному за рахунок танення льодовиків і теплового розширення морських вод;
- ✓ оптимальні кліматичні границі сільського господарства будуть зрушені на 200-300 км на 1<sup>0</sup>C потепління (або 100 км за десятиліття при глобальному потеплінні на 3<sup>0</sup>C до 2060 року) тощо;
- ✓ за даними ООН, економічні збитки, спричинені змінами клімату, подвоюються кожні 10 років. Одним з наслідків підвищення рівня Світового океану може стати затоплення багатьох острівних держав – океан уже

перерівав навпіл атол Картерет, що належить до території Папуа-Нова Гвінея, і до 2015 року прогнозується повне обезлюднення цього острова.

Спостереження за зростанням глобальної середньої температури повітря та океану, розширенням лінії танення снігів і льодовиків, підвищенням рівня Світового океану, регіональними змінами характеру опадів та змінами у природних катаклізмах (включаючи посухи, спеку, інтенсивність тропічних циклонів) забезпечують наявність переконливих доказів того, що кліматична система змінюється. За даними МГЕЗК, нині на планеті спостерігаються численні прояви глобальних кліматичних змін (рис. 9.2), включаючи наступні:

- ✓ глобальний середній рівень моря з 1961 р. підвищувався зі швидкістю 1,8 (1,3-2,3) мм/рік, а з 1993 р. – 3,1 (2,4-3,8) мм/рік;

- ✓ з 1978 р. середньорічна площа арктичного морського льоду зменшується на 2,7% (2,1–3,3%) за десятиліття, причому влітку цей процес пришвидшується до 7,4% (5,0–9,8%) за десятиліття;

- ✓ з 1900 р. відмічається значне зростання середньорічної кількості опадів на сході Південної та Північної Америки, на півночі Європи, в східній і центральній Азії. При цьому в Сахелі, Середземномор'ї, на півдні Африки та Азії кількість опадів зменшилася.

В лютому 2007 року МГЕЗК висловила переконання, що на глобальний клімат впливає саме діяльність людини, оскільки:

- ✓ глобальні концентрації в атмосфері двоокису вуглецю, метану і оксиду азоту істотно зростали в результаті діяльності людини починаючи з 1750 року і тепер значно перевищують доіндустріальні рівні;

- ✓ глобальні викиди парникових газів тільки за період 1970 – 2004 рр. зросли більш ніж на 70%;

- ✓ палеокліматична інформація (з льодових кернів і річних кілець) підтверджує, що зафіксоване за останні п'ятдесят років потепління є нетиповим принаймні для останніх 1300 років;

✓ існує висока ймовірність (яка оцінюється у 90%, а отже можна говорити про дуже високий ступінь достовірності), що більшість спостережуваних випадків підвищення світових середніх температур, починаючи з середини 20 століття, пов'язані зі збільшенням концентрації антропогенних парникових газів;

✓ за низкою сценаріїв викидів протягом наступних двох десятиліть очікується підвищення світової температури в середньому на  $0,2^{\circ}\text{C}$  за кожне десятиліття;

✓ подальші викиди парникових газів у теперішніх обсягах можуть спричинити продовження потепління і спровокувати багато змін у кліматичній системі Землі протягом 21 століття, які будуть набагато масштабнішими, ніж ті, що спостерігалися протягом 20 століття. Прогнозовані наслідки включають зміни характеру місцевих вітрів і опадів, поширення природних катаклізмів, а також підняття рівня Світового океану.

Одним з прогнозованих наслідків зміни клімату є зміщення ареалів видів в напрямку полюсів (тобто зміщення на північ у північній півкулі і зміщення на південь у південній півкулі). Це пов'язано з тим, що клімат, як правило, стає холоднішим чимдалі від екватора, а отже очікується, що внаслідок кліматичних змін певні кліматичні режими будуть рухатися до більш високих широт.

В Україні зміщення ареалів вже спостерігається (рис. 9.3). Первісний природний ареал Трихофера польового (*Trichoferus campestris*, Faldermann, 1835) охоплював Закавказзя, Центральну Азію, Монголію й Далекий Схід. Після 2000-го року ця комаха поширилася у південній частині Західного Сибіру, до Південного та Центрального Уралу, до Ярославля і Москви на півночі; на заході вид проник у Центральну Європу включно із Україною, Румунією, Угорщиною, Чехією та Польщею.

До кінця ХХ століття вважалося, що жук лейоп булавоногий (*Leiopus femoratus*, Fairmaire, 1859) був поширений лише на теренах Чорноморського



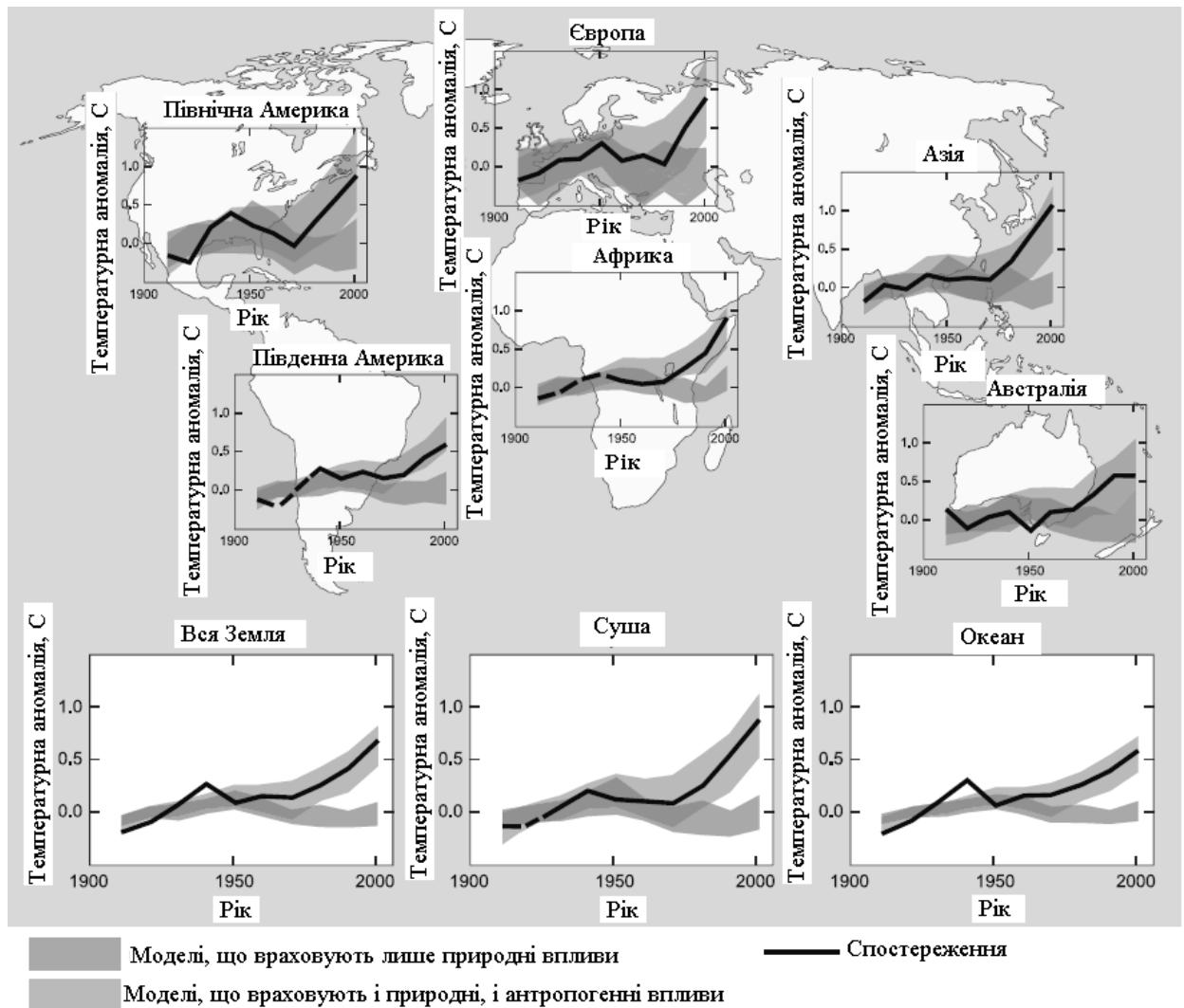


Рис. 9.2. Порівняння змін приземної температури з результатами, отриманими за допомогою моделювання (переривчаста лінія характеризує період, для якого територіальний обхват спостережень становив менше 50%.

[[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_ru.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf)]

басейну: у Болгарії, Туреччині, Криму, на Кавказі. Однак, з кінця 1990-х років цей вид повсюдно знаходять у Південній, Центральній та Східній Європі. Так, у 1997 році його було виявлено у Полтавській області України, Ростовській області та Краснодарському краї Росії, у 1999 році – у Франції, 2002-го – в материковій Італії та на Сицилії, 2003 – у Сербії, 2006 – в Румунії, 2007 – в Харківській області, у 2010 році – в Угорщині.

Жук агепантія артишокова (*Agapanthia cynarae*, Germar, 1817) до початку ХХІ століття була розповсюджена на території північно-східного Середземномор'я (острів Сицилія, Апенніни, Балкани, острів Крит) та Чорноморського басейну (Мала Азія, Кавказ, Крим та Приазов'я). За межами цього ареалу агепантія артишокова вперше була виявлена в заповіднику "Медобори" (Тернопільська обл.) ще у 1997 році. Пізніше даний вид знайдено у Івано-Франківській області в Дністровському каньйоні та в Галицькому національному парку.

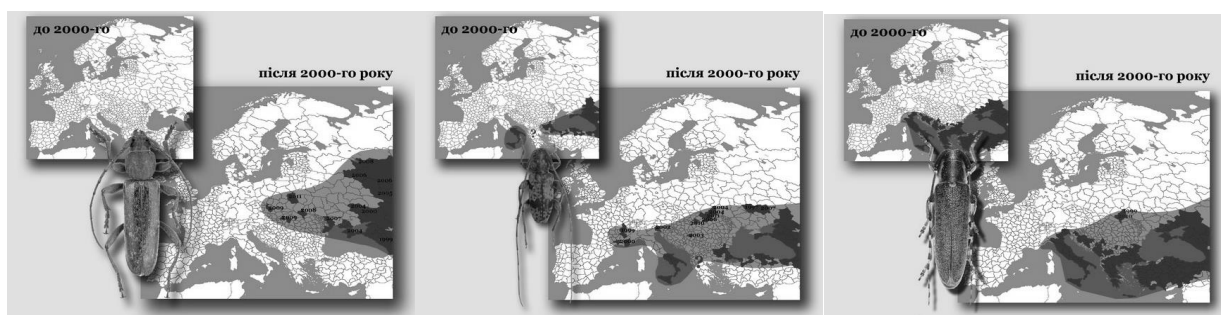


Рисунок 9.3. Зміни ареалів жуків трихофера польового, лейопа булавоногого та агепантії артишокової на Європейському континенті

[<http://www.naturalist.if.ua/?p=4723>]

Внаслідок кліматичних змін ареали зміщуються не тільки в напрямку полюсів, а і до більших висот над рівнем моря. Флора і фауна Карпатських гір вже реагують на зміну клімату – дерева починають рости на більшій висоті, інші види піднімаються у гори слідом за ними (рис. 9.4).

Жук анагліпт загадковий (*Anaglyptus mysticus* Linnaeus, 1758) за кілька останніх років проник у Карпати (околиці с. Татарів, Івано-Франківська область), де він ніколи не траплявся раніше. Його ареал досі обмежувався середньосічневою температурою  $-6^{\circ}\text{C}$  та середньорічною кількістю опадів 900 мм. На Передкарпатті, щонайближче до Карпат, даний вид був відомий з околиць м. Калуша (Івано-Франківська область) та м. Трускавця (Львівська область).

Жук вусач хатній (*Hylotrupes bajulus* Linnaeus, 1756) раніше траплявся тільки на Передкарпатті, підступаючи до межі гір, а також його спорадично відмічали на Поділлі й Розточчі. Південно-західна межа його ареалу по Передкарпаттю визначена конкурентним взаємовитісненням. Жуки вусач хатній та плосковус фіолетовий (*Callidium violaceum* Linnaeus, 1758) займають спільну екологічну нішу, однак плосковус фіолетовий більш толерантний до низьких температур і високого зволоження. За змін клімату вусач хатній проник у гірську частину, поступово витісняючи плосковуса фіолетового з гірських долин вгору.

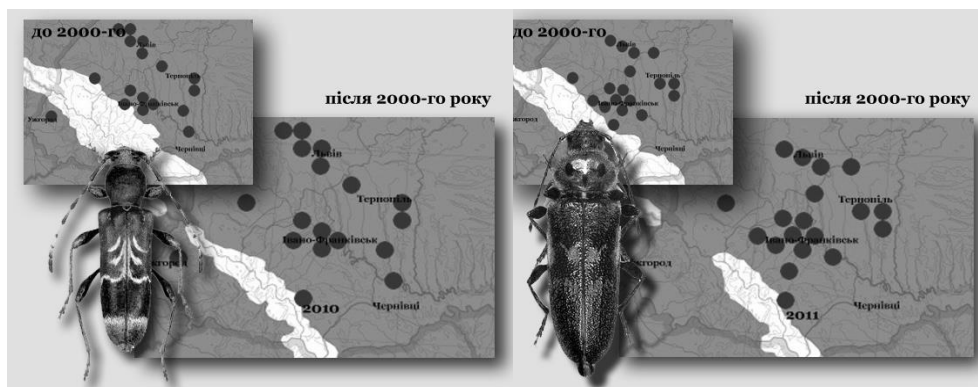


Рис. 9.4. Зміна ареалів жуків анагліпта загадкового та вусача хатнього у Карпатському регіоні України [<http://www.naturalist.if.ua/?p=4723>]

За результатами екологічного моделювання наслідків змін клімату встановлено, що через 20-40 років втрати біорізноманяття можуть скласти близько 30%, а його надбання за рахунок вселенців – до 4%.

Природні системи являють собою складну мережу взаємодій і взаємозв'язків між видами. Окремі види та їх взаємодії – мутуалістичні, конкурентні, хижацькі, симбіотичні або паразитичні – утворюють біоценози. Тому вплив зміни клімату на окремих видів може істотно позначитися на багатьох інших видах, призводячи до змін в цілих екосистемах. Зміни клімату можна вважати серйозною причиною для збільшення зусиль, спрямованих на збереження видів. Екосистеми і біорізноманіття, яке вони

підтримують, мають величезне значення для людського суспільства, забезпечуючи його багатьма товарами та послугами, включаючи переробку відходів, відновлення родючості ґрунтів, запилення сільськогосподарських культур і регулювання клімату

З кліматом тісно пов'язані і фенологічні явища, зокрема відкладання яєць та міграція птахів, цвітіння і плодоношення рослин, репродуктивні періоди тощо. На південному сході України середньорічна температура за останні шістьдесят років підвищилася на 1,3°C. Через це у рослин весняні фенофази перемістилися на більш ранні терміни, трапляються випадки передчасного цвітіння. Кількість опадів зросла на 20%, але тривалі бездощові періоди і висока температура повітря, яка підвищує випаровуваність, ослаблюють рослини в період посух.

Аналіз тенденцій зміни термінів міграції птахів у районі Канівського заповідника за останні чотири десятиліття (1970-2010 рр.) показав зрушення весняного прильоту 12 видів. У таких видів як сіра чапля (*Ardea cinerea*), канюк (*Buteo buteo*), припутень (*Columba palumbus*), зозуля (*Cuculus canorus*), польовий жайворонок (*Alauda arvensis*), чорний (*Turdus merula*) і співочий (*T. philomelos*) дрозди, чорноголова кропив'янка (*Sylvia atricapilla*), зяблик (*Fringilla coelebs*), зеленяк (*Chloris chloris*) і коноплянка (*Acanthis cannabina*) відзначаються більш ранні терміни прильоту. В одного виду – звичайної горлиці (*Streptopelia turtur*) – строки весняного прильоту змінюються у бік більш пізніх дат. Щодо осінньої міграції, для звичайної бджолоїдки (*Merops apiaster*) та білої плиски (*Motacilla alba*) виявлена тенденція до зміщення термінів останнього спостереження у бік ранніх дат, для сільської ластівки (*Hirundo rustica*) і шпака (*Sturnus vulgaris*) – більш пізніх. Відзначаються зміни термінів міграції для видів птахів, що прилітають на зимівлю: строки прильоту восени стають більш ранніми, а відльоту навесні – більш пізніми. Така тенденція помітно виражена у снігура (*Pyrhula pyrrhula*) і омелюха (*Bombycilla garrulus*).

Оскільки внаслідок глобальних змін клімату порушується природна зональність і зрушуються ареали видів, це призводить до поширення міжвидової гібридизації. Наприклад, відбувається схрещування ховраха європейського і ховраха подільського, тхора лісового і тхора степового, тхора лісового і норки європейської, нічниці великої і нічниці гостровухої, зайця сірого і білого.

У зв'язку зі змінами просторово-часової структури кліматичних умов території України, її агрокліматичні ресурси у сучасний період зазнають змін за своїм потенціалом і просторовим розподілом (рис. 9.5; 9.6).

З огляду на те, що на більшій частині нашої держави у вегетаційний період основним лімітуючим чинником урожайності культур є незадовільні умови вологозабезпечення, важливого науково-практичного значення набуває оцінка ступеня сприятливості природного потенціалу зволоження території для функціонування галузей рослинництва.



Рисунок 9.5. Агрокліматичне районування території України за розподілом гідротермічного коефіцієнта за період 1961 – 1990 роки.



Рисунок 9.6. Агрокліматичне районування території України за розподілом гідротермічного коефіцієнта за період 1991 - 2007 роки.

Хоча більшість прогнозів оцінюють кліматичні зміни досить негативно для сільського господарства, дослідження впливу глобального потепління на продуктивність кукурудзи показало, що в умовах подвоєння в повітрі вмісту CO<sub>2</sub> і збільшення CO<sub>2</sub> на 30% температурний режим ранньовесняних місяців (прогрівання повітря і ґрунту) дозволяє сіяти цю культуру вже в середині березня, а сходи можна отримати в кінці того ж місяця. Значно змістяться і дати початку фенологічних фаз розвитку кукурудзи на більш ранній строк. Вегетаційний період в середньому скоротиться на 10 – 20 днів для ранніх і на 30 – 40 днів для середньопізніх і пізніх гібридів.

До речі, кукурудза – типова C<sub>4</sub>-рослина (включає CO<sub>2</sub> у сполуку з 4 атомами Карбону), яка має значні можливості адаптації до підвищених температур. В її листках відбуваються специфічні біохімічні зміни, які підтримують баланс між різними складовими фотосинтетичного апарату.

C<sub>4</sub>-рослини здійснюють фотосинтез ефективніше ніж C<sub>3</sub>-рослини, оскільки вони даремно не витрачають зафіксований вуглець. При підвищенні температури у C<sub>4</sub>-рослин збільшується ефективність використання азоту в фотосинтетичних структурах. C<sub>4</sub>-рослини мають здатність поглинати CO<sub>2</sub> з

мінімальною втратою води і вони більш економно утилізують вуглекислий газ. Вважається, що потепління клімату на  $C_4$ -рослини вплине менше, ніж на  $C_3$ -рослини, оскільки в них інтенсивність фотосинтезу при підвищених температурах і освітленні збільшується. До таких рослин належить лише близько 3% всього рослинного біорізноманіття Землі.

Озима пшениця, озимий ячмінь та горох відносяться до  $C_3$ -рослин, які характерні для областей помірного клімату. Вони чутливі до ультрафіолетового опромінення, їхня оптимальна денна температура для фіксації  $CO_2$  – від  $+15$  до  $+25^\circ C$ , тоді як у  $C_4$ -рослин – від  $+25$  до  $+45^\circ C$ . Крім того,  $C_3$ -рослини уповільнюють фотосинтез при надмірі вуглекислого газу в повітрі, синтезуючи менше протеїнів, якими живляться комахи. Тому вони більше ушкоджуються шкідниками, які для підтримання трофічного балансу повинні активніше поїдати зелену масу.

В умовах нинішніх кліматичних змін, спричинених переважно антропогенною діяльністю, зокрема, збільшенням концентрації в атмосфері вуглекислого газу та інших парникових газів, переважна більшість рослин ( $C_3$ -рослини, до яких належать основні сільськогосподарські культури) опинилася в не вигідному становищі. Незважаючи на те, що рослини  $C_3$ -типу більш конкурентоздатні в змішаних спільнотах, де існує ярусність та широка варіабельність параметрів навколишнього середовища, і створюють більшу частину фотосинтетичної продукції світу, зміни клімату позначаються на них досить негативно. Причиною цього є не тільки фотосинтетичні особливості. Кліматичні зміни призвели до переміщення меж природних зон, внаслідок чого змінились і агрометеорологічні умови вирощування рослин, особливо умови перезимівлі озимих. Значні коливання температури спричиняють абіотичні стреси рослин, а м'який характер зими сприяє поширенню шкідників та хвороб с.-г. культур. Спад урожайності не лише створює загрозу для продовольчої ситуації, а й провокує використання все більшої кількості хімічних добрив та пестицидів, що не може не

позначатися на стані навколишнього природного середовища та здоров'ї людства.

В той же час спостерігається зростання продуктивності  $C_4$ -рослин (наприклад, кукурудзи), які ефективніше накопичують і використовують  $CO_2$ . До них також належать цукрова тростина, сорго, просо, амарант та ще близько 20 родин покритонасінних. Останнім часом популярність цих рослин значно зросла і їм відводиться важлива роль в майбутньому забезпеченні людства продовольством.



## 10. ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ДОБРИВАМИ

Добрива – це речовини, що містять елементи, необхідні для живлення рослин або регулювання властивостей ґрунту. Мінеральні добрива включають елементи живлення у вигляді мінеральних солей. Переважно їх отримують штучним шляхом з природних з'єднань або синтезують в промислових умовах.

Добрива поділяють на прямі (такі, що містять безпосередньо елементи живлення рослин) та непрямі (покрощують властивості ґрунтів – наприклад, гіпс, вапно).

За складом розрізняють:

- мінеральні добрива;
- органічні добрива;
- органо-мінеральні добрива:
- природні — сапропель,
- штучні — торфоаміачні, торфомінеральноаміачні та ін.,
- бактеріальні добрива;
- зелені добрива (свіжа зелена маса переважно бобових рослин, що заорюється в ґрунт для збагачення його органічними речовинами та азотом).

Добрива, що отримують безпосередньо в господарствах, називаються місцевими (гній, торф, болотяний мул та ін.), на спеціальних заводах – промисловими або хімічними (азотні добрива, фосфоритна мука та ін.); до останніх відносяться також промислові відходи різних виробництв, наприклад, шлаки (мартенівський фосфат шлак, томасшлак).

В залежності від кількості елементів живлення, добрива поділяють на:

- ✓ односторонні (містять один основний елемент – азот, фосфор чи калій);
- ✓ багатосторонні (комплексні).

Добрива, до складу яких входять макроелементи (N, P, K, Ca, Mg, S), називаються мікродобривами, мікроелементи (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn), – мікродобривами (марганцеві добрива, бормагнієве добриво і т. д.). Добрива можуть складатися також одночасно з макро- та мікроелементів.

За агрегатним станом розрізняють добрива тверді (кристалічні, гранульовані, порошки), рідкі та газоподібні (безводний  $\text{NH}_3$ ).

Історія використання добрив у сільському господарстві налічує багато віків. Уже в епоху мінойської культури (близько 3100 до н. е.) сільськогосподарські поля для підвищення врожайності удобрювались гноєм. В 1730-х рр. віконт Чарльз Тауншенд (1674-1738) вперше вивчав покращення родючості культур в чотирьох сівозмінах. У XIX столітті в якості добрива стали використовувати золу, карбонат кальцію і мергель. Юстус фон Лібіх (1803-1883) вніс великий внесок в розуміння живлення рослин, стверджуючи важливість аміаку та мінеральних сполук для росту культур. Він продемонстрував стимулюючу дію азоту, фосфору і калію. Азот був отриманий у вигляді нітратів із гуано. Оскільки запаси гуано були обмежені і в основному імпортувалися з Південної Америки, почалися пошуки способів виробництва синтетичних нітратів.

Англійський підприємець Джон Беннет Лавес в 1837 році почав експеримент щодо впливу різних добрив на рослини, що ростуть у горщиках, а через кілька років експерименти були розширені на польові культури. В 1842 році він запатентував спосіб формування гною шляхом обробки фосфатів сірчаною кислотою, і, отже, був першим, хто створив промисловий гній. У наступні роки Джозеф Генрі Гілберт, який навчався під керівництвом Лібіха в Університеті Гессена, заснував у своєму маєтку дослідницьку станцію (Rothamsted Research), де вивчався вплив неорганічних і органічних добрив на врожайність сільськогосподарських культур. В 1910 році Ф. Хабер і К. Бош запатентували процес перетворення атмосферного азоту на аміак. Це призвело до розробки комерційних азотних добрив, виробництво яких значно

підвищилось у другій половині 20 століття з 14 млн. т. в 1950 р. до 141 млн. т. у 2000 р. Загальне використання добрив також зросло (Рис. 8.1).

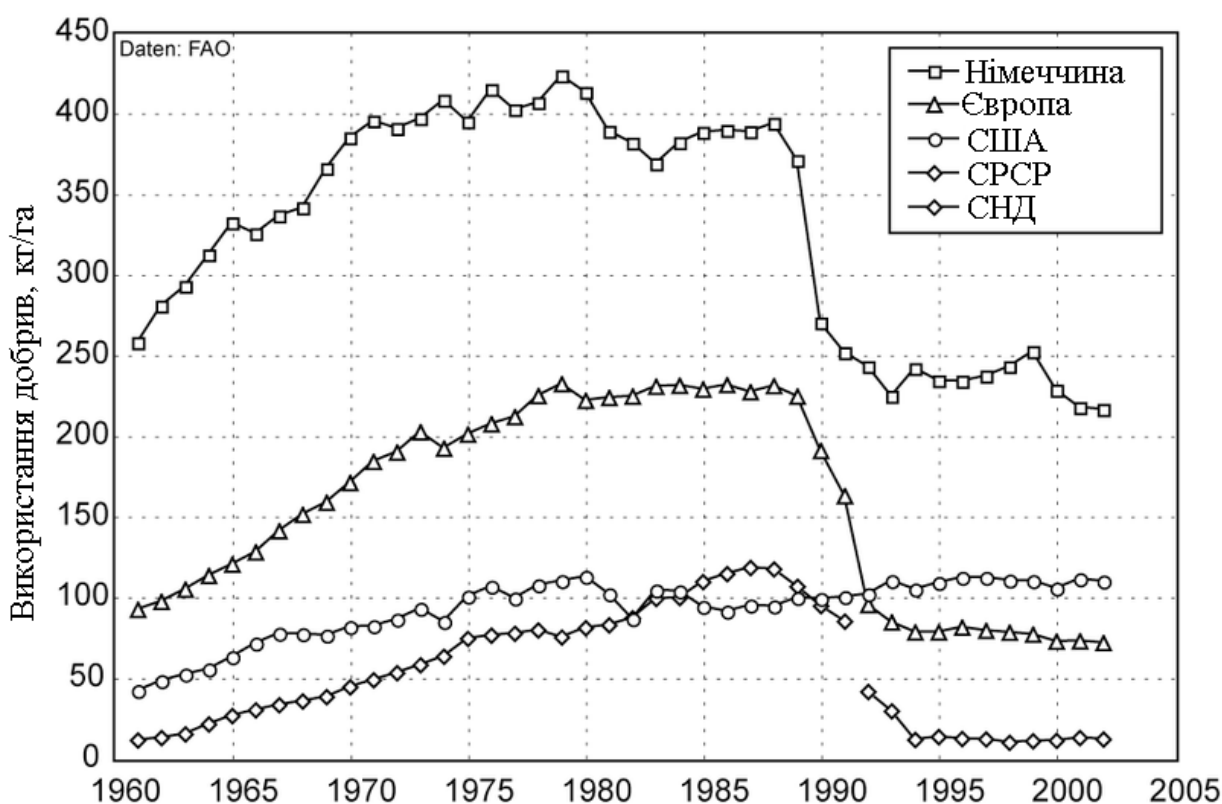


Рисунок 10.1. Використання добрив в деяких країнах світу

Основні шляхи забруднення навколишнього середовища добривами, за В. Г. Мінеєвим (1984) та ін., такі:

- ✓ недосконалість організаційних форм, а також технології транспортування, зберігання, змішування і внесення добрив;
- ✓ порушення агрономічної технології їх внесення в сівозміні і під окремі культури;
- ✓ недосконалість самих добрив, їх хімічних, фізичних і механічних властивостей тощо.

Так, суттєва проблема транспортування добрив полягає насамперед у перевалочній системі від заводу до поля. За даними ряду науково-дослідних інститутів, втрати на етапі «завод – поле» досягають 15-20%. Серйозні

недоліки є і в зберіганні мінеральних добрив. Складські приміщення не відповідають обсягам добрив, що поставляються сільському господарству. Середня ємкість складів у господарствах невелика, що не дає можливості здійснювати комплексну механізацію по підготовці добрив до змішування і внесення. При зберіганні у пристосованому приміщенні втрати добрив становлять 2,6%, а поза приміщенням – 11,1%. В останньому випадку добрива в основному втрачаються внаслідок пошкодження тари і перемішування з землею.

Потребує удосконалення і технологія внесення добрив. Вплив нерівномірного розподілу мінеральних добрив на врожай є дуже суттєвим. Особливо різко це проявляється на азотних добривах у зв'язку з високою їх ефективністю в багатьох ґрунтово-кліматичних зонах. Так, внесення аміачної селітри в нормі 60-80 кг/га з нерівномірністю 40-60% знижує урожай ячменю на 4,6-4,8% (Гродненська обласна дослідна станція), ярої пшениці – на 5,7% (Пермська сільськогосподарська дослідна станція), озимої пшениці – на 4,0% (Білоруська сільськогосподарська академія). Збільшення показника нерівномірності внесення добрив до 70-80% призводило до втрат урожаю зернових культур на 10,5-10,8%, або на 4-4,5 ц/га зерна. Нерідко у виробничих умовах фактична нерівномірність внесення добрив перевищує допустиму і досягає 75-80%. У таких випадках зниження врожаю зернових культур досягає 10-15%.

Рівномірність розсівання мінеральних добрив машинами центробіжного типу залежить не тільки від рівності гранул в удобрювальних сумішах, а й від дотримання точної відстані між проходами агрегату, визначення оптимальної ширини захвату, форм і якості добрив у сумішах тощо. Для підвищення якості внесення мінеральних добрив необхідні машини, що забезпечують поверхневе їх внесення з нерівномірністю менше 15%.

Другий можливий шлях втрати поживних речовин з добрив та із ґрунтів – порушення наукових основ агрономічної технології застосування

добрив у сівозміні та під окремі культури, а також розвиток водної й вітрової ерозії внаслідок порушення технології вирощування сільськогосподарських культур.

При розгляді екологічних проблем агроєкології першочергове значення мають проблеми азоту. Його надлишок негативно впливає на всі ланки біосфери та на здоров'я людини. Дослідження вчених і виробничий досвід свідчать, що непродуктивні втрати азоту добрив можна зменшити до мінімуму, а коефіцієнт використання його значно підвищити при правильному (наприклад, роздрібненому) внесенні відповідних норм добрив. При цьому азотні добрива доцільніше застосовувати в амонійній і амідній формах, наближувати строки їх внесення до сівби культури або до фаз найбільшого споживання азоту рослинами.

Втратам нітратів можна запобігти за допомогою регулювання строків і способів внесення добрив у поєднанні з комплексом прийомів протиерозійного обробітку ґрунту. Тому забруднення природних вод мінеральними сполуками азоту при інтенсивному застосуванні добрив є неминучим наслідком хімізації землеробства, а наслідком порушення науково обґрунтованих прийомів внесення їх у ґрунт.

Великі втрати поживних речовин спостерігаються в умовах зрошення. Недосконалість зрошувальних систем часто поєднана з необхідністю скидати надлишок води з полів у річки і водойми. Разом з нею втрачається і велика кількість поживних елементів, особливо при застосуванні оптимальних і підвищених норм добрив.

За рахунок добрив концентрація азоту в колекторних водах, що скидаються із зрошувальних масивів, в літній період в десятки і навіть сотні разів перевищує фонові розміри. Протягом вегетації з колекторними водами виноситься до 22% азоту від загальної кількості надходження його на поле з добривами і зрошувальною водою.

Особливо суттєво зростають втрати азоту при збільшенні кількості атмосферних опадів. Так, за даними голландських дослідників, кожний міліметр опадів викликає щорічні втрати азоту 0,5 кг/га.

Також помітний винос мінеральних добрив у водойми внаслідок ерозії ґрунту. Вчені США підраховали, що змив азоту з ґрунту поверхневими водами щороку в середньому на заліснених територіях становить 0,8-3,4 кг/га, на пасовищах – 6-8 кг/га, на полях під пшеницею – 6 кг/га, під бавовником – 13 кг/га, при чергуванні кукурудза-пшениця – 18 кг/га, під цитрусовими – 64 кг/га. Змиву можна запобігти застосуванням комплексу заходів по захисту ґрунтів від водної і вітрової ерозії. Це – обробіток ґрунту плоскорізами без обертання скиби, мульчування ґрунтів соломною, стернею, післяжнивними рештками. Але найважливішим і найнеобхіднішим заходом, як відзначає В.А.Ковда (1983) є перехід у кожному господарстві на контурно-меліоративну організацію всієї території з полями, що вписуються в рельєф, виділенням інтенсивних сівозмін на схилах крутизною 2-5° і ґрунтозахисних кормових на схилах крутизною понад 5°. Необхідне широке застосування валів-терас як обов'язкових елементів контурно-меліоративного землеробства і як спрямовуючих ліній обробітку ґрунтів.

Запропоновано комплекс заходів, що запобігають забрудненню навколишнього середовища мінеральними добривами внаслідок змиву їх ерозією:

- ✓ протиерозійний обробіток ґрунту: безполицевий, плоскорізний, мінімальний, смуговий, контурний, гребінчастий, чизелювання тощо;
- ✓ впровадження терасного, смугового землеробства і протиерозійних сівозмін;
- ✓ максимальне утримання еродованих ґрунтів під рослинністю. У зв'язку з цим велике значення має використання «післяжнивних» посівів, а також ущільнений посів ґрунтозахисної культури у міжряддях основної (просапної). Цей прийом особливо ефективний на легких ґрунтах;
- ✓ на ділянках, дуже схильних до ерозії, радикальним засобом

боротьби з нею є залуження таких ґрунтів багаторічними травами;

✓ правильний вибір форм, норм, строків і способів внесення і загортання добрив є важливим заходом запобігання втрат поживних речовин при змиві та вилуговуванні з ґрунту;

✓ використання полімерів-структуроутворювачів тощо.

Останній пункт стосується необхідності поліпшення властивостей і якостей добрив. Відомо, що однією з причин негативного впливу мінеральних добрив на навколишнє середовище є недосконалість їх хімічних, фізичних і механічних властивостей.

У зв'язку з недосконалістю хімічних властивостей азотних добрив втрати азоту відбувається внаслідок як біологічних, так і хімічних процесів, що проходять при взаємодії добрив і ґрунту. Прикладом втрат азоту під впливом біологічних процесів є його втрати при поверхневому внесенні сечовини. Внесення ж сечовини із загортанням у ґрунт (під оранку, передпосівну культивуацію, в рядки при сівбі тощо) дуже ефективне.

Досліди, проведені в Болгарії, показали, що втрати аміаку через випаровування можливі лише при поверхневому внесенні сечовини. Вони зростають на легких і висококарбонатних ґрунтах із збільшенням норми сечовини. Вирішальним фактором, що визначає величину втрат азоту, є температура. При 0-40<sup>0</sup>С втрат практично немає, при 7-8<sup>0</sup>С їх кількість незначна, а при більш високих температурах вони суттєво підвищуються. Також на величину втрат суттєво впливає вміст вологи у ґрунті. Максимальні втрати були при низькій вологості ґрунту. З підвищенням вологи від 30-40% до 80% граничної польової вологоємності втрати знижуються. Змішування сечовини з ґрунтом або покриття її шаром ґрунту 5-6 см значно зменшує випаровування азоту.

Інший біологічний шлях втрат азоту з добрив – денітрифікація в ґрунті. Встановлено, що газоподібні втрати азоту внаслідок цього процесу досягають 25% і більше від внесеної норми.

Всі форми азоту в природних умовах протягом певного часу переходять у найбільш рухому нітратну форму. Нині для гальмування процесів нітрифікації у виробництві широко застосовують різні інгібітори, що дають можливість суттєво зменшити втрати азоту з добрив. Інгібітори підвищують коефіцієнт використання азоту на 10-15%, а в ряді випадків і більше. Втрати знижуються в 1,5-2 рази. Тому в багатьох країнах світу велику увагу приділяють повільно діючим азотним добривам, які дають можливість зменшити кратність внесення добрив, знизити втрати азоту і запобігти забрудненню навколишнього середовища нітратами і нітритами. Крім того, застосовують капсулювання, покриття добрив синтетичними плівками (смолами, поліетиленом, парафіном) і звичайною сіркою. Це сприяє повільному вивільненню елементів живлення, що продовжується декілька місяців. Внаслідок цього рослини повніше використовують поживні речовини, що значно зменшує їх втрати.

Для зменшення забруднення річок поверхневими стоками з полів велике значення мають:

- ✓ скорочення строків зберігання добрив на полях;
- ✓ спорудження спеціальних майданчиків для їх тимчасового зберігання в польових умовах;
- ✓ суворий контроль за режимом підживлення рослин з літаків (облік швидкості вітру, норми внесення, висоти польоту тощо);
- ✓ заміна в зонах з великою кількістю опадів водорозчинних добрив менш розчинними;
- ✓ заборона внесення добрив по сніговому покриву;
- ✓ створення лісових смуг;
- ✓ затримання поверхневого стоку з полів тощо.

На легких ґрунтах для зменшення втрат азоту рекомендуються такі агротехнічні прийоми, як сівба однорічних і багаторічних бобових, внесення амонійних і амідних азотних добрив з дотриманням глибини оранки 10-15 см



і максимальним скороченням строків між внесенням добрив і сівбою, впровадження зайнятих парів.

Проте хімізація землеробства викликає небезпеку забруднення ґрунту не тільки надлишками азоту. В ґрунтово-кліматичних умовах середньої Європи з 1 га ґрунтів сільськогосподарського використання у дренажні води щорічно потрапляє 45-300 кг кальцію, 5-6 кг азоту нітратів, 15-30 кг магнію, 1-30 кг калію, 0-3 кг фосфору, 5-6 кг сірки.

Крім того, одним з головних джерел забруднення повітряного середовища є окиси азоту, які викидаються в атмосферу підприємствами, що виробляють азотну й сірчану кислоти, суперфосфат, аміачну селітру, нітроамофос та інші добрива на основі азотної кислоти.

Діяльність людини прискорює кругообіг азоту, фосфору, сірки та інших елементів. Головна причина прискорення – використання їх в добривах, що призводить до евтрофікації – надудобрення. При евтрофікації відбувається бурхливе розмноження водоростей – «цвітіння» води. Продукти обміну водоростей знищують рибу та інші організми. Сформовані екосистеми при цьому руйнуються.

Азот та фосфор (особливо фосфор, але він важче вимивається з ґрунту), які містяться в стоках з сільськогосподарських ланів, є основною причиною серйозних втрат кисню в багатьох частинах океану, особливо в прибережних зонах. Так зване «цвітіння» або велике збільшення фітопланктону у водоймі у відповідь на підвищені рівні поживних речовин спричиняє гіпоксію (нестачу кисню) у воді, яка викликає скорочення популяцій. При цьому чисельність деяких видів (таких як медуза Номура – *Nemopileta nomurai* – в Японському морі) навпаки – збільшується, що негативно позначається на інших видах. Візуально при евтрофікації вода каламутніє (стає зеленою, жовтою, коричневою або червоною) чи знебарвлюється.

Евтрофікації визнається однією з найважливіших проблем забруднення води в європейських і північноамериканських водоймах у середині 20-го століття (Рис. 10.2). З тих пір вона значно поширилася. Згідно з численними

дослідженнями, евтрофіковано 54% озер Азії, 53% озер Європи, 48% озер Північної Америки, 41% озер Південної Америки та 28% озер Африки.

В прибережних водах евтрофікація є звичайним явищем. Особливо схильні до неї естуарії, оскільки поживні речовини з суші концентруються у вузьких протоках. Інститут світових ресурсів виявив 375 гіпоксичних прибережних зон в світі. Більшість з них зосереджені біля берегів Західної Європи, Східного і Південного узбережжя США та в Східній Азії, зокрема – в Японії. Існує припущення, що накопичення хімічно активного азоту в навколишньому середовищі може виявитися таким серйозним, як викиди вуглекислого газу в атмосферу.



Рис. 10.2. Ефект впливу 1 столової ложки азотних добрив на водну рослинність через один тиждень після внесення

Збільшення нітратів у ґрунті часто небажано для самих рослин. Деякі наземні види (наприклад, більшість видів орхідей в Європі) перебувають під загрозою зникнення через евтрофікацію ґрунту. Ті луки, ліси і болота, що характеризуються низьким вмістом поживних речовин можуть втратити більшість видів, пристосованих до цих рівнів, за рахунок більш конкурентноспроможних рослин – наприклад, кропиви, ожини, очерету.

Деякі зелені водорості, чисельність яких різко збільшується в результаті евтрофікації, є токсичними для рослин і тварин. Частина

прісноводних водоростей створює небезпечні умови для худоби. Коли водорості вмирають або живляться, випускаються нейро- і гепатотоксини, які здатні вбити тварину і можуть становити загрозу для людини.

При вмісті нітратів в питній воді вище 10 мг/л існує високий ризик виникнення метгемоглобінемії, наслідком якої є гіпоксія, що без вчасного лікування призводить до коми та смерті.

З мінеральними добривами в ґрунт потрапляють елементи, які спричинюють погіршення його властивостей та якості продукції:

- ✓ баластні (фтор, натрій тощо);
- ✓ токсичні (арсен, важкі метали – ртуть, свинець, кадмій).

Фтор негативно впливає на мікробіологічну активність ґрунту, порушує розвиток плодів. У сировині для виробництва фосфорних добрив – апатитах і фосфоритах – його вміст близько 3%, причому в кінцевому продукті залишається більш як половина. Арсен надходить з азотними і фосфорними добривами, кадмій – із фосфорними й органічними, свинець – з вапняковими та органічними.

До перевищення ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті може призвести тривале (протягом десятків років) внесення добрив. І хоча їх частка у забрудненні навколишнього середовища порівняно з промисловими та транспортними викидами невелика, за можливості слід вибирати добрива з якомога меншим вмістом цих елементів.

Вапнуванням знижують токсичність кадмію і свинцю. Збільшення вмісту гумусу та вбирної здатності ґрунту сприяє зв'язуванню важких металів і зменшенню їх вимивання.

Інколи як добрива застосовуються промислові і побутові відходи з підвищеним вмістом шкідливих речовин. Систематичне використання піритних недогарків може призвести до накопичення в ґрунті підвищених кількостей свинцю, міді, цинку, арсену, сірки; фосфогіпсу – фтору, стронцію; стічних вод і сапропелю – кадмію.

Стічні води потрібно попередньо очищувати від шкідливих речовин, знезаражувати від хвороботворних мікроорганізмів на очисних спорудах, полях зрошення і фільтрації.

Домішками деяких добрив є стійкі органічні забруднювачі – діоксини, поліхлоровані дибензо-п-діоксини і поліхлоровані дибензофурани.

Відходи виробництва сталі, перероблені в добрива через високий вміст в них цинку, можуть включати наступні токсичні метали: свинець, миш'як, кадмій, хром і нікель. В Іспанії зафіксовано кілька випадків ртуті в рибному борошні.

В фосфатних добривах інколи зустрічається уран. Він може накопичуватися до неприйнятних рівнів в овочевої продукції. Тютюн, що удобрювався забрудненими фосфорними добривами, містить в своїх листках полоній-210, який є причиною раку легенів.

Через широке використання азотних добрив, яке в даний час становить біля 1 млрд. тонн на рік, закис азоту ( $N_2O$ ) став третім за значимістю парниковим газом після двоокису вуглецю і метану. Його потенціал глобального потепління в 296 разів більший, ніж у аналогічної кількості діоксиду вуглецю, і, крім того, він бере участь в руйнування стратосферного озону.

Надмір азотних добрив також може призвести до проблем з деякими шкідниками (наприклад, з попелицею) за рахунок збільшення народжуваності, тривалості життя і загального фізичного стану. Високий рівень добрив може викликати розпад симбіотичних зв'язків між рослинами і грибами (мікориза).

І все ж добрива – основа підвищення кількості та якості сільськогосподарської продукції. Їх доцільне використання покращує родючість ґрунтів, підтримує позитивний баланс біогенних елементів та гумусу. Близько 50% загального врожаю одержують за рахунок добрив.

Будучи важливим, але не єдиним фактором підвищення врожайності, добрива є складовим елементом всієї системи агрохімічних заходів

(зниження кислотності ґрунту, боротьба з бур'янами, хворобами та шкідниками рослин, вибір найвдаліших сортів, дотримання оптимальних строків посіву, норм висіву та посадки та ін.).

Одержати високий ефект від добрив з врахуванням запобігання чи різкого зниження їх втрат у навколишнє середовище можна при виконанні таких вимог:

- ✓ слід вносити оптимальні норми добрив у сівозміні і під кожен сільськогосподарську культуру. Щоправда, більшість способів визначення оптимальних норм добрив зводяться в основному до балансових розрахунків з врахуванням проектної урожайності, ефективної родючості ґрунту, коефіцієнтів використання поживних речовин ґрунту і добрив тощо;

- ✓ системи добрив повинні мати оптимальне співвідношення поживних елементів з урахуванням вимог культури, наявності в ґрунті рухомих форм поживних елементів і особливостей клімату;

- ✓ при виборі правильних строків внесення добрив варто враховувати біологічні особливості культури, головним чином періодичність її живлення, властивості ґрунту, кліматичні особливості зони, а також форми добрив;

- ✓ осушені, особливо торфо-болотні ґрунти краще використовувати під культури звичайної рядкової сівби або залужувати під високопродуктивні луки;

- ✓ в умовах зрошення дуже важливо дотримуватися науково обґрунтованих норм, строків і способів внесення добрив;

- ✓ при розробці і впровадженні систем добрив у сівозміні важливо враховувати її спеціалізацію і прагнути, щоб рілля максимальний час протягом року була зайнята культурними рослинами. В посушливих степових районах доцільно мати чисті пари. Важливо в сівозміні вирощувати післяжнивні і проміжні культури, що суттєво зменшує втрати поживних елементів.

## **11. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА**

Сільське господарство є одним з найважливіших чинників впливу на навколишнє природне середовище, оскільки воно змінює екосистеми як культивованих, так і прилеглих угідь, постійно діє на ґрунт, повітря і воду. Сила такого впливу залежить від агротехнічних методів і частоти їх використання на певній території.

Інтенсивне ведення сільського господарства спрямоване на отримання максимальних прибутків від обмеженої кількості видів культур і порід тварин. Ця методика господарювання спочатку різко збільшує обсяги виробництва, але в довгостроковій перспективі вона неодмінно зменшує генетичний фонд одомашнених тварин і рослин через їх значну залежність від пестицидів та добрив. Хімікати отруюють поверхневі і ґрунтові води, знищують біорізноманіття ґрунту і рослинності, погіршують стан прилеглих екосистем. Дані Світового банку показують, що за останні тридцять років в результаті деградації земель загальне світове виробництво харчових продуктів зменшилося на 12%. Приблизно 35% цих земель порушилися через причини, зумовлені сільським господарством, зокрема внаслідок зникнення агробіорізноманіття.

Провідною галуззю сільського господарства та найважливішим джерелом продовольчих ресурсів людства є рослинництво. Його головна мета – створення оптимальних технологічних (агроекологічних) передумов виробництва достатньої кількості високоякісної рослинницької продукції на базі інтенсивного фотосинтезу в посівах польових культур при одночасному збереженні або підвищенні родючості ґрунту.

На сучасному етапі розвитку рослинництва основними завданнями цієї галузі є:

- ✓ виробництво якісної, екологічно чистої продукції з мінімальними енергетичними і трудовими затратами при максимальному виході її за

одиницю часу на одиницю площі, що потребує широкого впровадження сортових, інтенсивних, енерго- і ресурсозберігаючих екологічно доцільних технологій;

- ✓ поєднання інтенсивного виробництва рослинницької продукції з комплексом агротехнічних, агрохімічних і меліоративних заходів щодо збереження та відтворення родючості ґрунтів;

- ✓ своєчасна й ефективна сортозміна польових культур і раціональне їх розміщення в сівозміні, спрямоване на поліпшення умов вирощування і зниження транспортних витрат на перевезення врожаю

- ✓ виробництво продукції рослинництва на базі високоефективної експлуатації сучасної сільськогосподарської техніки;

- ✓ боротьба із втратами врожаю під час вирощування польових культур, збирання і перевезення врожаю;

- ✓ ощадне і високоефективне застосування добрив, води для зрошення, засобів захисту рослин, комплексу протиерозійних заходів тощо;

- ✓ висока фахова кваліфікація працівників усіх ланок агропромислового комплексу і чітка система організаційно-господарських та економічних заходів, а також оперативної інформації для своєчасного і якісного проведення комплексу сільськогосподарських робіт, запобігання виникненню і ліквідація негативних ситуацій в процесі виробництва рослинницької продукції.

Рослинництво можна розглядати як систему заходів щодо інтенсифікації фотосинтезу культурних рослин. Сучасні агротехнічні прийоми спрямовані на забезпечення максимальної продуктивності сільськогосподарської діяльності за допомогою невеликої кількості високопродуктивних сортів агрокультур і штучного управління зовнішніми факторами.

Продуктивність агроєкосистем безпосередньо залежить від біологічних процесів і природних циклів (наприклад, круговороту поживних речовин і води). Також на сільське господарство впливають успішність пристосування

видів рослин і тварин до хижаків, захворювань, змін клімату та інших загроз їхньому виживанню. Вид має набагато більше шансів успішно адаптуватися, якщо його генетичний фонд досить різноманітний. Різноманіття підвищує стійкість агроценозів до шкідників, хвороб, клімату та інших несприятливих умов.

Раніше вважалось, що певна частина врожаю з'їдається комахами-шкідниками або не витримує конкуренцію з боку бур'янів. З появою після Другої світової війни синтетичних пестицидів (інсектицидів, гербіцидів, фунгіцидів тощо) люди намагалися винищити і шкідників, і бур'яни, проте необачне використання хімічних засобів викликало швидкий розвиток стійких до них видів. Зважаючи на короткі репродуктивні цикли та інші фактори, багато шкідників стали стійкими до пестицидів швидше, ніж види, які полюють на них. Ця небезпечна модель використання хімічних засобів, що призводить до посилення стійкості комах, а отже і до ще інтенсивнішого застосування пестицидів, характеризує явище, широко відоме як «бігова доріжка пестицидів» (pesticide treadmill). Інколи види комах, які раніше не вважались шкідливими, оскільки їх природні вороги тримали їх під контролем, стають шкідниками в результаті інтенсивного використання пестицидів. Наприклад, в Каліфорнії впродовж 1970-х рр. через надмірне внесення хімікатів 24 з 25 сільськогосподарських шкідників отримали статус надзвичайно небезпечних.

Пестициди завдали значної шкоди багатьом видам. Деякі хімікати можуть бути смертельними, у той час як інші впливають на імунну систему, спричиняють порушення репродуктивних функцій або викликають мутації. Зважаючи на різну хімічну структуру пестицидів, токсичний вплив і переміщення цих сполук в навколишньому середовищі дуже відрізняються. Проте було встановлено, що до 99,9% пестицидів не досягають шкідників, потрапляючи в ґрунт, воду та повітря, і це негативно позначається на навколишньому середовищі та здоров'ї людини.



«Стримуючим фактором» сільського господарства подекуди називають азот, оскільки рослини досягають верхнього ліміту росту через те, що витягують весь азот, який потрапляє в ґрунт природним шляхом (рис. 11.1).

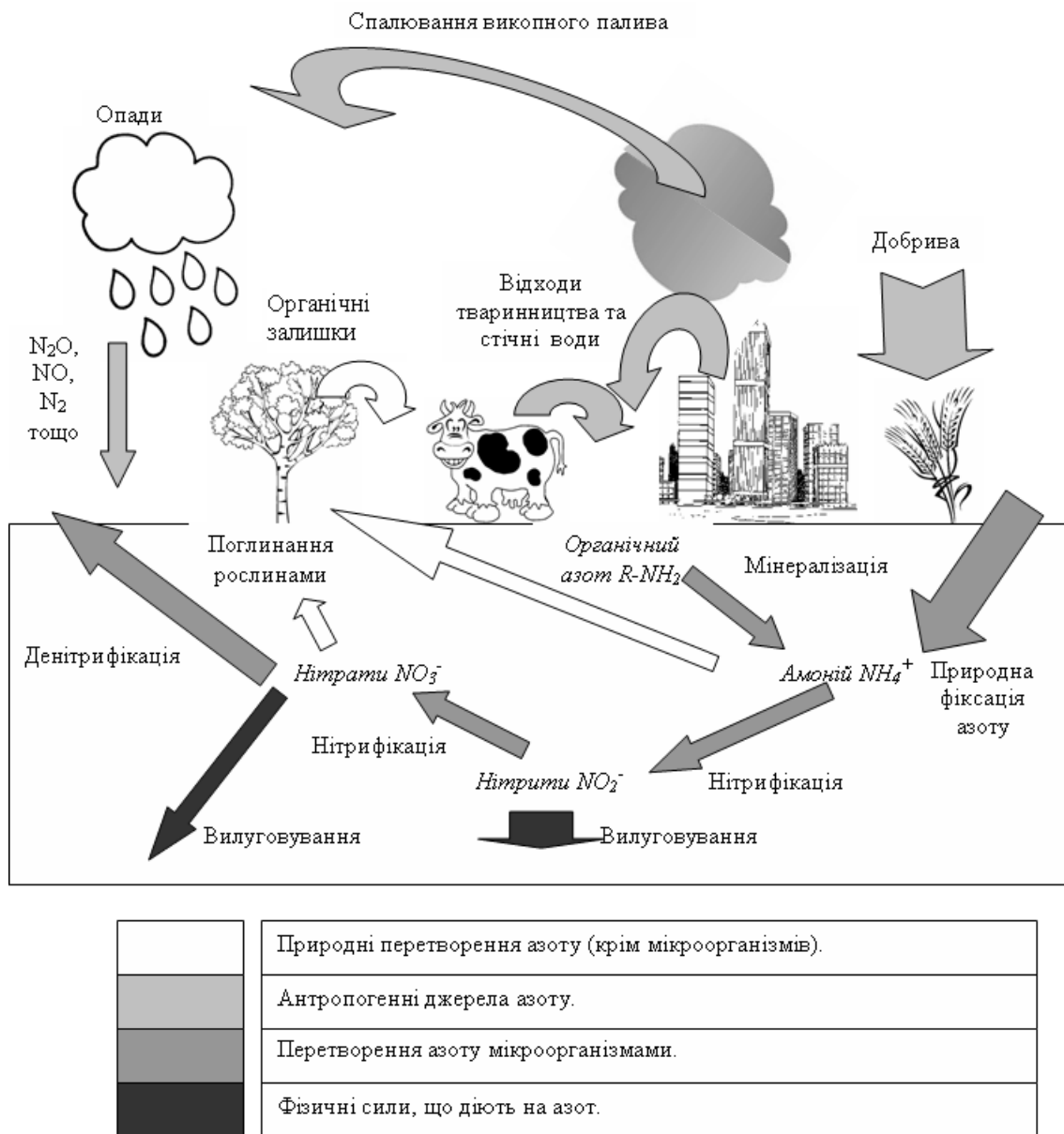


Рис. 11.1. Кругообіг азоту

В 1910 році німецькі вчені Ф. Хабер і К. Бош запатентували процес перетворення атмосферного азоту на аміак – активну сполуку, яка містить азот у доступній для рослин формі. Це призвело до розробки комерційних

азотних добрив, виробництво яких стрімко зросло у другій половині 20 століття з 14 млн. т. в 1950 р. до 141 млн. т. у 2000 р.

Вплив людини на глобальний азотний цикл тепер більш істотний, ніж участь природних ресурсів(рис. 11.2). На сільське господарство припадає близько 85% створеного людиною азоту. Деякі агротехнічні прийоми (зокрема, розчищення площ, спалювання біомаси і висадження рослин, що фіксують азот) теж підвищують азотне навантаження на навколишнє середовище.

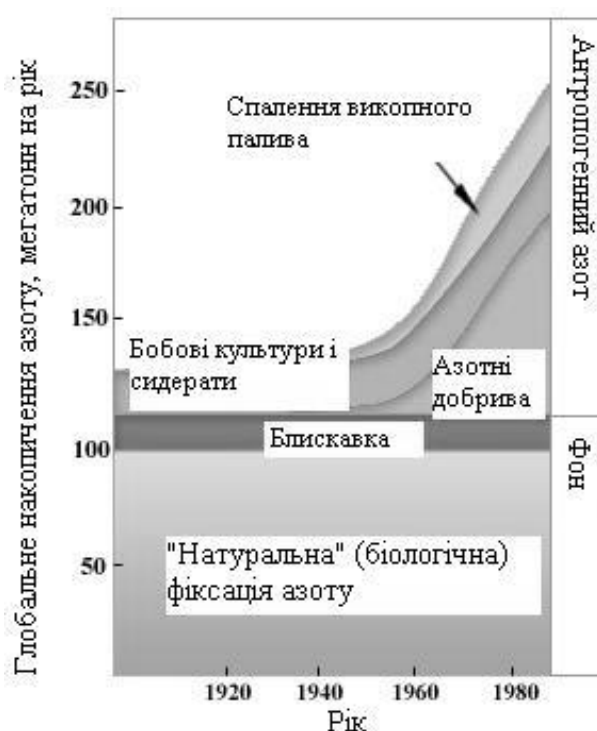


Рис. 11.2. Зростання фіксації антропогенного азоту в порівнянні з природною азотфіксацією

Накопичення азоту є головною причиною утворення так званих "мертвих зон", які зустрічаються у великих водоймищах всього світу. Це території, де надмірна концентрація азоту призвела до цвітіння водоростей (цвітіння води). Бактерії використовують розчинений у воді кисень для розкладання мертвого фітопланктону, знижуючи його вміст до рівня, за якого

морська флора і фауна не можуть існувати. У світі існує більше 400 мертвих зон, що розкинулися приблизно на 150 000 кв. миль.

Середовища з високою концентрацією нітрогену зазвичай мають збіднене біорізноманіття, оскільки види, які можуть пристосуватися до його значного вмісту, витісняють інших. Девід Тайлмен, вчений-еколог з університету Міннесоти, провів дослідження, внісши різні кількості азоту на ділянки природних і неприродних лук. По мірі збільшення рівнів азоту число видів рослин зменшувалося; пирій повзучий розрісся найбільше.

Протягом тисячоліть ведення сільського господарства передбачало повний обробіток верхнього шару ґрунту з метою його підготовки до посівів, що полегшувало весняні роботи та знищувало бур'яни і шкідників (рис. 11.3). Але повний обробіток має і негативний вплив, оскільки виникає загроза ерозії під дією води або вітру. В разі втрати верхнього ґрунтового шару зникає природне середовище разом з ґрунтовими організмами та функціями їх екосистеми. Під *ерозією* ґрунтів (лат. *erosia* – роз'єднання) розуміють різноманітні процеси руйнування та зносу ґрунтового шару, іноді разом з ґрунтоутворюючими породами, потоками води та вітру. Тому розрізняють водну і вітрову ерозію.

Ерозія ґрунтів раніше існувала як природний процес, швидкість якого була близька до швидкості процесу ґрунтоутворення. Це – так звана природна геологічна ерозія, яку неможливо попередити і яка не завдає значної шкоди земельним ресурсам.

Поряд з геологічним процесом, який є частиною еволюції Землі, під впливом діяльності людини виникає прискорена, або руйнівна, ерозія. При прискореній ерозії втрати компонентів ґрунту не компенсуються в процесі ґрунтоутворення і ґрунти частково або повністю втрачають свою родючість. При цьому процеси руйнування ґрунтів можуть проходити в сотні і тисячі разів швидше, ніж при природній геологічній ерозії.

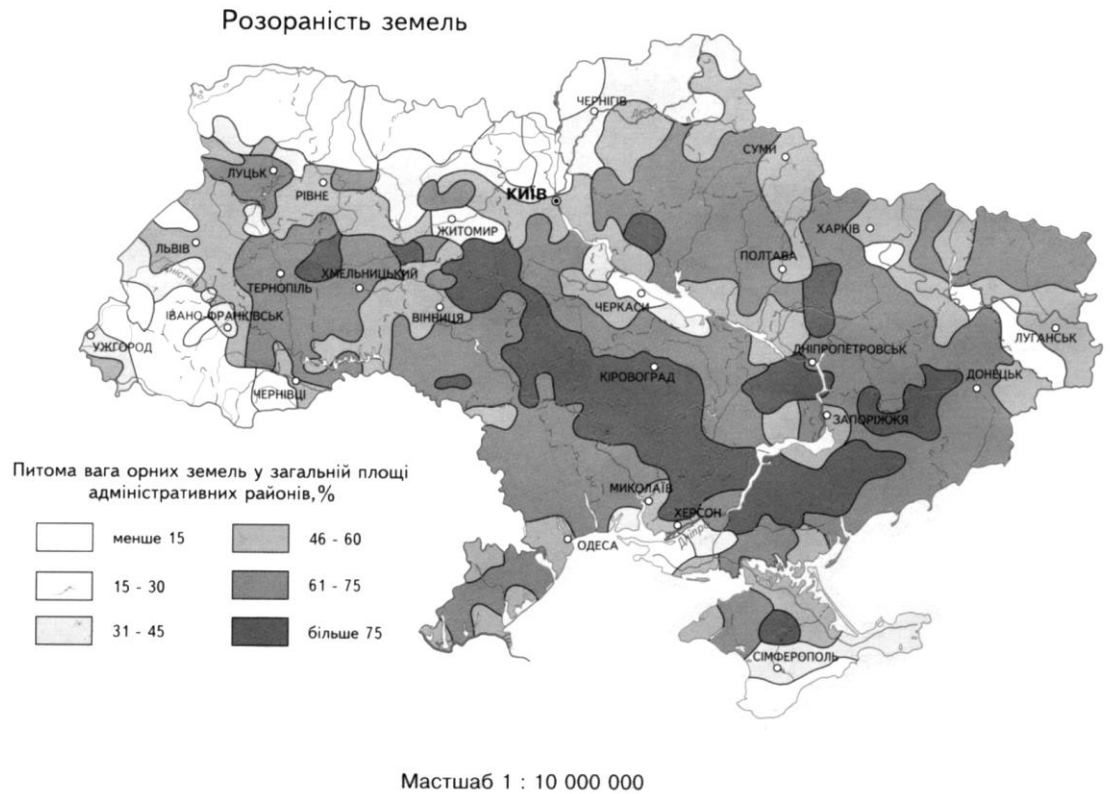


Рис. 11.3. Розораність земель України.

Товщина верхнього родючого шару ґрунту, який містить гумус, для багатьох типів ґрунтів рідко перевищує 20 см і на його утворення витрачено не менше 2-7 тис. років. При прискореній ерозії повне руйнування цього шару можливе протягом 10-30 років. Одна з головних причин такої ерозії – безконтрольна вирубка лісів. Великі дерева за допомогою кореневої системи та трав'яні рослини, корені яких утворюють тонкі сплетіння, втримують ґрунт в "міцній сітці". Ліс затримує талу та дощову воду і перешкоджає поверхневому стоку. Вода поступово всмоктується ґрунтом, поповнюючи запас ґрунтових вод та підтримуючи вологість ґрунтів. Завдяки високій здатності утримувати вологу, ліс іноді порівнюють з водосховищем. Вважається, що на 10 тис. га лісу втримується до 500 тис. м<sup>3</sup> води.

Після вирубок ґрунти залишаються без захисту: талі та дощові води не затримуються, стікають по схилах, захоплюючи частинки ґрунтів та виносячи їх в річки. В землю потрапляє лише незначна частина вологи.

Поверхневий стік води збільшується в 2-3 рази, знижуючи рівень ґрунтових вод, що приводить до зростання посушливих зон.

Крім того, випаровування з поверхні оголеного ґрунту проходить значно інтенсивніше. Це викликає пониження конденсації вологи у вигляді роси, що надзвичайно важливо для аридних зон. Зменшення лісистості території зумовлює прискорення швидкості вітру, що сприяє як розвитку вітрової ерозії, так і зменшенню конденсації водяної пари.

Під впливом сонячних променів незахищені ґрунти нагріваються надзвичайно інтенсивно. Це викликає зміни і навіть загибель ґрунтових мікроорганізмів, а також тварин і рослинних організмів (комахи, бактерії, водорості, хробаки тощо), які мають першочергове значення для формування хімічного складу ґрунтів і приймають участь в процесах перетворення органічних та мінеральних сполук.

Дві третини від загального обсягу прісної води, яку споживає людство, використовуються в сільському господарстві. Приблизно 40% культурних рослин зрошуються. Іригаційні системи можуть завдати серйозних збитків природним екосистемам, збільшуючи засоленість полів, висушуючи території, які колись зрошувалися річками, спричиняючи опустелювання і знищуючи середовища існування навколо штучних водойм.

Більшість технологій інтенсивного сільського господарства дають короткострокові переваги, спричиняючи довгострокові ризики та/або шкоду. Наприклад, пестициди на деякий час зменшують популяції шкідників, але види, до яких вони застосовуються, можуть виробити стійкість до цих хімікатів. Було доведено, що багато пестицидів викликають рак, розлади репродуктивної та імунної систем у людини, а також у представників дикої флори і фауни. Синтетичні добрива здатні на короткий строк збільшити врожайність сільськогосподарських культур, але вони руйнують ґрунт і забруднюють ґрунтові води протягом тривалого проміжку часу тощо.

Бактерії, грибки і багато малих комах та інших безхребетних, які живуть за рахунок розкладання органічних речовин, відіграють ключову роль

в аерації ґрунтів. Наприклад, багатоніжки, певні види мурах і дощові черв'яки допомагають уникнути ущільнення ґрунту, дозволяючи повітря, воді і поживним речовинам діставатися коріння рослин. Вміст поживних речовин в ґрунті збільшується в результаті розкладання органіки і симбіозу між рослинами, грибами та бактеріями. Бактерії і гриби здатні розщеплювати пестициди та інші токсини, які можуть потрапляти в ґрунтові води. Дощові черв'яки також допомагають розкласти органічні речовини в ґрунті. Майже всі судинні рослини мають мутуалістичні зв'язки з грибами через мікоризу. Гриби допомагають рослинам поглинати поживні мікроелементи, воду і фосфор, а ті, в свою чергу, забезпечують їх енергією.

Повітря на 78% складається з азоту, але рослини не можуть використовувати його газові сполуки. Тому азот – їхня основна поживна речовина – постачається для більшості судинних рослин за рахунок зв'язку з грибами або бактеріями, які переробляють його у придатну для засвоєння форму. Крім того, в результаті поїдання найпростішими одноклітинними організмами бактерій виділяються надлишки азоту, які згодом отримують рослини. Симбіотичний зв'язок між бактеріями і певними групами рослин також забезпечує їх достатньою кількістю азоту.

Птахи, комахи, павуки, мікроорганізми сприяють вирощуванню сільськогосподарських культур, знищуючи або контролюючи чисельність шкідників. Імовірно, принаймні 50% всієї боротьби зі шкідниками припадає на їх природних ворогів, а за деякими оцінками ця цифра сягає 90%. Природні цикли "хижак-жертва" – важливий елемент біологічної боротьби, який тримає шкідників під контролем, тому їх порушення має негативні наслідки.

Внаслідок тривалого застосування пестицидів чисельність шкідників зростає, а врожайність зменшується, оскільки відбувається розривання циклу "хижак-жертва". Наприклад, збільшення обсягів використання пестицидів в Індонезії в 1980-х рр. призвело до знищення головних ворогів місцевих шкідників, що зумовило різке зростання їх чисельності та спричинило

надзвичайні втрати врожаю рису, які через два роки оцінили в майже 1,5 млрд. доларів США. Після втручання уряду використання пестицидів було майже повністю заборонено і врожаї рису швидко піднялися до рівнів, вищих, ніж ті, що спостерігалися за широкого застосування хімічних засобів.

Симбіотичні зв'язки між рослинами і запилювачами – одні з найважливіших у природі. Різноманіття запилювачів є невід'ємною умовою запліднення багатьох сільськогосподарських культур, тому розмноження рослин залежить саме від них. В свою чергу запилювачі отримують нектар або пилок. Ці взаємовигідні стосунки означають, що в разі виникнення загрози для будь-кого з симбіонтів інший також опиниться під загрозою, а її ступінь залежатиме від того, наскільки специфічні відносини їх пов'язують. Зважаючи на ключову роль запилювачів в екосистемі, скорочення їх кількості призводить до серйозних наслідків для регіонального біорізноманіття. Відоме дослідження в Новій Шотландії продемонструвало, як зникнення запилювачів, зумовлене використанням пестицидів, призвело до зменшення врожайності ягідників, що, в свою чергу, позначилося на різних організмах, включаючи птахів і невеликих ссавців.

Бджоли, оси, птахи, кажани, мухи, метелики і жуки роблять можливим розмноження більше 75% сільськогосподарських культур, наприклад, соняшника, мигдалю, яблунь, динь і ягід. Інші овочі та фрукти, такі як соя і помідори, здатні до самостійного запилення, але плодоносять краще при участі комах. Запилення покращує якість сільськогосподарських культур, а також збільшує їх врожай. Дослідження 1955 року довело, що запилення бавовни бджолами підвищило середні врожаї на 20-30%. У США запилювачі використовуються у виробництві 15-30% харчових продуктів і напоїв, які населення вживає в їжу.

Скорочується не лише чисельність природних запилювачів, погіршується також їх видове різноманіття. Багато комах більше не зустрічаються в сільськогосподарських угіддях через отруєння пестицидами, відсутність сприятливого природного середовища, збіднене біорізноманіття

флори, паразитів і конкуренцію з боку регульованих запилювачів. Наприклад, у Північній Америці існує 5000 видів диких бджіл, але для штучного запилення використовуються тільки два їх види.

Інтенсифікація рослинництва не тільки сприяла підвищенню продуктивності полів, а й створила сприятливі умови для розвитку і поширення ряду шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. Нині, за даними ФАО, людство недобирає в середньому 34% потенційно можливого врожаю сільськогосподарських культур: озимої пшениці – 24%, кукурудзи – 36%, ячменю – 21%, вівса – 27%, проса – 37%, жита – 20 %.

У 2006 році масове вимирання медових бджіл було зафіксовано на всій території США, а також у Європі – щоправда, в дещо меншому масштабі. Хоча зникнення популяцій в історії бджільництва зустрічалося і раніше, дане явище отримало назву Синдром руйнування колоній (СРК). Його причини достеменно невідомі, але більшість висновків, зроблених науковцями, що спеціалізуються на бджільництві, можливими джерелами СРК визнають хвороботворні мікроорганізми, використання пестицидів, а також стрес-фактори навколишнього середовища – узагальнюючий термін, який означає фактори, що можуть зменшити життєздатність медоносних бджіл, включаючи обмежену кормову базу з низьким вмістом поживних речовин, перенаселені вулики і знижений імунітет. Поки що невідомо, є СРК тимчасовим явищем чи становить загрозу для всіх бджіл на планеті.

Іншою галуззю агропромислового комплексу, що забезпечує людину продуктами харчування, а промисловість – сировиною, є тваринництво. Воно перебуває в тісному взаємозв'язку з рослинництвом, і саме від їх ефективного поєднання залежить стійке зростання виробництва у сільському господарстві. Наприклад, гній з тваринницьких ферм служить цінним добривом для підвищення родючості ґрунтів. Тваринництво дає змогу більш раціонально використовувати непридатні для землеробства луки і пасовища. Для годівлі тварин можна брати не тільки спеціально вирощені рослинні



корми, а й різноманітні відходи зернового господарства, технічних і баштанних культур, овочівництва тощо.

Тварини – важливий елемент сільського господарства, і вплив, який вони справляють на навколишнє природне середовище, теж має велике значення. Для ведення тваринництва сьогодні використовується близько 30% всієї суші нашої планети (близько 70% від площі всіх земель сільськогосподарського призначення). Переважно це постійні пасовища, але сюди входять також і ті площі орних земель світу, які використовуються для виробництва корму для худоби. Зокрема, на континентальній території Сполучених Штатів Америки худобу випасають на 44% територій сільськогосподарського призначення. Це має величезні наслідки для диких тварин і рослин. Згідно з результатами деяких досліджень, 38% видів, що опинилися під загрозою зникнення, зазнають негативного впливу сільського господарства, і 22% з них були внесені до цього переліку через випас сільськогосподарських тварин. В Україні на 2007 рік площа постійних пасовищ складала 19,2% площі земель сільськогосподарського призначення (31,1% від загальної площі нашої держави).

Згідно з даними доповіді, опублікованої Продовольчою і сільськогосподарською організацією ООН (ФАО), обсяг викидів парникових газів (при вимірюванні в еквіваленті CO<sub>2</sub>) в секторі тваринництва на 18% перевищує відповідні показники сектора транспорту. Також тваринництво є важливою причиною деградації ґрунту та водних ресурсів.

В міру зростання добробуту, люди з року в рік схильні споживати все більше м'яса і молочних продуктів. Згідно з прогнозами, обсяг виробництва м'яса в світі в найближчому майбутньому більш ніж подвоїться (з 229 млн. тонн в 1999/2001 роках до 465 млн. тонн в 2050 році), а виробництво молока, ймовірно, збільшиться з 580 до 1043 млн. тонн.

Світові темпи росту в секторі тваринництва вищі, ніж в будь-якій іншій галузі сільського господарства. Він став джерелом засобів існування для приблизно 1,3 мільярда людей, і включає близько 40% глобального

сільськогосподарського виробництва. Крім того, для багатьох людей свійські тварини є джерелом поновлюваної енергії і органічних добрив.

На частку тваринництва (в тому числі землекористування і перетворення земель) припадає 9% всього обсягу викидів CO<sub>2</sub>, пов'язаного з антропогенною діяльністю. В той же час тваринництво виробляє ще більші об'єми значно небезпечніших парникових газів, включаючи 65% виробленого в результаті антропогенної діяльності закису азоту. Слід нагадати, що його вплив на глобальне потепління (GWP) в 296 разів перевищує аналогічні показники CO<sub>2</sub>. Цей газ виділяється, перш за все, з коров'ячого гною. Також на долю тваринництва припадає 37% викидів метану, що виробляється, головним чином, травною системою жуйних тварин, і 64% викидів амонію, який є причиною випадання кислотних дощів. Потенціал в області глобального потепління метану в 23 рази перевищує показники вуглекислого газу.

У тваринництві при виробництві 1 т м'яса витрачається 20 тис. м<sup>3</sup> води. На підприємствах переробки сільськогосподарської продукції на виробництво 1 кг вершкового масла використовують 10 л, а на виробництво 1 т цукру – 100 л води.

Випас ВРХ спричиняє великомасштабну деградацію ґрунту – за оцінками спеціалістів, в результаті надмірного випасу, витоптування та ерозії деградації піддалося вже близько 20% всієї площі пасовищ. Ця цифра зростає в посушливих регіонах, де нераціональне управління ресурсами тваринництва сприяє процесу опустелювання.

Також тваринництво є важливим чинником забруднення водойм. Основними забруднюючими речовинами вважаються відходи життєдіяльності тварин, антибіотики, гормональні препарати, хімікалії, що використовуються в шкіряному виробництві, добрива та пестициди, якими обприскують сільськогосподарські культури тощо. Широко поширена практика надмірного випасу худоби порушує водні цикли, обмежуючи можливості для відновлення наземних і підземних водних ресурсів.

Нині м'ясні та молочні породи ВРХ складають близько 20% всієї біомаси сухопутних тварин. Присутність худоби на величезних площах землі і її потреба в кормових сортах сільськогосподарських культур також сприяють втраті біорізноманіття.

На сьогоднішній день відходи агропромислового комплексу не завжди знаходять застосування. Тому й нагромаджуються на фермах мільйони тонн органічних добрив. Стоки тваринницьких комплексів становлять подвійну небезпеку, оскільки викликають одночасно і хімічне, і біологічне забруднення (мікроорганізмами). Причому забруднюють вони як ґрунт безпосередньо, так і воду, і повітря. З однієї свинарської ферми на 10-40 тис. тварин за 1 год в повітря надходить до 605 кг пилу, 14,4 кг аміаку, 83,4 млрд мікроорганізмів. В той же час відходи тваринництва є одним з найперспективніших джерел отримання енергії шляхом анаеробного бродіння в біореакторах, оскільки вони є в будь-якому господарстві, не вимагають попередньої обробки і сортування, їх не важко транспортувати.

Хімічні елементи, вивезені з продуктами рослинництва і тваринництва за межі аграрних ландшафтів, виключаються з біологічного колообігу сільськогосподарських екосистем. Із харчовими відходами й екскрементами людей вони надходять у каналізаційні системи міст, інших населених пунктів, залучаються в геологічний колообіг.

Забруднення навколишнього природного середовища перешкоджає підвищенню поживної цінності сільськогосподарської продукції. Численні дані підтверджують шкідливий вплив промислових викидів на врожай і якість рослинної маси, насамперед відмічається підвищений вміст у рослинах попелу, фенолів, сульфатів, хлоридів, мінерального азоту, фтору. У сільськогосподарських культур, вирощених в умовах сильно забрудненої атмосфери, зменшується вміст білка, олії, а в насінні злаків зменшується вміст і якість клейковини. Погіршення якості продукції рослинництва завдає значних збитків і іншим господарствам. Наприклад, при зниженій поживній

цінності кормів їх більше потребується для виробництва тваринницької продукції.

## **12. ПРОБЛЕМИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ВЗАГАЛІ І В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ЗОКРЕМА. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ФУНКЦІЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

Сільське господарство є однією з головних причин втрати глобального біорізноманіття на екосистемному, видовому і генетичному рівнях. Найбільш розповсюджені агротехнічні прийоми підривають спроможність екосистем фіксувати азот, боротися зі шкідниками, запилювати рослини і покращувати родючість ґрунтів. Інтенсивне сільське господарство характеризується значним споживанням електроенергії, води і хімічних препаратів, що ставить під загрозу благополуччя людини й навколишнього середовища.

У природі існує дуже багато видів та екосистем, і біологічні взаємодії між ними надзвичайно складні. Розвиток людини продовжує виснажувати природні ресурси нашої планети, зменшуючи і змінюючи екосистеми, створюючи загрози для існування незліченої кількості видів і цілих екологічних регіонів, тому спосіб, у який люди використовують землю для виробництва харчових продуктів, належить до питань, що потребують негайного вирішення. У багатьох країнах площа земельних ділянок сільськогосподарського призначення перевищує площу територій, на яких ведуться інші види діяльності людини. Зважаючи на велику частку розораних земель, розвиток сільського господарства є загрозою для глобального біорізноманіття і однією з головних причин порушення середовищ існування.

Термін «біологічне різноманіття» вперше використав Р. Десман в 1968 р., але до наукової спільноти він був уведений Томасом Лавджоєм лише в 1980 році. Термін «біорізноманіття» в публікаціях вперше застосував Е. Вілсон (1986 р.). Відтоді це поняття набуло широкого вжитку.

Програма ООН по навколишньому середовищу або ЮНЕП (англ. UNEP, United Nations Environment Programme) – створена в рамках системи ООН програма, яка сприяє координації охорони природи на екосистемному рівні. Програма заснована на основі резолюції Генеральної Асамблеї ООН № 2997 від 15 грудня 1972 (A / RES / 2997 (XXVII)). Основною метою ЮНЕП є

організація і проведення заходів, спрямованих на захист і поліпшення навколишнього середовища на благо нинішнього і майбутніх поколінь. Девіз Програми – «Довкілля в інтересах розвитку».

В листопаді 1988 р. (UNEP) створила Спеціальна робоча група експертів для вивчення необхідності розробки міжнародної конвенції про біорізноманіття (CBD). У травні 1989 р. Спеціальна робоча група організувала Спеціальну робочу групу експертів з технічних та правових питань з метою підготовки міжнародного правового документа щодо збереження і невиснажливого використання біорізноманіття. З 1991 року Спеціальна робоча група була перетворена в Міжурядовий комітет з питань ведення переговорів. Результатом його роботи стало проведення 22 травня 1992 р. в Найробі Конференції з прийняття узгодженого тексту Конвенції про біорізноманіття. Конвенція була відкрита для підписання 5 червня 1992 р. на Конференції ООН з питань довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро (Самміт «Планета Земля»).

З часу підписання Конвенції термін «біорізноманіття» широко застосовується в науковій та популярній літературі. Фактично, він використовується для позначення усіх проявів життя. На Всесвітньому Самміті з невиснажливого розвитку, який відбувся в Йоганезбурзі 26 серпня – 4 вересня 2002 року, збереження та невиснажливе використання біорізноманіття і впровадження екосистемного підходу до збереження природи було включене до п'яти пріоритетних проблем людства (інші чотири - вода, енергія, здоров'я та атмосфера).

Верховна Рада України ратифікувала Конвенцію 29 листопада 1994 року («Закон про ратифікацію»), а також ухвалила низку законів щодо ратифікації, приєднання та виконання інших міжнародних договорів, що регулюють збереження і використання біологічного і ландшафтного різноманіття. На національному рівні реалізацію законів та програм здійснює Національна Комісія з питань збереження біорізноманіття та Міністерство

охорони навколишнього природного середовища України. Кабінет Міністрів України Розпорядженням № 675-р від 22 вересня 2004 року схвалив Концепцію Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005-2025 рр.

Індикатори біологічної різноманітності є показниками стану біосфери. Біорізноманітність має безперервний характер, хоча й може бути зведена до таких структурних рівнів, як:

- ✓ особини;
- ✓ генотипи;
- ✓ популяції;
- ✓ угруповання;
- ✓ екосистеми;
- ✓ біосфера.

Розрізняють альфа-, бета- та гамма-різноманітність. Альфа-різноманітність – показник складності видової різноманітності. У найпростішому випадку  $\alpha$ -різноманітність вимірюється чисельністю видів на одиниці площі. Але частіше разом з оцінкою кількості видів проводять розрахунок їх співвідношення (кількісна участь, вирівняність видів).  $\alpha$ -різноманітність – ознака біогеоценозу, вона важко прогнозується, залежить від умов, часу існування біогеоценозу і стратегічного спектру біоценозу. Інколи цей тип різноманітності оцінюють за ступенем генетичної спорідненості видів.

Бета-різноманітність показує ступінь диференційованості видів за градієнтами місцезростань, тобто швидкість зміни видового складу біоценозу вздовж просторових і екологічних градієнтів ландшафту або «катенного градієнту».  $\beta$ -різноманітність із часом збільшується. Іноді  $\alpha$ - та  $\beta$ -різноманітність змінюються разом, але це не обов'язкова вимога еволюції. В найпростішому випадку цю різноманітність оцінюють за чисельністю синтаксонів одного рангу. Елементарним серед цих є асоціація. Бета-різноманітність серед рослин характеризує специфіку фітоценотичної

структури на рівні асоціацій, типів лісу чи субформацій, і опосередковано – зміни внаслідок антропогенного втручання.

Гамма-різноманітність – показник біорізноманіття ландшафтних екосистем. Він об'єднує  $\alpha$ - і  $\beta$ -різноманітності, головним чинником зважаючи на історичний розвиток території. Найпростішим прикладом  $\gamma$ -різноманітності є сукупність конкретної біоти, де виявлено набір популяцій видів, які спонтанно поселилися в даному біогеоценозі. Методи вивчення  $\gamma$ -різноманітності подібнідо методів вивчення  $\alpha$ -різноманітності.

Термін «біорізноманіття» визначається як варіативність життя на всіх рівнях біологічної організації від генів до екосистем. Для того, щоб краще зрозуміти, як сільське господарство впливає на біорізноманіття, варто розглянути його дію на генетичному, видовому і екосистемному рівнях.

Різні агротехнічні прийоми позначаються на біологічному різноманітті та здоров'ї екосистем по-різному. Вирощування сільськогосподарських культур з інтенсивним використанням хімікатів і механізованих засобів впливає на біорізноманіття інакше, ніж агротехнічні прийоми, які ґрунтуються переважно на праці людини або тварин з мінімальним застосуванням чи взагалі без використання хімічних речовин. Зв'язок між сільським господарством та біорізноманіттям повинен ретельно вивчатися підприємцями, законодавцями, науковцями і громадянами задля збереження, охорони та найкращого відновлення біологічного різноманіття на деградованих територіях.

Коли говорять про біологічне різноманіття у контексті сільського господарства, важливо розрізняти зв'язок між сільським господарством і біорізноманіттям *поза межами* агроекосистеми та біорізноманіттям *в межах* агроекосистеми.

Продуктивна функція біологічного різноманіття *в межах* агроекосистеми є надзвичайно важливою. Цей тип біорізноманіття – агробіорізноманіття – включає в себе величезне розмаїття видів та їхніх функцій в екосистемі і сприяє сільськогосподарському виробництву.



Агробіорізноманіття – це різноманітність живих організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів), які вирощуються на сільськогосподарських угіддях, сприяють сільськогосподарському виробництву або використовують райони ведення сільського господарства для забезпечення себе кормом і притулком.

Міжнародний центр картоплі, розташований в м. Ліма, Перу, визначив *агробіорізноманіття* (або сільськогосподарську біологічну варіативність) як «всі компоненти біорізноманіття, що стосуються харчових продуктів і сільського господарства: різноманіття та мінливість рослин, тварин і мікроорганізмів, які є важливими для підтримання ключових функцій *агроекосистеми*, її структури і процесів на генетичному, видовому і екосистемному рівнях». Всі компоненти агробіорізноманіття є важливими – генетичне біорізноманіття всередині виду, різноманіття самих видів і біорізноманіття екосистем.

Особливості, які відрізняють агробіорізноманіття (за Кромвеллем):

- ✓ агробіорізноманіттям активно керують, багато його компонентів не існувало б, якби не людина;
- ✓ культура та знання корінних народів є складовою управління агробіорізноманіттям;
- ✓ значна кількість економічно успішних господарств вирощують різновиди сільськогосподарських культур не місцевого походження, привезених із інших частин світу;
- ✓ різноманіття порід тварин і сортів рослин настільки ж важливе, як і різноманіття диких видів;
- ✓ агробіорізноманіття тісно пов'язане з невиснажливим землекористуванням і збереженням природи. Різноманіття сільськогосподарських культур головним чином забезпечується генетичними банками, тобто завдяки закритим умовам, а не відкритим.

Чисельні симбіотичні зв'язки існують протягом всього процесу вирощування агрокультур, тому їх зміни внаслідок порушення біорізноманіття можуть мати серйозні і часто непередбачувані наслідки.

Наприклад, ґрунтові організми в процесі своєї життєдіяльності виконують різні функції, включаючи фіксацію азоту, аерацію, збагачення ґрунту поживними речовинами, що утворюються в результаті розкладання. Інші організми відіграють важливу роль в запиленні сільськогосподарських культур і боротьбі зі шкідниками.

Фермери використовують культурні рослини і одомашнених тварин, які можуть підтримувати якість ґрунту, включаючи покривні культури (культури, які висаджуються як додаток до основних (тих, що дають прибуток) для зменшення популяцій шкідників, відновлення ґрунту чи запобігання ерозії), бобові рослини – фіксатори азоту, і гній, який слугує добривом. Деревя, трави та чагарники відіграють роль буферів для водних потоків, послабляючи ерозію ґрунту, викликану стіканням води під час злив, і протидіють вітровій ерозії в якості полезахисних смуг. Також до диких видів, що сприяють сільському господарству, відносять: запилювачів, які допомагають сільськогосподарським культурам давати насіння; хижаків – ворогів шкідників; ґрунтові організми, що відновлюють родючість ґрунту, розкладають відходи сільського господарства і переробляють токсини.

Проект "Індикатори біорізноманіття для національних потреб" (BINU) визначає, що агробіорізноманіття містить три складові: дике біорізноманіття, генетичне біорізноманіття і асоційоване біорізноманіття.

Дике біорізноманіття – дикі рослини та тварини, які живуть поза межами сільської місцевості, в тому числі і ті, яких можна використовувати для виведення нових видів культурних рослин або тварин у майбутньому. До дикого біорізноманіття також належать мікроорганізми ґрунтів, віруси, запилювачі, комахи-шкідники та хижаки, інші тварини й рослини, які виконують в агроєкосистемі наступні функції:

- ✓ розкладання органічних сполук і повернення речовин в кругообіг;
- ✓ розкладання забруднювачів;
- ✓ пом'якшення впливу клімату;

- ✓ збереження ґрунтів, вод;
- ✓ запилення культурних рослин;
- ✓ контроль шкідників сільськогосподарських рослин.

Генетичне біорізноманіття – різноманіття видів домашніх рослин та тварин, їх різновиди, генетичні запаси, які утримуються в генетичних банках.

Асоційоване біорізноманіття – тварини та рослини, які не завжди підтримують ключові функції агроєкосистеми, але використовують сільськогосподарські угіддя для пошуку їжі, побудови житла. Воно часто вказує на стан та функцію агроєкосистем, сприяє розвитку екосистеми.

Агробіорізноманіття включає:

- ✓ вищі рослини (сільськогосподарські культури, їх дикі родичі; рослини, що зростають на пасовищах; дерева сільської місцевості; бур'яни);
- ✓ ссавці (домашні та дикі ссавці, що використовують агроландшафти як середовище існування);
- ✓ птахи (домашні та дикі, що живуть в сільській місцевості);
- ✓ плазуни і земноводні, які використовують село і агроєкосистеми як середовище існування;
- ✓ гідробіонти;
- ✓ членистоногі (запилювачі, хижаки шкідників, шкідники); земляні черви, молюски;
- ✓ мікроорганізми (ґрунтові бактерії, гриби, водорості, нематоди, актиноміцети, патогенні мікроорганізми та ін.);
- ✓ віруси.

За оцінками вчених, на Землі може існувати до 1,5 млн. видів грибків, 300 000 видів бактерій, 400 000 видів нематод і 40 000 видів найпростіших організмів. Багато представників цього різноманіття зустрічається у здорових ґрунтових мікроєкосистемах. Згідно з дослідженням Е. Інгхам, чайна ложка ґрунту містить від 150 до 500 футів (від 46 до 152 м) грибкових ниток, від 10 000 до 100 000 найпростіших (окремих організмів, а не видів), від 5 до 500 корисних нематод і від кількох одиниць до декількох сотень мікроскопічних

членистоногих, таких як кліщі. Ці ґрунтові організми виконують функції, важливі для виробництва харчових продуктів.

Бактерії, грибки і багато малих комах та інших безхребетних, які живуть за рахунок розкладання органічних речовин, відіграють ключову роль в аерації ґрунтів. Наприклад, багатоніжки, певні види мурах і дощові черв'яки допомагають уникнути ущільнення ґрунту, дозволяючи повітрю, воді і поживним речовинам діставатися коріння рослин. Вміст поживних речовин в ґрунті збільшується в результаті розкладання органіки і симбіозу між рослинами, грибами та бактеріями. Бактерії і грибки здатні розщеплювати пестициди та інші токсини, які можуть потрапляти в ґрунтові води. Майже всі судинні рослини мають мутуалістичні зв'язки з грибами через мікоризу. Гриби допомагають рослинам поглинати поживні мікроелементи, воду і фосфор, а ті, в свою чергу, забезпечують їх енергією.

Бобові мають симбіотичний зв'язок з азотфіксуючими бактеріями. Впродовж століть вони були відомі як найбільш ефективні постачальники азоту, але ця їх властивість фактично пов'язана з бульбочковими бактеріями, що знаходяться в бульбах коренів або стеблах та перетворюють атмосферний азот на амоній – форму, яку можуть споживати рослини.

Птахи, комахи, павуки, мікроорганізми сприяють вирощуванню сільськогосподарських культур, знищуючи або контролюючи чисельність шкідників. Стале господарювання дозволяє фермерам використовувати біологічні методи боротьби зі шкідниками, створюючи природні середовища для «корисних» комах, рослин або кажанів з метою збільшення їх популяції, а також просто завозячи цих хижаків в агроєкосистему. Внаслідок тривалого застосування пестицидів відбувається порушення циклу «хижак-жертва», через що чисельність шкідників зростає, а врожайність зменшується.

Різноманіття запилювачів є невід'ємною умовою запліднення багатьох сільськогосподарських культур. Бджоли, оси, птахи, кажани, мухи, метелики і жуки роблять можливим розмноження більше 75% сільськогосподарських рослин (наприклад, соняшника, мигдалю, яблунь, динь і ягід). Інші культури

здатні до самостійного запилення, але плодоносять краще при участі комах – дослідження 1955 року довело, що запилення бавовни бджолами підвищило середні врожаї на 20-30%.

Сільськогосподарські лани можуть слугувати місцем регулярного перебування (іноді і розмноження) та основно кормовою базою для таких видів: фазан, куріпка сіра, перепілка, горлиця лісова, припутень, чайка, лисиця, кріт, заєць-русак. Поля є важливою кормовою базою (хоча й нерегулярною) для лебедів, гусей, качок, тетеруків, голубів-синяків, борсуків, кабанів, козуль, зубрів. Низка видів птахів – грицик великий, хохітва, деркач – при певних умовах можуть використовувати ці землі для постійного гніздування.

Багато диких тварин і рослин добре почуваються на трансформованих сільським господарством полях і навіть залежать від людського втручання. Але переважна більшість цих видів може виживати тільки при застосуванні екстенсивних технологій та природоохоронних заходів. Зменшення антропогенного впливу на біорізноманіття підтримує сільськогосподарських виробників.

Однією з найсерйозніших загроз для біорізноманіття є розширення сільськогосподарських угідь за рахунок територій з високим різноманіттям видів. Ця проблема особливо гостра в тропіках, де, як відомо, знаходиться максимум біологічного різноманіття. Саме сільське господарство вважається головною причиною розчищення місцевості і вирубування екваторіальних лісів.

Найактивніше біорізноманіття знищується в Амазонії (Амазонська низовина, Бразилія), де величезні земельні ділянки розчищаються під пасовища та невеликі поля або підготовляються для вирощування просапних культур, зокрема продовольчого зерна і сої, причому особлива увага приділяється агрокультурам, що використовуються для годування тварин і виробництва біопалива. В той же час збільшення продуктивності на існуючих земельних ділянках за допомогою екологічно раціональних методів

може зменшити потребу в їх розширенні. Наприклад, бережливе використання земель і фермерство, яке не шкодить дикій флорі та фауні, дозволяють зберегти незаймані ділянки в засіяних полях для забезпечення балансу між врожаєм агрокультур і площею, що обробляється. Шкоду біорізноманіттю завдають не лише великі господарства (Рис. 9.1). Залежно від використовуваних методів дрібні фермери і фермери, які ведуть натуральне господарство, також можуть порушувати природне середовище та негативно впливати на біологічне різноманіття навіть без промислових ресурсів і обладнання. Наприклад, деякі господарі використовують вогневе очищення ґрунту або підсічно-вогневе землеробство, знищуючи ліс задля нових сільськогосподарських земель, оскільки на попередніх земельних ділянках поживні речовини швидко вичерпуються. У зв'язку з тим, що в ґрунтах тропічних лісів через довготривале вивітрювання міститься дуже мало поживних елементів, виділення їх з лісового пологую методом вогневого очищення покращує родючість ґрунту, роблячи його придатним для продуктивної сільськогосподарської діяльності. Але протягом декількох років інтенсивного вирощування сільськогосподарських культур цей сплеск поживних речовин швидко зменшується, після чого землі стають непридатними для використання і виникає потреба в подальшому розчищенні території. Хоча підсічно-вогневе землеробство може бути корисним там, де щільність населення низька і використовуються ротаційні сільськогосподарські цикли, воно істотно випереджає темпи відновлення лісів в регіонах з високою щільністю населення. За останні двадцять років 20 століття площа земель сільськогосподарського призначення щороку зростала приблизно на 130 000 кв. км., причому переважно у тропічних лісах та на інших територіях з високим біорізноманіттям.

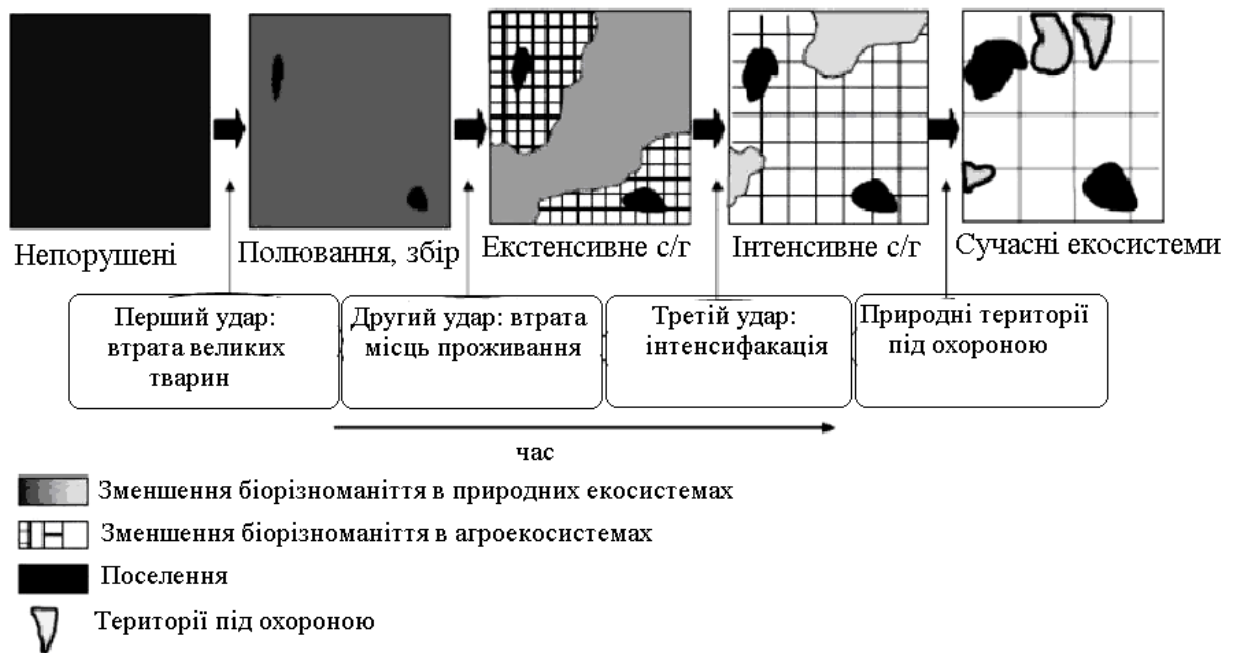


Рис. 12.1. Стадії втрати біорізноманіття.

Багато культурних рослин потребують більшу кількість азоту, ніж та, в якій він зустрічається у ґрунті, тому іноді необхідно збільшувати його рівень. Але використання занадто великої кількості азоту і недосконалі методи внесення призводить до його втрат. У розвинутих країнах надмірне застосування азотних добрив призвело до утворення орних земель, які містять азоту більше, ніж рослини можуть поглинути. Це частково пов'язано з тим, що однорічні просапні культури менш ефективно всмоктують азот, ніж багаторічні. Середовища з високою концентрацією нітрогену зазвичай мають збіднене біорізноманіття, оскільки види, які можуть пристосуватися до його значного вмісту, витісняють інших.

Серйозних збитків біорізноманіттю здатна завдавати іригація, збільшуючи засоленість ґрунтів, осушуючи території, які колись характеризувались значною ологістю, спричиняючи опустелюванню і знищуючи середовища існування навколо штучних водойм.

Меліорація боліт спричинила зникнення місць перебування диких тварин і зростання рослин. Також осушення боліт призвело до порушення водного балансу. Мінеральні добрива та пестициди часто використовуються нераціонально. Надлишкове внесення в ґрунт хімічних речовин неправильне

їх зберігання спричиняють забруднення водою. Екосистеми водно-болотних угідь добре відчують стороннє втручання, через що найвимогливіші види риби зникають, і в той же час збільшується кількість так званих "сміттєвих" видів (карасі, йоржі). Зміна хімічного складу води призводить до спрощення водних екосистем.

Оскільки вплив інтенсивного сільського господарства стає очевидним, все більше господарств і споживачів надають перевагу «народним» методам, вдосконаленим за рахунок сучасних наукових знань та засобів, що підвищують ефективність без завдання істотної шкоди. Хоча жодна практика сама по собі не здатна повністю зберегти біорізноманіття на сільськогосподарських територіях, використання комплексу певних методів може істотно покращити загальний стан біологічного різноманіття на генетичному, видовому та екосистемному рівнях.

Наприклад, набуває поширення знищення шкідників за допомогою їхніх природних ворогів. Методи такої боротьби можуть включати в себе створення сприятливих природних середовищ для так званих «корисних» комах, птахів та кажанів або заманювання чи ввезення цих хижаків в агроекосистеми у вигляді дорослих особин, яєць і личинок. Ще до 1996 року в світі для біологічної боротьби з комахами-шкідниками використовувалися близько 500 хижих видів, крім того, 100 видів комах знищували бур'яни. На жаль, деякі заходи з біорегулювання призвели до неочікуваних наслідків, пов'язаних з тим, що хижаки почали винищувати і корисні рослини.

Інколи зберігаються або створюються екологічні коридори, що допомагають диким тваринам переміщуватися з одного природного району до іншого через територію, на якій переважають орні землі та пасовища. Вони корисні і для сільськогосподарських угідь. Деревина виконує роль захисного щита від вітру та ерозійних процесів. Природні ліси і луки утримують у ґрунті більше атмосферних опадів, дозволяючи воді під час злив повільно просочуватися до водоносних порід, а не просто спливати в водотоки. Ліси – вітрозахисні насадження, що зменшують ерозію верхнього



шару ґрунту в сільськогосподарських угіддях. Коріння дерев проникає на значні глибини і вбирає мінерали, які, очевидно, згодом стають частиною родючого шару. Щодо ефективності коридорів дикої природи у забезпеченні переміщення диких тварин між великими природними районами продовжуються дискусії, однак декілька досліджень довели їх корисність принаймні для певних популяцій.

В тропіках вирощування кави під деревами з густою кроною дозволяє набагато краще зберегти різноманіття видів та екосистем, ніж суцільне вирубування джунглів під плантації. Кава, яка зростає в тіні, створює природне середовище для чисельних таксонів, дуже точно наслідуючи рівні біорізноманіття певних організмів, що зустрічаються в тропіках.

Крім того, покращити біорізноманіття агрокультур як на генетичному, так і на видовому рівнях можна двома простими способами – за допомогою насінневих фондів і присадибних городів (садів). Контрольований насінневий фонд, або банк генів, є прикладом методу «*ex situ*», який використовується для збереження генетичного різноманіття рослин. Хоч в наш час багато сортів і видів не вирощуються в сільському господарстві, вони принаймні зберігаються в насінневих фондах і в майбутньому можуть бути використані селекціонерами для виведення нових культур. Незважаючи на свою важливість, банки генів не повинні сприйматися як єдиний спосіб покращення біорізноманіття. В екосистемах існує величезна кількість рослин, більшість з яких мають симбіотичні зв'язки з іншими видами, тому всіх їх розмістити в насінневих фондах просто неможливо. Крім того, генетичні банки потребують істотних витрат і дуже трудомісткі, оскільки вони повинні пророщувати кожен зразок насіння з регулярністю в декілька років, слідкуючи, щоб сорти не втратили життєздатність.

Спосіб «*in situ*» постійно використовується городниками (садівниками). Наприклад, вчені встановили, що в Мексиці на один місцевий город припадає більше 50-ти видів рослин, а на одне поселення – 404 види. Вид має набагато більше шансів успішно адаптуватися, якщо його генетичний фонд

досить різноманітний. Різноманіття агрокультур або тварин покращує їхню стійкість до шкідників, хвороб, клімату та інших несприятливих умов.

В значній мірі загрозою для біорізноманіття є генетична інженерія. В 2008 році всі генетично модифіковані види (соя, кукурудза, рапс, бавовна і люцерна) займали 63% загальної світової площі біотехнологічних культур, яка складала 125 млн. гектарів. Схрещування сільськогосподарських культур, виведених за допомогою методів генетичної інженерії, з місцевою біотою вже стало реальністю в Мексиці, в Центрі різноманіття кукурудзи.

Хоч і промислова селекція, і *генна інженерія* сільськогосподарських культур призводять до істотної однорідності, фактично вони залежать від різноманіття сортів, які використовуються. Для того, щоб створити один популярний сорт, який саджатимуть на мільйонах гектарів, селекціонери інколи повинні скористатися багатьма генетичними джерелами. Наприклад, деякі сорти рису, виведені за останні роки, мають ідіоплазму, отриману на основі 60 різних донорів.

Втрата різноманіття культурних рослин і сільськогосподарських тварин вважається серйозною загрозою для глобальної продовольчої безпеки. Щоб зробити управління сільським господарством більш ефективним (наприклад, машинний збір врожаю) і досягти економії за рахунок масштабів, промислове сільське господарство зменшувало розмаїття сортів і порід.

За останні сто років у всьому світі було втрачено майже три чверті генетичного різноманіття сільськогосподарських культур. Значною мірою ця втрата спричинена зосередженням інтенсивного сільського господарства на високопродуктивних сортах, що прийшли на зміну різноманіттю старовинних чи традиційних культур, які виводилися протягом століть. Надмірна генетична однорідність призвела до спалаху в 1970 році плямистості листя південної кукурудзи (*Helminthosporium maydis*) у Сполучених Штатах Америки. Більше 15% кукурудзяних плантацій були знищені новим видом грибка. У зв'язку з цим Національна науково-дослідна

рада США рекомендувала «диверсифікувати генетичну базу основних сортів кукурудзи».

Існує 70 000 видів рослин, що мають їстівні частини, але тільки 7 000 вживаються людиною у їжу. Дев'яносто відсотків всіх калорій, які споживає людина, надходять лише від 20 видів рослин, і з них більше половини припадає на рис, пшеницю та кукурудзу.

Крім зменшення розмаїття видів сільськогосподарських культур також зменшується кількість їх сортів. Група ЕТК (раніше відома як "Міжнародний фонд розвитку села") проаналізувала приблизно 75 різних овочів і встановила, що 97% сортів, зареєстрованих раніше Міністерством сільського господарства США, протягом 20 століття були втрачені. Якщо на початку 20 століття у Північній Америці вирощували тисячі сортів яблук, то тепер сільгоспвиробники культивують переважно п'ять або шість сортів.

Багатий генетичний фонд виду збільшує його здатність до виживання, оскільки зростає ймовірність наявності в певній частині популяції гену, що забезпечує стійкість до хвороб. Велике різноманіття культурних рослин є ознакою раціонального господарювання, оскільки сільськогосподарські угіддя, на яких вирощуються різні культури, менш уразливі, а сівозміни допомагають порушити життєві цикли шкідників та хвороботворних організмів.

Різні місцеві породи тварин добре адаптувалися до жорстких природних умов і виявляють високу стійкість до захворювань. Крім того, вони більш фертильні та з легкістю можуть споживати корм низької якості. Ці властивості перебувають під загрозою, оскільки той самий фактор ефективності, який зменшив генетичний фонд агрокультур, негативно впливає і на різноманіття видів сільськогосподарських тварин.

На початку минулого століття у світі було зареєстровано 3 831 порід, а в 1992 році 618 з них зникло і ще 475 були визнані такими, яким загрожує. У Сполучених Штатах Америки 75% загального виробництва свинини припадає на три породи свиней. Один вид гібридної домашньої птиці –

Cornish Rock – фактично є єдиною породою м'ясних курчат-бройлерів, що сьогодні вирощується. Молочне стадо США на 91% складається з корів голштинської породи. Згідно з даними ФАО, 20% порід (1 491 порода) вважаються такими, що перебувають «під ризиком».

Україна, займаючи менше 6% площі Європи, має не менше 35% її біорізноманіття, і випереджає майже всі європейські країни за цим показником. Україна може розглядатися як один з резерватів для відновлення біорізноманіття всієї Європи. Географічне положення, фізико-географічні умови України сприяють існуванню багатого рослинного і тваринного світу/ Таке багатство біорізноманітності зумовлене тим, що в Україні на відносно малій території представлено біоту чотирьох природних зон, різноманітності ландшафтних одиниць, екотонності (гори-рівнина, суша-море, ліс-не-ліс і т. п.).

Багатство біорізноманіття в Україні збільшується приблизно у такій послідовності: урбанізовані території - луки - болота та плавні - степи - ліси. Найбільш репрезентативними центрами біологічного різноманіття та ендемізму в Україні є гірські екосистеми Українських Карпат і Криму.

Якщо до першого видання Червоної книги України (1980 р.) було занесено 151 вид вищих рослин та 85 видів тварин, то до другого, діючого й нині, (тваринний світ – 1994 р., рослинний світ – 1996 р.), включено вже 541 вид рослин і грибів та 382 види тварин. Істотне збільшення кількості рідкісних рослин, тварин і таких видів, що перебувають під загрозою зникнення, зумовлене збільшенням антропогенного тиску на природні екосистеми і свідчить про збереження тенденції до втрати живої природи.

В той же час спостерігається поява нових видів. В Зоні відчуження Чорнобильської АЕС зафіксовані нові штами фітопатогенних грибів, що паразитують на травах. Виявлено чотири нових для України види одноденок і один новий рід. В Україні мешкає близько 1200 видів нематод, до 1840 видів простіших (без фітомастігін), що складає до 3% світової фауни. У 2001 році зафіксовано рибу-вселенця – теляпію мозамбікську. За останні роки у

степовій частині України став переважати малярійний комар *Anopheles maculipennis* s. L., який раніше був малочисельним (це пояснюють змінами стоку вод Дніпра, зміною режимів експлуатації водойм). Серед озерних жаб (*Rana ridibunda*) в місцях сильного індустріального забруднення збільшується кількість фенотипних аномалій.

Число степових видів у флорі лучних степів Середнього Придніпров'я за останні сто років зменшилось приблизно на 4% (19 видів). Це було зумовлено негативним впливом господарської діяльності і, можливо, кліматичними змінами.

Біологічне різноманіття є національним багатством України, яке забезпечує екосистемні та біосферні функції живих організмів, їх угруповань та формує середовище життєдіяльності людини. Біологічне різноманіття, як результат багатовікової еволюції, повинне бути передано прийдешнім поколінням у максимально збереженому стані.

Агробіорізноманіття необхідно зберігати на генному, видовому та екосистемному рівнях. Багато сучасних агротехнічних прийомів прискорюють втрату біорізноманіття. Масштабність і швидкий розвиток інтенсивного господарства в усьому світі створює необхідність поширення альтернатив, які покращують стан біологічного різноманіття. Дослідження біологів, що спеціалізуються на даній проблемі, надзвичайно важливі для розробки практичних методів господарювання для захисту біорізноманіття, таких як:

- ✓ зменшення або повна ліквідація залежності від синтетичних добрив і пестицидів, що можуть завдавати шкоди дикій флорі та фауні, а також ґрунтовим харчовим ланцюгам;

- ✓ збереження і покращення ґрунтового середовища за рахунок зменшення обробітку ґрунту; збільшення обсягів використання природних добрив, таких як гній і компост; висаджування покривних культур і застосування сівозмін;

- ✓ мінімізація стоків у прилеглі водойми за рахунок зменшення обробітку ґрунту; збільшення вмісту органічних речовин в ґрунті для покращення утримання вологи; насадження або збереження буферних зон поблизу водойм;

- ✓ вирощування більшої кількості сортів культурних рослин.

Для зменшення господарського впливу на біорізноманіття можна використати наступні заходи:

- ✓ відвести частину площ полів під близькі до природного стану ділянки;

- ✓ вивести з сільськогосподарського користування малопродуктивні та схильні до ерозії земелі;

- ✓ залишати частину культур незбираними для підгодівлі тварин;

- ✓ тримати частину земель під багаторічними травами, збільшувати площі лук поблизу водойм;

- ✓ зберігати та збільшувати кількість кущів поряд з полями;

- ✓ зберігати ставки, струмки, болота;

- ✓ відновлювати та зберігати ліси;

- ✓ мінімізувати вплив на зрошувальні канали;

- ✓ обмежити кількість худоби;

- ✓ зменшити навантаження на пасовища в період уповільненого відновлення паші (восени та ранньою весною)

- ✓ місця додаткової підгодівлі тварин можуть бути не ближче, ніж за 30 метрів від водойм чи джерел;

- ✓ потрібно частіше переміщувати годівниці з місця на місце;

- ✓ не розміщувати сіль для великої рогатої худоби поряд з водоймами, на ґрунті;

- ✓ обмежувати доступ худоби до водойм на пасовищах, створювати водопої далеко від природних водойм;

- ✓ заготівля сіна менш шкідлива для біорізноманіття, ніж сінажу;

- ✓ урізноманітнювати сівозміни

- ✓ застосовувати оранку тільки там, де це необхідно;
- ✓ відводити під пар частину полів;
- ✓ використовувати сумісне вирощування культур;
- ✓ перший прокіс варто почати з середини лану і продовжувати до країв;
- ✓ вносити гній рівномірно;
- ✓ при визначенні норм внесення добрив брати до уваги всі фактори, що впливають на вміст поживних речовин в агроєкосистемі;
- ✓ зберігати добрива так, щоб унеможливити попадання поживних речовин до водно-болотних угідь;
- ✓ не вносити добрива на мерзлу або покриту снігом землю;
- ✓ не вносити добрива при ймовірності сильних дощів або злив у найближчі два дні;
- ✓ уникати внесення добрив на крутих горбах, зі схилами зверненими в сторону водойм;
- ✓ не вносити добрива ближче, ніж за 10 м від струмків та малих річок, 20м від озер та великих рік, 50 м від джерел домашнього водопостачання та 300м від джерел громадського водопостачання;
- ✓ надлишкове внесення пестицидів не лише дуже шкідливо для дикої природи, але й економічно недоцільне;
- ✓ використовувати біологічний контроль шкідників;
- ✓ використовувати контурне землеробство;
- ✓ корисне смугове землеробство;
- ✓ створювати лісосмуги та інших насаджень у сільськогосподарських ландшафтах;
- ✓ використовувати ґрунтозахисні заходи;
- ✓ більше площ відводити під багаторічні культури;
- ✓ впроваджувати системи екологічного менеджменту;
- ✓ місця годівлі, водопою та тваринницькі споруди повинні бути розташовані достатньо далеко від водойм.

### **13. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СІЛЬСЬКОГО ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА**

Водні ресурси є об'єктом права власності народу України. Вони забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, є важливою складовою природних ресурсів, яка значною мірою визначає можливості розвитку промисловості і сільського господарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку та охорони здоров'я людей.

Залучення великих обсягів водних ресурсів у господарський обіг і їх забруднення, зміна гідрологічного режиму на водозбірних площах призвели до порушення природної рівноваги, різкого зниження якості водоресурсного потенціалу, переважання деградаційних процесів над самовідновною і самоочисною здатністю водних систем.

В Україні налічується 63 119 річок, у тому числі великих (площа водозбору понад 50 тис. кв. кілометрів) – 9, середніх (від 2 до 50 тис. кв. кілометрів) – 81 і малих (менш як 2 тис. кв. кілометрів) – 63 029. Загальна довжина річок становить 206,4 тис. кілометрів, з них 90% припадає на малі річки.

Гальмівним фактором використання водних ресурсів є їх мінливість у часі: в природних умовах на частку весняного стоку припадає 60-70% на півночі і північному сході і до 80-90% на півдні країни. За запасами місцевих водних ресурсів (1 тис. куб. метрів на 1 жителя) Україна вважається однією з найменш забезпечених у Європі країн (у Швеції – 2,5 тис. куб. метрів, Великобританії – 5, Франції – 3,5, Німеччині – 2,5 тис. куб. метрів).

Для усунення територіальної і часової нерівномірності розподіл стоку водозабезпечення в Україні здійснюється за допомогою 1160 водосховищ (загальним об'ємом майже 55 куб. км), понад 28 тис. ставків, 7 великих каналів (загальною довжиною 1021 км, пропускною здатністю 1000 куб. м за секунду) і 10 великих водоводів, якими вода подається у маловодні райони. Водосховища Дніпровського каскаду з корисним об'ємом 18,7 куб. км забезпечують більше половини обсягу водокористування.



Територіальний розподіл водних ресурсів не повною мірою відповідає розміщенню водоемних галузей господарського комплексу. Доступні для широкого використання водні ресурси формуються переважно у водозбірних басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця, Південного і Західного Бугу, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я. Найбільша кількість водних ресурсів зосереджена в річках водозбірного басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% її загальних запасів. Найменш забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим та південні області України, де зосереджені найбільші споживачі води.

Як за об'ємом використаної води, що забирається з водних джерел, так і за безповоротними її втратами, сільське господарство є однією з найбільш водоемних галузей. У середньому 70% прісної води, виведеної з річок і підземних джерел, використовується для виробництва продовольства та іншої сільськогосподарської продукції.

З 1 га посівів кукурудзи за вегетаційний період витрачається близько 3 тис. т, пшениці – 1,5, капусти – 3, рису – до 20 тис. т води. У тваринництві при виробництві 1 т м'яса витрачається 20 тис. м<sup>3</sup> води. На підприємствах переробки сільськогосподарської продукції на виробництво 1 кг вершкового масла використовують 10 л, а на виробництво 1 т цукру – 100 л води. Значна кількість води витрачається і при підтриманні санітарно-гігієнічних умов на фермах: для життя тварин, очищення приміщень і їх дезінфекції, підготовки кормів, миття посуду, апаратури тощо. Так, при механізованому доїнні, на напування, миття приміщень, тварин і апаратури на одну голову ВРХ потрібно 115 л води, а у свинарнику-комбінаті з їдальнею на одну свиноматку – 234 л на добу.

Всі речовини, що забруднюють води і які викликають у них якісні зміни, розподіляються на мінеральні, органічні, бактеріальні й біологічні.

Постачальниками найбільшої кількості мінеральних забруднювачів вважаються промислові підприємства і сільськогосподарське виробництво. Органічне забруднення вод в основному пов'язане з інтенсифікацією

сільськогосподарського виробництва, викидами стічних вод промисловими підприємствами певного профілю (целюлозно-паперової промисловості тощо) і міськими побутовими стоками. До бактеріальних і біологічних забруднювачів належать різноманітні мікроорганізми, а також гриби і дрібні водорості.

Мінеральне забруднення – це пісок, глина, попіл і шлаки, розчини емульсій солей, кислот і мінеральних масел та інші неорганічні сполуки. Вони погіршують фізико-хімічні й органолептичні властивості води, викликають отруєння фауни водойм. Менш небезпечне мінеральне забруднення без специфічної токсичної дії – зважені частки піску, глини, інших порід, але і вони погіршують властивості води.

Органічні забруднення містять різноманітні речовини рослинного і тваринного походження (рештки рослин, овочів, плодів, живих тканин тощо). До цієї групи належать смоли, феноли, барвники, спирти, альдегіди, сірко- і хлорвмісні органічні сполуки, пестициди, що змиваються у водоймах із сільськогосподарських угідь, синтетичні поверхневоактивні речовини та ін.

Біологічні забруднення (хвороботворні бактерії і віруси, збудники інфекцій) надходять у водойми з побутовими стічними водами, а також з тваринницьких ферм і комплексів. Використання такої води для пиття, побутових потреб призводить до захворювання холерою, інфекційним гепатитом, дизентерією, черевним тифом.

Дуже негативно на водні ресурси впливає переробна промисловість АПК. За витратою води на одиницю виробленої продукції харчова промисловість посідає одне з перших місць серед галузей народного господарства. До найбільш водомістких галузей належать: цукрова, крохмало-мелясна, пивоварна, консервна і спиртова. Навіть для підприємств, обладнаних системами зворотного водопостачання, витрати свіжої води в декілька разів перевищують обсяги переробленої сировини: при переробці 1 т цукрових буряків витрати свіжої води становлять 1,8 м<sup>3</sup>, плодоовочевої сировини – від 5 до 7, картоплі на крохмаль – 8,7, кукурудзи на крохмаль

залежно від технології переробки – від 2,7 до 12,2, ячменю на солод – понад 20 м<sup>3</sup>.

Стічні води харчової промисловості не містять токсичних речовин, однак висока концентрація в них органічних забруднювачів потребує ретельного їх очищення перед скиданням у водойми. Такі стоки погано фільтруються і швидко загнивають, забруднюючи навколишнє середовище продуктами анаеробного бродіння. Неочищені стоки при скиданні значно погіршують властивості води, знижуючи вміст у ній кисню, надаючи неприємного запаху і смаку. При певних концентраціях неочищених стічних вод можуть загинути риба і планктон, а в деяких випадках бурхливо розмножуватися синьо-зелені водорості.

Для очищення стічних вод підприємств, що переробляють рослинну продукцію, влаштовують відстійники і поля фільтрації. Ефективніше такі води можна використовувати в землеробстві на полях зрошення, при цьому відбуватиметься їх очистка і підвищення родючості ґрунту. Одночасно забезпечується охорона поверхневих вод від забруднення, бо поля зрошення знижують до мінімуму можливість викидання стічних вод у водойми.

Можливі два напрями зниження витрат на водопостачання підприємств: за рахунок вдосконалення хімічних і біологічних методів очищення стоків, а також за рахунок скорочення забору води і відведення стоків на одиницю продукції внаслідок переходу на замкнену систему зворотного водопостачання. Води, забруднені пестицидами, можна очищати за допомогою сапрофітних мікроорганізмів. Для цього необхідно будувати водозбірники і розміщувати в них рослинні рештки. Вода тут аерується і після 3-6-місячного барбатирування стає придатною для зрошення. При цьому здійснюється не тільки очищення стікаючих з полів вод від пестицидів, але й різко зменшується їх міграція на великі відстані, що запобігає забрудненню чистих природних вододжерел.

Надзвичайно великий вплив на водні ресурси мають також зрошення та осушення земель. Іригацію практикували вже стародавні єгиптяни,

використовуючи розливи Нілу, щоб зросити оточені дамбами земельні ділянки. До того ж ці паводкові води давали родючий осад, що поліпшував властивості ґрунтів. Стародавні нубійці між третім і другим тисячоліттям до нашої ери винайшли форму зрошення за допомогою водяного колеса. Складні іригаційні системи були розроблені в долині Інду (на території сучасного Пакистану та Північної Індії) в 3 тисячолітті до н.е. У Північній і Південній Америці великі за площею території зрошувались більше 4000 років тому.

У середині 20-го століття поява дизельних та електричних двигунів призвела до того, що ґрунтові води викачуються з водоносних шарів швидше, ніж вони здатні відновитися. Це може призвести до постійної втрати потужності водоносного горизонту, зниження якості води, осідання ґрунту та інших проблем.

В наш час близько 68% площі, що піддається зрошенню, знаходиться в Азії, 17% в Північній і Південній Америці, 9% у Європі, 5% в Африці і 1% в Океанії.

Зрошення може призвести до ряду проблем:

- ✓ конкуренція за поверхневі води;
- ✓ виснаження підземних водоносних горизонтів;
- ✓ осідання ґрунту;
- ✓ засолення ґрунту з подальшим утворення токсичних солей в районах з високою випаровуваністю;
- ✓ забруднення води відходами та хімічними речовинами через погану рівномірність розподілу;
- ✓ підйом рівня ґрунтових вод;
- ✓ порушення стоку водою;
- ✓ зникнення екологічно та економічно важливих водно-болотних угідь або вологих лісів;
- ✓ вимивання нітратів з ґрунту;
- ✓ пошкодження структури ґрунту внаслідок вилуження тощо.

Оцінки показують, що приблизно третина зрошуваних земель в основних країнах, де практикується зрошення, вже сильно постраждали від засолення: Ізраїль – 13%, Австралія – 20%, Китай – 15%, Ірак – 50%, Єгипет – 30% зрошуваних земель.

Яскравим прикладом негативного впливу іригації є Аральське море (Центральна Азія), яке повільно зникає з 1960 року, коли радянські іригаційні системи спрямували його основні водні ресурси – річки Амудар'ю і Сирдар'ю – на зрошення великих площ сільського господарства. Через втрату джерел живлення у зв'язку з постійним зрошуванням бавовняних та інших полів Аральське море, яке раніше було четвертим за розмірами озером у світі, тепер зберегло лише 10% своєї початкової площі (рис. 13.1). Це впливає на біорізноманіття, оскільки в результаті випаровування вздовж узбережжя накопичується сіль, а вітер роздуває її по навколишніх територіях. Як наслідок, багато рослин зникають через неможливість існування в регіонах з високим рівнем солоності. Щодо формування ентомокомплексів в умовах зрошеного землеробства, то в загальному вигляді закономірності цього процесу є наступними:

- ✓ на початку розвитку зрошеного землеробства (3-5 років) відбувається перебудова ентомофауни ґрунту в бік її мезофілізації, і при цьому ксерофільні види поступово зникають зі зрошуваних земель, а звільнені від них екологічні ніші займають мезо- і мезоксерофільні види;

- ✓ у процесі першого етапу й у наступні 5-7 років відбувається поширення й різке збільшення чисельності видів із високою екологічною пластичністю; кількість видів-домінантів не є значною, але їхня чисельність у декілька разів може перевищувати чисельність інших видів тієї чи іншої групи;

- ✓ уже на другому етапі (10-20 років) на зрошуваних землях спостерігається поширення гігро- і галофільних видів, що є свідченням засолення й заболочення ґрунтів;

✓ на третьому етапі (20 і більше років) деякі мезофільні види надають перевагу незрошуваним або частково зрошуваним ділянкам, що вказує не тільки на суттєві зміни сольового, але й загального гідрологічного режиму зони впливу зрошуваного землеробства.

Дефіцит води і засоленість не тільки спричиняють збіднення біорізноманіття місцевих екосистем, вони також зменшують продуктивність прилеглих сільськогосподарських земель.

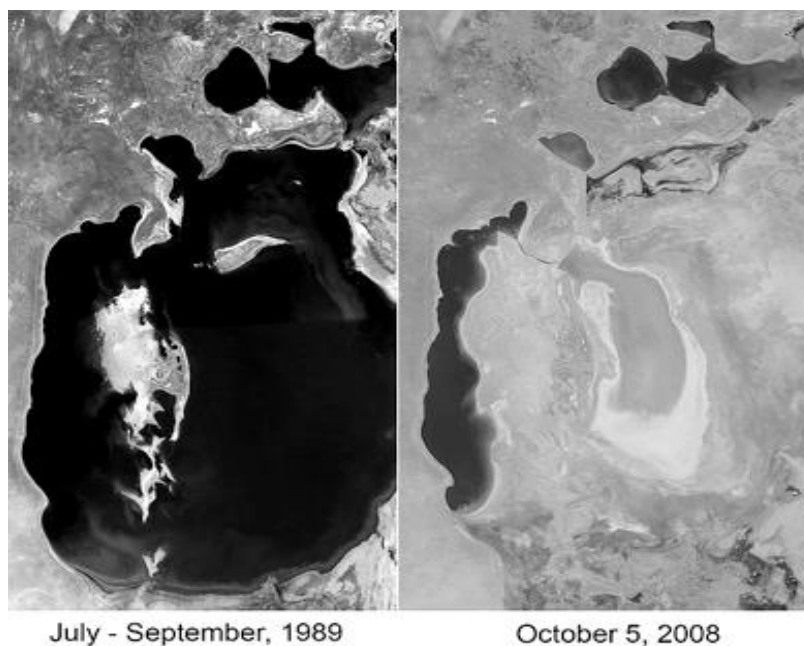


Рисунок 13.1. Порівняння супутникових фотознімків Аральського моря за 1989 і 2008 рр. (Джерело: NASA)

Тепер Аральське море фактично складається з трьох озер, двоє з яких, ймовірно, стануть мертвими протягом найближчих десяти років. Якщо раніше воно могло забезпечувати існування промислового рибальства – основного виду діяльності в регіоні – то сьогодні лише північне озеро підтримує водну флору і фауну. Щоправда, заходи щодо покращення екологічної ситуації дозволили дещо відновити Аральське море (рис. 13.2).

Меліорація боліт спричинила зникнення місць перебування диких тварин і зростання рослин. Також осушення призвело до порушення водного балансу. Торфові болота – найбільш поширені з поміж водно-болотних угідь,



Рисунок 13.2. Супутниковий фотознімок Аральського моря  
(Google, 2013)

їхня частка становить від 50 до 70% усіх водно-болотних масивів світу. І хоча вони займають лише 3% світової поверхні суходолу та прісноводних водойм, проте акумулюють близько 30% запасів вуглецю на планеті (550 Гт), що становить 75% усього атмосферного вуглецю або подвійний запас вуглецю лісової біомаси світу. З точки зору охорони біорізноманіття торфові болота є особливо цінними середовищами для багатьох видів флори і фауни, які перебувають під загрозою зникнення.

У світі значні площі боліт було осушено для потреб сільського господарства, лісівництва, видобутку торфу. Найбільших утрат у цьому контексті зазнала Європа – сучасні наукові дослідження свідчать про те, що торфоутворюючі процеси призупинилися на більше ніж половині колишніх територій боліт. Осушення боліт не тільки руйнує природне середовище існування багатьох видів, але й суттєво прискорює зміни клімату. Після осушення органічний вуглець, який накопичувався природнім шляхом тисячі років під шаром води, розщеплюється при взаємодії з повітрям, перетворюючись на двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), і вивільняється в атмосферу.

Також меліорація, якою передбачається випрямленням русел і відведення води з боліт, що знаходяться в заплавах річок, часто викликає зникнення малих річок. Крім того, вузьке пряме річище з відкрити берегами, де надмірно випасають худобу, стає непривабливим для більшості водно-болотних тварин, зокрема для птахів, які складають значну частку серед наземних хребетних фауни України.

Звивиста річка, заплава якої поросла очеретом, чагарником або деревами, та заболочені улоговини приваблюють велику кількість птахів. Запаси корму в таких угіддях відчутно більші, ніж в порушених заплавах. Після розмноження значна кількість птахів залишають місця гніздування на малих річках, озерах і ставках та переселяються на великі водойми. Але в цей час біля води формуються великі спільні зграї берегових, сільських і міських ластівок, а також шпаків. Навесні та восени над долинами малих річок проходять шляхи міграцій багатьох видів птахів, зокрема кількох видів куликів-побережників, які гніздяться за межами України.

Значна частка забруднення водойм припадає на пестициди. Перший відомий пестицид – сірка – використовувався в Древньому Шумері близько 4500 років тому. В «Рігведі», вік якої становить біля 4000 років, йдеться про застосування отруйних рослин для боротьби з шкідниками. До 15-го століття в сільському господарстві для захисту культур використовувались миш'як, ртуть і свинець. У 17 ст. з листя тютюну екстрагували нікотин-сульфат, що служив в якості інсектициду. З 19-го ст. розпочалося більш широке впровадження пестицидів.

При обробці сільськогосподарських угідь пестицидами частина їх втрачається внаслідок знесення вітром, розсіювання в атмосфері з потоками повітря, вимивання. Залежно від технології застосування і фізичних властивостей препаративної форми на рослини і ґрунт осідає 40-70% норми витрати, утворюючи початковий запас токсичної речовини. Значна частина пестицидів може поширюватися за межі оброблюваних ділянок і тривалий час циркулювати в біосфері.



В атмосферу вони надходять безпосередньо при їх застосуванні, а також внаслідок випаровування з поверхні ґрунту, рослин, води. Потім у результаті конденсації парів і утворення краплиннорідких або твердих часток пестициди з атмосфери потрапляють у ґрунт, на поверхню рослин і у водойми, розповсюджуючись на великих територіях. У водойми вони надходять з поверхневими і підґрунтовими стоками із сільськогосподарських угідь.

Показовим прикладом глобальної міграції хлорорганічних пестицидів, зокрема ДДТ, є їх накопичення в жирі пінгвінів, які живуть в Антарктиді. Нагромадження пестицидів в окремих тканинах відбувається непомітно. Але коли кількість їх досягає певного рівня, вони призводять до порушення функцій найважливіших органів, захворювання і зниження стійкості організму та екосистем.

Вимивання добрив спричиняє накопиченні в водоймах значної кількості поживних речовин, що призводить до евтрофікації і та потрапляння в питну воду численних забрудників, зокрема – нітратів.

Водойми України характеризуються значним забрудненням (рис. 13.3, 13.4). Вимоги до питної води в нашій державі в декілька разів нижчі, ніж у Європі, що позначається на її якості.

Для питного водопостачання в Україні використовуються поверхневі та підземні прісні води. Централізоване водопостачання на 80% забезпечується за рахунок поверхневих вод. Вода Дніпра є основним джерелом питного водопостачання країни. Зростаюче забруднення води поверхневих водойм, підсилене неефективною роботою водопровідних очисних споруд (невідповідність технологічних схем водоочистки, порушення технологічних режимів, незадовільний технічний стан розподільчої мережі, відсутність кваліфікованих експлуатаційних служб тощо), створює серйозну проблему отримання якісної питної води.



Рисунок 13.3. Забрудненість підземних джерел України.

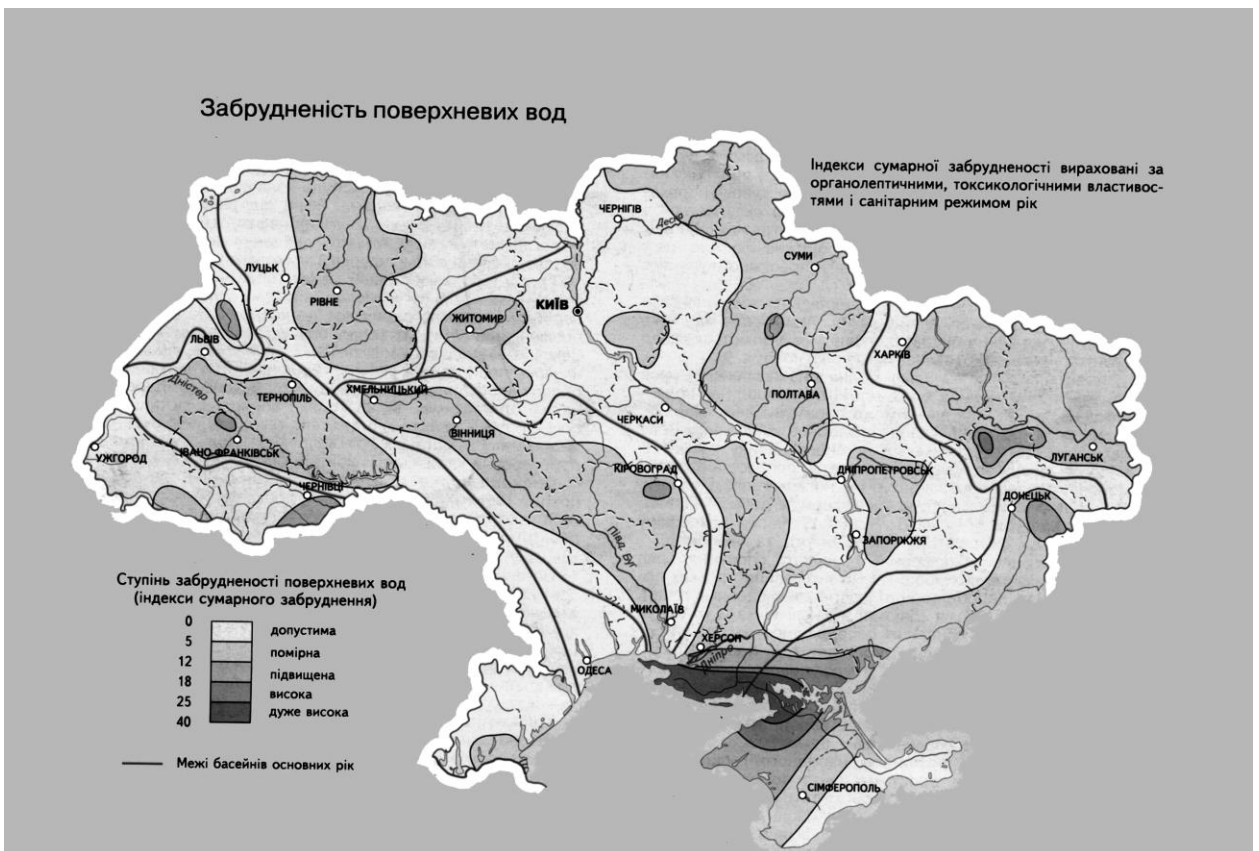


Рисунок 13.4. Забрудненість поверхневих вод України.

Підземні води більш захищені від зовнішніх факторів, а тому зазвичай характеризуються стабільним хімічним складом. Натомість в окремих регіонах за рахунок природних чинників або антропогенного впливу ці води мають некондиційний склад переважно за такими показниками, як жорсткість, загальна мінералізація, сульфати, сполуки заліза, марганцю, хлориди, рідше – за сполуками фтору та групи азоту. Низька якість вихідної води, насамперед поверхневих водойм, потребує від підприємств питного водопостачання застосування таких технологічних схем і споруд, які б забезпечували адекватний рівень очищення природної води для подальшого споживання.

Як відомо, якість питної води централізованих систем водопостачання залежить від якості вихідної води, ефективності технологій її підготовки, методів кондиціонування артезіанської води, а також стану водопровідних мереж і регулярності їх експлуатації. Серед основних причин відхилення стану водопроводів від гігієнічних вимог домінує відсутність водоохоронних зон (76-69%), необхідного комплексу очисних споруд (13-18%) та знезаражувальних установок (16-22%). Відсутність зон санітарної охорони є найбільш характерною для сільських водогонів (понад 50% об'єктів). Частка відомчих водопроводів, які не мають водоохоронних зон, становить 11-15%, а комунальних – 5-8%. Необхідний комплекс очисних споруд відсутній у 6-7,5% сільських, 4-5% відомчих та 3-5% комунальних водопроводів. Відсутність знезаражувальних установок також частіше відзначається на сільських водогоних (11-13%). Для відомчих і комунальних водогонів цей показник становить 3-4 та 2-3% відповідно.

У більшості регіонів України основною причиною відхилення від гігієнічних вимог є відсутність на водопроводах зон санітарної охорони. Водночас у Дніпропетровській, Черкаській, Житомирській, Закарпатській, Львівській, Київській областях та місті Севастополь значний відсоток водопроводів не має повного комплексу очисних споруд. Відсутність знезаражувальних установок характерна для багатьох водогонів Івано-

Франківської, Донецької, Тернопільської, Луганської, Житомирської, Закарпатської, Одеської областей, АР Крим і м. Севастополя.

Найбільша кількість проб питної води з мереж України відхиляється від нормативів чинного стандарту за органолептичними показниками (63-72%). Проби питної води з наднормативною загальною мінералізацією становлять 23-28%, із перевищенням ГДК хімічних речовин – 10-16%, а з надлишковим вмістом нітратів – 4-7%. Протягом останніх десяти років також спостерігається зниження частки проб питної води з перевищенням мікробіологічних показників (в основному колі-індексом).

Найгірша якість питної води у системах централізованого водопостачання з відхиленням від державних санітарних норм і правил за санітарно-хімічними показниками реєструється у Луганській (35,1%), Запорізькій (20,0%), Дніпропетровській (19,6%), Миколаївській (17,5%), Херсонській (16,1%) та Київській (15,7%) областях. Бактеріологічне забруднення, яке перевищує нормативи, частіше фіксується у Тернопільській (7,4%), Закарпатській (7,3%), Харківській (7,2%), Вінницькій (7,0%), Миколаївській (6,9%) та Кіровоградській (5,6%) областях.

Таким чином, проблеми водопостачання населення та якості питної води значно загострилися, особливо в останні роки, і потребують комплексного вирішення. Основна кількість водоочисних споруд була побудована понад 40-50 років тому і тепер є застарілою. На більшості з них застосовуються недосконалі технології, реагенти і матеріали, що не здатні перешкоджати потраплянню у питну воду речовин, дія яких на організм людини може негативно вплинути на її здоров'я. Важливим залишається питання надійного знезараження води, особливо з урахуванням теперішнього стану водоводів і розподільних мереж, які містять постійну загрозу вторинного забруднення води. З метою поліпшення якості питної води, що подається населенню, необхідно ширше використовувати підземні води, вести постійний еколого-гігієнічний моніторинг якості води поверхневих водойм, використовувати додатково очищену воду, яку отримують у

локальних водоочисних установках колективного використання або з індивідуальних фільтрів.

## 14. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АПК

Механізація сільськогосподарського виробництва передбачає переведення всіх його галузей на індустріальну основу, повну електрифікацію і комплексну механізацію виробничих процесів, поступовий перехід від ручної до машинної праці. Індустріалізація вимагає розвитку сільськогосподарського машинобудування, хімічної і нафтохімічної промисловості, електроенергетики та інших галузей індустріального комплексу. Її економічна ефективність полягає в зниженні затрат на виробництво продукції, систематичному підвищенні продуктивності сільськогосподарського виробництва, зростанні чистого доходу тощо. Природні і промислові засоби виробництва, їх оптимальне співвідношення та поєднання в одному технологічному процесі повинні забезпечувати високу стабільність сільськогосподарського виробництва і його економічну ефективність.

Прикладом того, як технічний прогрес може обертатись регресом, є механічний обробіток ґрунту. Тепер існують потужні трактори, плуги, культиватори і борони, які здатні обробляти ґрунт на глибину 27 см і більше, а маса самохідних зернозбиральних комбайнів у розрахунку на 1 м ширини захвату за останні 30 років зросла більш ніж у 1,5 рази. Виявилось, що підвищення інтенсивності механічного обробітку порушує мікроструктуру ґрунту, негативно позначається на врожайності і стимулює ерозію.

Сучасна технологія вирощування сільськогосподарських культур передбачає багаторазовий вплив ходових пристроїв машинно-тракторних агрегатів (МТА) на ґрунт. Наприклад, поле під озимою пшеницею зазнає, як мінімум, дворазового впливу, а поле під цукровим буряком – шестиразового. При інтенсивних технологіях вирощування зернових кількість проходів МТА помітно зростає. Багаторазові проходи тракторів та інших сільськогосподарських машин і агрегатів призводять до ущільнення ґрунтів,

погіршення їх найважливіших агрономічних властивостей, і в результаті – до зниження урожаїв сільськогосподарських культур. Проходи коліс важких МТА по розпушеному і зволоженому ґрунту особливо несприятливі. Ущільненню сприяє буксування і вібрація рушіїв, високий тиск у шинах, вузькі відстані між опорами ходових систем (що, зокрема, істотно збільшує загальну площу ущільнення поля) та ін. (Рис 11.1). На типовому чорноземі при багаторазових проходах тракторів різних марок (Т-16М, Т-54В, МТЗ-52, МТЗ-80, Т-74 і особливо – 150К) в шарі до 10 см щільність ґрунту може перевищити критичну для більшості сільськогосподарських культур (1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>). Це зумовлює зменшення вмісту в ній повітря нижче критичного рівня (15%), збільшення твердості (20 кг/м<sup>2</sup>), зменшення водопроникності (до 10-15 мм/год) і різке погіршення умов для розвитку кореневих систем рослин. Такі негативні зміни виявляються до глибини 50-60 см (за деякими даними – до 120 см), але глибше 30 см вплив ходових систем тракторів постійно послаблюється.

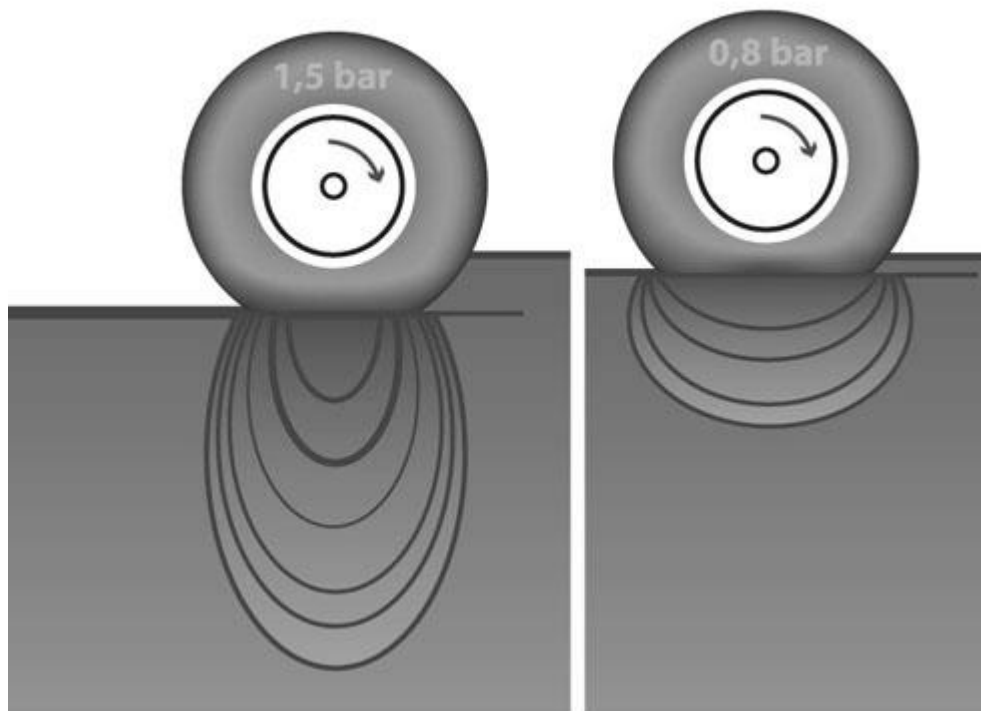


Рисунок 14.1. Ущільнення ґрунту шинами з високим тиском.

За даними Естонського НДІ землеробства і меліорації, різні машини впродовж технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур проходять по полю від 5 до 10-15 разів (зернові культури), а іноді навіть 20-25 разів (просапні культури). У підсумку загальна площа слідів тракторів та інших машин становить 100-200% площі поля. 10-20% площі ущільнюється колесами машин від 6 до 20 разів (на поворотних смугах), 65-80% – від 1 до 6 разів, і лише 10-15% площі залишається некатаною. Так, без урахування збирально-транспортних робіт при вирощуванні озимої пшениці площа, яка покривається колесами і гусеницями тракторів на 1 га, досягає в середньому 2226 тис. м<sup>2</sup>, при вирощуванні кукурудзи - 18-30 тис. м<sup>2</sup>, цукрових буряків - 30-32 тис. м<sup>2</sup>. Причому ущільнення ґрунту досить суттєве. Якщо вихідна щільність у шарі 10-20 см дорівнювала 1,18-1,36 г/см<sup>3</sup>, то після проходження тракторів вона значно збільшилась: Т-34 – 1,33-1,44 г/см<sup>3</sup>; МТЗ-80 – 1,39-1,44 г/см<sup>3</sup>; Т-150К – 1,48-1,51 г/см<sup>3</sup>; К-700 – 1,62-1,63 г/см<sup>3</sup>. В результаті ущільнення знижується водопроникність ґрунту, зменшується кількість продуктивної вологи, а в кінцевому підсумку знижуються і врожаї. Встановлено, що збільшення або зменшення об'ємної маси ґрунту від оптимальної на 0,1-0,3 г/см<sup>3</sup> призводить до зниження врожаю на 20-40%. Наприклад, при чотириразовому вкатуванні ґрунту урожай ячменю знизився з 38,4 до 17,1 ц/га, вівса – зі 33,3 до 23,6 ц/га.

Взагалі наближені межі допустимого навантаження на ґрунт при ранньовесняному боронуванні не повинні перевищувати 0,4 кг/см<sup>2</sup>; при передпосівному обробітку, сівбі та при кочуванні – не більше 0,5-0,6 кг/см<sup>2</sup>; при літніх та осінніх роботах за вологості ґрунту не вище 60% повної польової вологомісткості – 1,0-1,5 кг/см<sup>2</sup>.

Проте кількість проходів по одному й тому самому місцю поля неоднакова. При вирощуванні озимої пшениці понад 30% площі поля зазнає дворазової дії ходовими системами тракторів, 20% – шестиразової і 2% – восьмиразової. Не ущільнюється лише 10% площі поля. Поворотні смуги прикочуються колесами і гусеницями машин до 20 разів протягом року (А. С. Кушнарєв, В. І. Кочев, 1989.



Дія ходових систем тракторів на ґрунт залежить від типу рушія (гусеничний, колісний) і маси трактора. При роботі тракторів МТЗ-80, ДТ-75М, Т-70С ущільнювальна дія поширюється на глибину до 45 см, Т-150К і К-700 – на 50-70 см. Іноді ущільнення від дії ходових систем тракторів Т-150К і К-700 поширюється на глибину 1-1,2 м. При цьому істотно збільшується об'ємна маса орного і підорного шарів, зменшується загальна пористість на 23-25%. У багатьох ґрунтово-кліматичних зонах щільність будови ґрунту не самовідновлюється і в наступні роки.

Ущільнення ґрунту пов'язане насамперед із зміною порового простору, причому цей процес починається з деформації крупних некапілярних пор. Найбільш цінними для фізичних властивостей ґрунту є пори розмірами 100-300 мк і більше, по яких транспортується і перерозподіляється велика кількість води, швидко та глибоко проникає в ґрунт повітря. Волога, що міститься в порах розміром менше 10 мк, малодоступна рослинам. Ущільнення ґрунтів призводить до зменшення пор розміром понад 10 мк. Так, при ущільненості ґрунту від 1,25 до 1,62 г/см<sup>3</sup> загальна пористість зменшується від 52 до 39%. За об'ємної маси 1,32 г/см<sup>3</sup> пори розміром понад 300 мк становлять 2-3% від об'єму ґрунту. При ущільненні до 1,50 г/см<sup>3</sup> кількість пор понад 10 мк зменшується до 6%, але в 1,5 рази збільшується об'єм пор розміром менше 3 мк (А. С. Кушнарєв, В. І. Кочєв,. Це призводить до того, що при однаковій ваговій вологості внаслідок ущільнення ґрунту зменшується кількість доступної рослинам вологи і збільшується вміст недоступної води в мікропорах. Навіть після поливу запас доступної вологи в активному шарі ґрунту на ущільнених ділянках на 250-300 м<sup>3</sup>/га нижчий, ніж на неущільнених. Крім того, водопроникність ущільненого ходовими системами тракторів ґрунту зменшується в 2-4 рази і більше.

Ущільненість ґрунту погіршує повітрообмін, поживний і температурний режими, знижує біологічну активність ґрунту. Інтенсивність виділення із ущільненого ґрунту СО<sup>2</sup> зменшується в 1,2-1,6 рази, а основною формою азоту (до 95%) протягом вегетаційного періоду рослин є амоній, що пов'язано з погіршенням повітряного режиму. У результаті в ґрунті переважають процеси

бродіння і розкладання органічних речовин з накопиченням різних газів: етилену, водню, метану, сірководню та інших. Іноді утворюються оксикислоти, токсичні для проростків, що знижує схожість насіння.

При ущільненні ґрунту зміщується його окисно-відновний потенціал. При цьому змінюються інтенсивність та спрямованість біологічних і біохімічних процесів, зростає денітрифікація, припиняється мобілізація малодоступних для рослин форм фосфору. У результаті відбувається втрата з ґрунту доступного для рослин азоту, посилюється діяльність сульфатредуючих бактерій і накопичується сірководень. Одночасно придушується життєдіяльність анаеробних вільноживучих і симбіотрофних азотфіксуючих мікроорганізмів. В анаеробних умовах різко зростає накопичення закисних форм заліза і алюмінію, токсично які впливають рослини.

Амплітуда коливань температури в ущільненому ґрунті вища, ніж у неущільненому. Ущільнений ґрунт у ранкові години має нижчу температуру, вдень прогрівається сильніше, а увечері швидше охолоджується.

Збільшення твердості ґрунту внаслідок ущільнення перешкоджає проходженню зародкового корінця і погіршує аерацію в період підвищення вологості, що знижує схожість насіння. Коріння на ущільнених ділянках деформоване і концентрується у прошарках зі зниженою щільністю ґрунту, внаслідок чого зменшується урожайність культур. В ущільнений ґрунт коріння рослин проникає слабо, до 80% його знаходиться в шарі 7-10 см.

Ущільнення ґрунту ходовими системами спричинює брилоутворення. На ущільнених ділянках суглинкових і глинистих ґрунтів під час оранки утворюються брили діаметром 60-70 см і масою 35-40 кг. Істотно погіршується кришіння при підготовці такого зораного ґрунту під посів культур. Якщо на неущільнених ділянках грудок розмірами понад 10 мм налічує 12-15%, то на ущільнених колесами трактора К-700 їх у верхньому шарі 38-45%.

Оранка і наступний механічний обробіток попередньо ущільненого ґрунту хоч і знижують його об'ємну масу до  $0,9-1 \text{ г/см}^3$ , але супроводжуються утворенням брил. Одночасно з цим зростають затрати енергії на обробіток. Так,

на слідах гусеничних тракторів опір оранці зростає на 16-25%, важких колісних тракторів і автомобілів - на 46-65%, транспортних агрегатів - на 72-90%. Щоб одержати приблизно однакові показники кришіння ґрунту в колії, утвореній колесом Т-150К, і за її межами, необхідно докласти певних зусиль, оскільки їхня ущільненість відрізняється в кілька разів.

Дослідники, котрі в різний час працювали над вирішенням цієї проблеми, встановили наступні наслідки ущільнення ґрунту для рослинництва:

- ✓ зменшення кількості та довжини коріння, зменшене утворення бокових кореневих відгалужень (табл. 14.1) зменшення урожайності на 50% у першій рік після ущільнення (в наступні роки дещо менше), значне зменшення стабільності урожаю:

- ✓ акумуляція поживних речовин над ущільненим шаром ґрунту;
- ✓ незадовільне забезпечення коріння повітрям та вологою;
- ✓ підвищений опір при обробітку ґрунту і, відповідно, збільшення витрат на обробіток;

- ✓ застій води на поверхні поля, замулення, підвищений ризик водної ерозії;

- ✓ зниження ініфільтраційних властивостей ґрунту;

- ✓ зменшення мінералізації;

- ✓ погане перегнивання соломи та сидератів тощо.

Агротехнічні заходи, що запобігають ущільненню ґрунтів:

- ✓ неглибокий обробіток з причіпними машинами;

- ✓ прями́й посів і посів по мульчі (підвищують стабільність ґрунтів);

- ✓ зменшення кількості та інтенсивності операцій з обробітку ґрунту,

використання комбінованих агрегатів;

- ✓ оптимізація вмісту гумусу та кислотності ґрунту;

- ✓ вибір культур, найбільш прийнятних для місцевих умов, і дотримання сівозміни тощо.

Табл. 14.1. Морфологія і продуктивність коренів ячменю залежно від ступеня ущільнення ґрунту.

Ступінь ущільнення, г/см	Маса коренів, г	Об'єм коренів, г/см <sup>3</sup>	Середній діаметр коренів, мм	Надземна маса, г	Коефіцієнт продуктивності
0,9	0,62	12,8	0,28	1,81	2,9
1,1	0,52	11,1	0,28	2,28	4,4
1,3	0,31	6,4	0,15	1,70	5,5
1,5	0,29	6,0	0,12	1,39	4,8

Усунути ущільнення ґрунту на кормових площах, де постійно працює чимало техніки, майже неможливо, тому потрібно йому запобігати. Зокрема, не допускати проведення робіт у мокрому полі, під час дощу, застосування важких самохідних комбайнів та квадратних пресів, удобрення важкими гноєрозкидачами, уникати багаторазового проїзду по полю транспортних засобів і т. д.

Негативний вплив ходових систем мобільних агрегатів на ґрунт можна зменшити впровадженням у практику комплексу організаційних заходів, що забезпечують їх рух за заздалегідь наміченими маршрутами. При цьому більшість технологічних операцій виконується при пересуванні тракторів по одних і тих самих коліях – завчасно визначених і фіксованих на період вирощування сільськогосподарської культури маршрутах. Щоб зменшити площу ущільнення поля, слід, за можливістю, надавати перевагу тракторам великого тягового класу, завдяки чому при агрегуванні із широкозахватними зняряддями набагато зменшується кількість проходів по полю. Так, при культивуванні ґрунту МТЗ-82 ущільнює 1650 м<sup>2</sup>/га, а Т-150К – удвічі менше. Такого самого результату можна добитися і при вживанні інших заходів. При цьому не слід допускати проходів енергонасичених тракторів по перезволоженому ґрунту.

Із застосуванням маршрутизації руху МТА площа ущільнення поля при вирощуванні головних сільськогосподарських культур (озимої пшениці, цукрових

буряків, кукурудзи) зменшується в 1,7-2,7 разів (табл. 11.2). Крім того, завдяки маршрутизації зменшується кількість проходів по полю, поліпшується організація ведення польових робіт, знижуються витрати палива і підвищується продуктивність агроценозів.

Табл. 14.2. Загальна площа ущільнення поля при обробітку ґрунту (без урахування збирально-транспортних операцій), тис. м.

<b>Сільськогосподарська культура</b>	<b>Рекомендована (типова) технологія</b>	<b>Технологія обробітку з маршрутизацією</b>
Цукровий буряк	29,2	17,5
Кукурудза	29,0	15,2
Озима пшениця	22,5	8,3

Маршрутизацією руху тракторів усувають зайві проходи полем, поліпшують організацію ведення польових робіт, знижують витрату пального, підвищують урожайність сільськогосподарських культур, стабілізують еколого-технологічний каркас стійкості ґрунту, під яким розуміють його здатність зберігати свої агрономічно значущі параметри в умовах дії зовнішнього чинника в тому діапазоні значень, що забезпечує стабільність функціонування агроєкосистеми загалом (табл. 14.3).

Табл. 14.3. Вплив маршрутизації руху сільськогосподарських машин і знарядь на урожайність ячменю на чорноземі типовому (учгосп Харківського аграрного університету).

<b>Технологія обробітку</b>	<b>Урожайність, ц/га</b>	
	<b>Надземна маса</b>	<b>Зерно</b>
Без маршрутизації	136	38,5
З маршрутизацією	172	41,2

Рекомендації сільськогосподарським підприємствам:

1. На середньо- важкосуглинкових і глинистих ґрунтах під час передпосівного обробітку й посіву сільськогосподарських культур, а також виконання інших операцій за вологості ґрунту понад 0,70 НВ (НВ – найменша, або польова вологоємність: для середньо- і важкосуглинкових ґрунтів 0,70 НВ приблизно відповідає вологості  $\pm 22 - 24 \%$ ) в основному треба застосовувати гусеничні трактори й максимально обмежувати використання колісних типу К-700, К-700А, К-701, Т-150К. Агрегати з колісними тракторами класів 3-5 для передпосівного обробітку ґрунту можна застосовувати за вологості орного шару ґрунту не більш як 0,65 – 0,70 НВ.

2. Під час підготовки ґрунту до посіву, сівби та догляду за сільськогосподарськими культурами треба застосовувати широкозахватні або комбіновані агрегати, які повністю реалізують тягові можливості трактора. Це забезпечить зменшення кількості слідів на полі і числа проходів техніки по одному сліду.

3. Якщо для сівби були використані колісні трактори, потрібно провести розпушення і вирівнювання слідів трактора. Залежно від ґрунтових умов слід застосовувати спеціально виготовлені розпушувачі.

4. Під час розробки виробничих схем організації польових робіт варто віддавати перевагу такій схемі, за якої проходи полем усіх видів техніки, особливо автомобілів, транспортних і технологічних агрегатів, а також комбайнів, були б найменшими. Заправляти агрегати насінням, добривами, гербіцидами, паливом треба за межею поля без заїзду на нього транспортних засобів. Для вивезення з поля урожаю, особливо таких культур, як картопля, овочі, цукрові буряки тощо, за допомогою транспортних тракторних агрегатів з причепами в межах поля як тягач варто використовувати, де це можливо, гусеничні трактори.

5. З метою підвищення стійкості ґрунтів до ущільнення, прискорення процесу їх саморозущільнення і підвищення ефективності розущільнення ґрунту за глибокого розпушення рекомендується вносити високі дози (80-120 т/га) органічних добрив.

6. Доцільно практикувати прийоми мінімального обробітку ґрунту, рекомендовані для певної зони.

7. З метою розуцільнення переуцільнених ґрунтів треба проводити глибокий безполицевий або чизельний обробіток.

Хімічний вплив агротехніки проявляється в забрудненні повітря, ґрунтів та водою хімічними речовинами (зокрема, нафтопродуктами), які використовуються чи утворюються під час роботи двигунів та інших агрегатів, проведенні технічних оглядів, промиванні карбюраторів, консервації техніки тощо. Основною причиною їх утворення є заміна масел і змазок при технічному обслуговуванні та ремонті машин. Забруднення відбувається також за рахунок втрат паливно-мастильних матеріалів від несправної техніки, від викиду в атмосферу різних газів при роботі дизельних та бензинових двигунів.

Шум, інфра- та ультразвуки чинять негативний акустичний вплив як на дику фауну, так і на сільськогосподарських тварин. Джерелами звукового (шумового) забруднення біогеоценозів є автомашина, трактори, комбайни та інші механізми. Особливо великої шкоди шуми почали заподіювати тваринництву після його переходу на промислову основу. При роботі доїльних апаратів, розподільників корму, тракторів та іншої техніки інтенсивність шуму досягає 70 дБ, а на птахофермах вона може сягати 75–100 дБ. Під впливом шуму у корів підвищується температура тіла, частішають пульс і дихання, відбуваються зміни в крові, посилюється нерве збудження тощо. Внаслідок цього знижуються надой молока.

Жива маса курчат при сильних звукових впливах зменшується, а витрати кормів на одиницю приросту ваги збільшуються. У великих господарствах для птахів характерна так звана «шумова істерія», при якій кури внаслідок стресу починають тривожитися, посилено махати крилами, травмуючи одна одну. Результатом є зменшення яйценосності.

Тому при експлуатації обладнання в тваринницьких приміщеннях слід намагатися знизити інтенсивність шуму до 70 дБ, а в птахівницьких – до 90 дБ. Це

досягається шляхом звукоізоляції стін та дверей, регулюванням механізмів. Дороги варто обсаджувати зеленими насадженнями, які значно поглинають шум.

У зв'язку з широкою електрифікацією сільського господарства особливо актуальна профілактика поразки тварин електрострумом. Передусім це стосується тваринницьких і птахівницьких приміщень з їх складним електротехнічним устаткуванням. Тому необхідні якісний монтаж електроустановок, надійна ізоляція електропроводів, екранування джерел випромінювання і т. п.

Короткохвильовий спектр електромагнітного випромінювання (світло) також турбує тварин, особливо у нічний час, та викликає загибель великої кількості комах, які летять на світло фар сільськогосподарських агрегатів і гинуть, потрапляючи із течією повітря на радіатори агротехніки.

Довгохвильове електромагнітне випромінювання спричиняє зміни клітинних і молекулярних біологічних структур. Імпульси електромагнітного поля можуть викликати мутагенних ефекти. Крім того, під їх впливом в організмі можуть відбуватися необоротні порушення терморегуляції, які ведуть до загибелі тварин.

Під впливом шумів та електромагнітного поля в умовах скупченості у свійських тварин чи птахів спостерігається патологічна поведінка: ухиляння матері від годівлі приплоду або навіть випадки канібалізму. Стресові реакції призводять до перенапруги адаптивних властивостей організму та до різноманітних захворювань.

Відома велика чутливість клітинних мембран до дії найрізноманітніших хімічних і фізичних агентів, зокрема до опромінення. Крім зміни проникності біологічних мембран і прискорення активного транспорту катіонів натрію, під впливом електромагнітного випромінювання відбувається активація окислення ненасичених жирних кислот і роз'єднання процесів окислення й фосфорилування в мітохондріях. Цитогенетичні дослідження показали достовірне збільшення клітин із порушеннями в експериментальній групі порівняно з контролем. Цитогенетичний аналіз клітин крові корів з ферми, розташованої поблизу РЛС,



показав значну кількість генетичних ушкоджень кісткової тканини та випадків аномального гематопоезу.

Слабкі електромагнітні поля також впливають на живі організми. Особливо чутливими є мікроорганізми – в їхніх популяціях відбувається зниження рухової активності та зростає смертність. Дослідження, проведене В. І. Рибниковою (1982) про вплив електромагнітних хвиль інтенсивністю 20-40мВт/см<sup>2</sup> на певні біологічні об'єкти (сальмонелу, золотавого стафілокока), встановило, що з опромінених мікроорганізмів змінюються морфологічні ознаки, які передаються у спадок, та біохімічні властивості. Отже, мікрохвилі можуть бути мутагенним чинником.

У районах дії електричного поля поширені аномалії розвитку рослин – зміни форми й розмірів квіток, листя, стебел, іноді з'являються зайві пелюстки. Проведені спостереження та експерименти показали, що простежується зменшення сухої ваги надземної маси вівса і соняшнику, які зростають під лініями електропередач. Відзначено негативне дію електромагнітного поля на величину потенційної нітрогеназної активності ґрунтової ризосферної популяції, довжину проростків рослин.

Серед комах цей чинник може викликати зміни у поведінці, діючи на рівні інформаційних відносин між особами, а також має суто фізичну дію на деякі фізіологічні характеристики (обмін речовин, розвиток) і слабо впливає на генетичному рівні. В районі дії електричного поля в бджіл фіксується підвищена агресивність, занепокоєння, зниження працездатності й продуктивності, схильність до втрати маток; у жуків, комарів, метеликів та інших літаючих комах спостерігається зміна поведінкових реакцій, зокрема зміна напрямку руху в бік із меншим рівнем поля. Власне, систему орієнтування бджіл порушують не тільки лінії електропередач, а й випромінювання стільникових телефонів і пристроїв-приймачів/передавачів. Вони не можуть знайти дорогу до вулика і гинуть.

Найпоширенішими реакціями комах (наприклад, бабок, метеликів, хрущів, джмелів) на електромагнітне випромінювання є уникнення підльоту на близьку

відстань до джерела подразнення, тимчасова втрата орієнтації й координації у просторі, включаючи падіння. В той же час було зареєстровано збільшення в 2-6 раз чисельності особин деяких комах (жука-кузьки, шпанської мушки, тлі) під лініями електропередач, що можна пояснити зменшенням чисельності природних ворогів і більше багатим запасом харчових ресурсів. Під впливом надвисокочастотних мікрохвильових полів відзначається порушення поведінки мурашок, які втрачають здатність «інформувати» побратимів про джерело їжі.

У районах з підвищеним рівнем електромагнітного поля спостерігаються зміни в житті тварин, насамперед пов'язані з порушеннями функціонування центральної нервової системи. Також відбуваються зміни загального стану організму, метаболізму (білкового, вуглецевого й енергетичного обмінів), процесів нейрогуморальної регуляції, при безупинному впливі електромагнітного поля напруженістю 1-5кВ/м з'являються репродуктивні порушення.

Результати кількох досліджень сільськогосподарських тварин (вівці, ягнята), які постійно піддаються електромагнітному опроміненню, показали, що істотної різниці з контролем в показниках продуктивності, рівнях захворюваності та смертності немає. Але виявлено статистично достовірне зниження імунної активності.

Біологічна активність електромагнітного поля різна щодо екосистем з різною стійкістю (толерантністю) до дії цього чинника. Відомо, що існують природні екосистеми з дуже злагодженою організацією, при якій найменше втручання людини викликає серйозні порушення у функціонуванні спільноти, і на відновлення гомеостазу потрібен тривалий час. У цьому випадку техногенні (в тому числі сільськогосподарські) джерела електромагнітного випромінювання можуть виявитися лімітуючим фактором і сильно змінити властивості екосистеми.

Багато організмів мають більшу чутливість до електромагнітного поля, ніж людина. У цьому випадку обґрунтованість прийняття гранично допустимих рівнів, оптимальних для людини, є спірним питанням. Про високу чутливість багатьох тварин до ЕМП свідчить наявність геомагнітного тропізму, тобто

використання геомагнітного поля Землі в якості орієнтира. Така здатність виявлена у багатьох живих організмів: найпростіших (планарії, вольвокс, парамеції, равлики та ін), комах (хрущі, мухи, терміти, бджоли, метелики) ракоподібних, амфібій і рептилій (тритони, печерні саламандри, крокодили, черепахи), риб (угри, лящі та ін), птахів. Підвищеною чутливістю до ЕМП володіють тварини, що мігрують на далекі відстані, зокрема птахи. Крім того, багато істот використовують ЕМП для здійснення дистанційних взаємозв'язків, що забезпечують узгоджене виконання рухових маневрів у зграях риб і птахів, в стадах ссавців, в скупченнях комах і одноклітинних організмів. Прояви геомагнітного тропізму експериментально виявлені і у рослин – насіння, висаджене паралельно силовим лініям геомагнітного поля, проростає швидше, ніж при перпендикулярному або безладному розташуванні. Така орієнтація насіння посилює не тільки його зростання, а й інтенсивність різних фізіологічних процесів, що призводить до підвищення врожайності.

Сильні відхилення ЕМП від природного рівня в більшу або меншу сторону виходять за межі оптимуму життєдіяльності живих організмів і є стресовим фактором.

## 15. ПОНЯТТЯ «ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ АГРОЛАНДШАФТІВ»

У 1884 р. французький хімік А. Ле-Шательє сформулював принцип, відповідно до якого будь-які зовнішні впливи, що виводять систему зі стану рівноваги, викликають у цій системі процеси, які намагаються послабити зовнішній вплив і повернути систему в початковий рівноважний стан. Спершу вважалося, що принцип Ле Шательє можна застосовувати до простих фізичних та хімічних систем. Подальші дослідження показали можливість застосування принципу Ле Шательє і до таких великих систем, як популяції та екосистеми, і навіть до біосфери. Так, наприклад, принципу Ле Шательє підпорядковується екосистема Світового океану. Її біота поглинає до половини вуглекислого газу атмосфери і тим компенсує підвищене надходження антропогенного вуглекислого газу. Але біота суходолу вже виведена зі стану, коли вона керувалася цим принципом, і в наш час наземні екосистеми в сумі виділяють більше вуглекислого газу, ніж в доантропогенну еру.

Екологічна стійкість – це властивість природного територіального комплексу (ПТК) зберігати динаміку природного розвитку за умов впливу факторів, що виводять систему з рівноваги (наприклад, техногенних дій). Ступінь досягнутої стабільності залежить як від жорсткості навколишнього середовища, так і від ефективності внутрішніх механізмів саморегулювання. Потенційною екологічною стійкістю називається стійкість ПТК, яка визначається за певними прямими або посередніми ознаками, без врахування конкретної техногенної дії.

Розрізняють два типи стійкості – пружну і резистентну.

Пружну стійкість має система, яка у відповідь на певний вплив виходить зі стану рівноваги, але з припиненням дії цього чинника повертається до вихідного стану. Прикладом такої стійкості можуть слугувати пірогенні угруповання. Час від часу вони практично знищуються

внаслідок пожеж, але досить швидко відновлюються. Наприклад, каліфорнійські зарості чапараллю після пожежі повністю поновлюються за кілька років.

Одним з різновидів пружної стійкості є екосистеми імпульсної стабільності. Їх існування базується на значних коливаннях. Це, зокрема, екосистеми тимчасових водойм.

За резистентної стійкості система тримається до певних значень деякого фактору, але коли його вплив перевищить конкретну межу – виходить зі стану рівноваги, до якого вже може не повернутися навіть після повного припинення дії ворожого чинника. Наприклад, каліфорнійські ліси секвої досить стійкі до пожеж, від яких їх захищає товстий шар кори, але при згоранні лісу він відновлюється вкрай повільно або ж не відновлюється зовсім.

Для оцінки стійкості екосистем і біосфери щодо природних катастроф та антропогенних порушень доцільно застосувати поняття про екологічний резерв екосистеми, введене Ю.А. Израелем (1989); екологічний резерв екосистеми – це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі зміни, що не руйнують екосистему. На жаль, методів оцінки екологічного резерву екосистем різного типу поки що немає. У багатьох випадках екологічний резерв екосистем оцінюється інтуїтивно, «на око». Наукові розробки в цьому напрямку дуже актуальні.

Стійкість агроекосистеми – це насамперед стабільність агрофітоценозу, що залежить від стабільності посіву сільськогосподарської культури, здатності агрофітоценозу протистояти комплексу зовнішніх і внутрішніх несприятливих умов росту й розвитку, забезпечувати отримання сталого врожаю рослинницької продукції.

Оскільки агроекосистема має досить тісний аналоговий зв'язок з довкіллям, то вона значною мірою регламентується законом внутрішньої динамічної рівноваги, згідно з яким речовина, енергія, інформація та

динамічні якості окремих природних систем, їх ієрархія тісно пов'язані між собою. Тому будь-яка зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, але при цьому зберігаються загальні якості системи: речовинно-енергетичні, інформаційні, динамічні. Наслідки дії цього закону виявляються в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища (речовинного складу, енергії, інформації, швидкості перебігу природних процесів), обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються компенсувати ці зміни.

Головна функція агроєкосистеми полягає у створенні первинної біологічної рослинницької продукції, що є основою функціонування всіх її ланок і власне найважливішим її завданням — забезпечити людину продуктами харчування. У природних екосистемах процеси циркуляції речовин і ланцюги живлення підтримуються механізмами самоорганізації, що зумовлює їх стійкість. Ситуація різко змінюється в разі заміни природних екосистем на агроєкосистеми, оскільки фундаментальна функція екосистем – фотосинтез – зберігається, але їх склад і кількісні параметри починає регулювати людина. Сьогодні антропогенне навантаження на трофічні ланцюги, структуру систем, колообіг речовин та енергії, а також деградація і зниження стійкості агроєкосистеми як основи її продуктивності досягли такого рівня, що вкрай негативні процеси спостерігаються не тільки на локальному, а й на регіональному рівні.

Агроєкосистеми характеризуються значно меншою стійкістю, ніж природні екосистеми. Екологічна стійкість агроландшафтів прямо залежить від площ збережених природних фітоценозів. Поліпшення екологічної ситуації вбачається в зниженні питомої ваги орних земель і, відповідно, в збільшенні площі кормових угідь, чагарниково-деревних насаджень, тобто еколого-стабілізуючих угідь, що функціонують за природними аналогами та піддаються мінімізованому антропогенному впливу.

Основними показниками, які дають змогу виявити реальний стан земельних ресурсів, є їхні кількісні та якісні параметри. Облік кількості

земель відображає відомості, які характеризують кожну земельну ділянку за площею і складом угідь. Цей комплекс показників дає змогу проаналізувати залучення земель області в сільськогосподарське виробництво за ступенем освоєності та розораності.

Облік якості земель відображає відомості, які характеризують земельні угіддя за природними та набутими властивостями, що впливають на ефективність їхнього використання та екологічний стан. Метою якісної оцінки є визначення продуктивності земель, стабільності ландшафту, деградаційних процесів, що виникають під впливом господарської діяльності людини. Досягнення поставленої мети можливе лише за умови глибокого наукового дослідження багатьох параметрів території та особливостей їхнього прояву під впливом інтенсивного розвитку господарства.

Базовими якісними показниками, які вказують на екологічну збалансованість агроландшафтів, їх стійкість і ступінь перетворення під впливом сільськогосподарської діяльності, є коефіцієнти антропогенного навантаження та екологічної стійкості.

*Коефіцієнт антропогенного навантаження* ( $K_{a.n.}$ ) характеризує: наскільки великий вплив несе в собі діяльність людини на стан довкілля, в тому числі і на земельні ресурси. Даний коефіцієнт вираховується за формулою:

$$K_{a.n.} = \Sigma P * B / \Sigma P,$$

де  $P$  – площа земель з відповідним рівнем антропогенного навантаження, га.;

$B$  – бал, відповідної площі з певним рівнем антропогенного навантаження (табл. 15.1).

Оцінка впливу складу угідь на екологічну стабільність території, стійкість якої залежить від сільськогосподарської освоєності земель, розораності і інтенсивності використання угідь, проведення меліоративних і культуртехнічних робіт, забудови території, характеризується *коефіцієнтом*

Таблиця 15.1. Бали земель з певним рівнем антропогенного навантаження (згідно розробок А.М. Третяка)

Рівень антропогенного навантаження	Бал
Землі промисловості, транспорту, населених пунктів	5
Орні землі, багаторічні насадження	4
Природні кормові угіддя, залужені балки	3
Лісосмуги, чагарники, ліси, болота, землі під водою	2
Мікрозаповідники	1

екологічної стабільності (стійкості). За розрахунками І. Риторські та Е. Гойке, коефіцієнт екологічної стабільності окремих угідь становить:

- ✓ забудована територія і дороги – 0,00;
- ✓ рілля – 0,14;
- ✓ лісосмуги – 0,38;
- ✓ фруктові сади, чагарники – 0,43;
- ✓ городи – 0,50;
- ✓ сіножаті – 0,62;
- ✓ пасовища – 0,68;
- ✓ ставки і болота природного походження – 0,79;
- ✓ ліси природного походження – 1,00.

При різному складі земельних угідь коефіцієнт екологічної стабільності території землекористування ( $K_{ек.ст.}$ ) розраховується за формулою:

$$K_{ек.ст.} = \frac{\sum K_i * P_i}{\sum P_i},$$

де  $P_i$  – площа угіддя і-го виду;  $K_i$  - коефіцієнт екологічної стабільності угіддя і-го виду.

Стан території визначають відповідно до табл. 15.2.

Також для диференційованої характеристики використання земельних ресурсів застосовується так званий *індекс екологічної невідповідності* сучасного використання орних земель, запропонований О. Канашем, щоб



Таблиця 15.2. Визначення екологічної стійкості території.

Значення $K_{ек.ст}$	Екологічна стабільність території
<0,33	Екологічно нестабільна
0,34-0,5	Стабільно нестійка
0,51-0,66	Середньо стабільна
>0,67	Екологічно стабільна

оптимізувати співвідношення угідь, виходячи з придатності земель та з урахуванням їхньої деградованості. Індекс кількісно дорівнює співвідношенню фактичної розораності (за даними обліку) до максимальної площі орнопридатних земель:

$$I_n = S_\phi / S_o,$$

де  $I_n$  – індекс екологічної невідповідності сучасного використання орних земель;  $S_\phi$  – площа орних земель (за обліком);  $S_o$  – максимальна площа орнопридатних земель.

За цією методикою до площі фактичної розораності включаються усі розорані землі, а максимальна площа орнопридатних земель не охоплює площі деградованих і малопродуктивних земель, які мають природні негативні властивості та з огляду на це низьку родючість ґрунтів.

Індекс екологічної невідповідності сучасного використання орних земель доповнюється розрахунком *перевищення припустимої розораності*  $\Pi_{пр}$  (у відсотках):

$$\Pi_{пр} = (I_n) - 1 \times 100$$

Значення  $\Pi_{пр}$  відображає частку малопродуктивних і непридатних орних земель від максимальної площі орнопридатних земель.

На підставі аналізу сучасного стану земельних угідь та за результатами розрахунку  $I_n$  та  $\Pi_{пр}$  визначають головні параметри оптимізованої структури земельного фонду території, спрямовані на екологічно збалансоване співвідношення угідь.

За визначеною оптимізованою структурою земельного фонду території розраховують *коефіцієнт стійкості агроландшафтів*  $K_{ca}$ , який є аналогом коефіцієнта стійкості угідь і співвідношенням суми площ екологічно стійких угідь (сіножатей, пасовищ, перелогів, лісів, боліт), а також земель, відведених під реабілітацію та регенерацію, до сумарної площі орних земель і багаторічних насаджень. За цим показником до досить стійких належать території з  $K_{ca} > 0,7$ , до найбільш уразливих – з  $K_{ca} < 0,3$ . Коефіцієнт стійкості агроландшафтів дає змогу перевірити ефективність проведення роботи з оптимізації земельних угідь.

Для обґрунтування того чи іншого способу землекористування у ряді розвинутих країн світу використовують класифікації землепридатності, які є основою якісної оцінки земельних ресурсів. Для території України, що характеризується надзвичайно високим рівнем сільськогосподарського освоєння, особливо важливою є класифікація придатності земель для використання саме у сільському господарстві. Така класифікація дозволить виявити економічно нерентабельні та екологічно нестійкі угіддя, які варто вивести із сільськогосподарського використання, сприятиме оптимізації структури угідь.

Оцінка екологічного стану сільськогосподарських земель за складом та співвідношенням угідь проводиться шляхом визначення ступеня порушення екологічної рівноваги між орними землями (головним дестабілізуючим чинником агроландшафтів) та сукупністю природних компонентів ландшафту (ліси, луки, пасовища, болота, водойми тощо), що відіграють екологостабілізуючу роль. Оскільки структура агроландшафтів складається з біотичних та абіотичних елементів, співвідношення яких зумовлює стабільність чи нестабільність ландшафту, для визначення екологічної стійкості території та рівня антропогенного навантаження на неї як допоміжні показники використовуються методи, що враховують кількісні та якісні характеристики всіх складових ландшафту. Відповідно, зважаючи на те, що різноманітність та різноякісність параметрів практично виключає

можливість єдиної кількісної міри їх порівняння, при проведенні комплексної оцінки агроекологічного стану сільськогосподарських земель застосовують методику *бального оцінювання*. При цьому кожному з показників присвоюється певний бал за п'ятибальною шкалою, причому зростання балу свідчить про погіршення показника, що оцінювався. Складаючи одержані бали та враховуючи різну вагомість показників, можна одержати достатню інформацію для групування та якісної класифікації досліджуваних об'єктів відповідно до існуючих градацій.

Комплексна оцінка агроекологічного стану сільськогосподарських угідь проводиться на рівні окремих адміністративних районів, груп районів у межах природно-сільськогосподарських зон і провінцій, а також на обласному (регіональному) рівні. Багаторівнева основа комплексної оцінки дає можливість державним органам територіального управління, які діють в межах адміністративних кордонів, використовувати результати дослідження агроекологічного стану земельних угідь для виявлення кризових ситуацій у сільськогосподарському землекористуванні; контролю та прогнозування змін функціонування агроландшафтів; прийняття експертних управлінських рішень, що можуть бути основою для розробки програм оперативних і довгострокових заходів щодо поліпшення агроекологічного стану сільськогосподарських земель на районному, зональному, регіональному рівнях.

Запобігти подальшому посиленню деградаційних процесів можна за умови збалансованого співвідношення природних та регульованих людиною екосистем, тобто екологічної рівноваги. На головну роль природної рослинності у підтримці екологічної стабільності агроландшафтів ще понад 100 років тому вказував В. В. Докучаєв. У системі запропонованих ним заходів з підвищення стійкості сільськогосподарських ландшафтів особливе місце належить встановленню норм оптимального співвідношення між ріллею, лісом, луками і водами залежно від місцевих умов. Численні сучасні дослідження доводять, що агроландшафт може бути стійким, якщо

співвідношення екологічно небезпечних угідь, і в першу чергу, ріллі, до екологостабілізуючих (ліси, природні кормові угіддя, водойми і т.д.) становить близько 50:50%.

Для оптимізації функціональної структури сучасних сільськогосподарських ландшафтів та зниження антропогенного тиску на навколишнє середовище проводиться оцінка *екологічного балансу* у співвідношенні основних угідь, визначається екологічна стабільність території та рівень антропогенного тиску на земельні ресурси.

Екологічний стан та стійкість до деградації будь-якої території залежить не тільки від рівня сільськогосподарської освоєності та розораності земель, а й від інтенсивності використання всіх видів угідь та ступеня антропогенної трансформації природних елементів ландшафту.

Оцінку екологічного стану агроландшафтів пропонується проводити за ступенем порушення екологічної рівноваги у співвідношенні ріллі (Р) до сумарної площі екологостабілізуючих угідь (ЕСУ) згідно з модифікованою шкалою (табл. 15.3).

Табл. 15.3. Шкала для оцінки екологічного стану агроландшафтів за співвідношенням угідь.

Питома вага угідь,% до сумарної площі Р+ЕСУ		Екологічний стан агроландшафтів	Оцінка, бал	Екотип території
Рілля	ЕСУ(еколого стабілізуючі угіддя)			
<20	>80	Оптимальний	1	0
20:36	64:80	Задовільний	2	I
37:55	45:63	Критичний	3	II
56:70	30:44	Кризовий	4	III
>70	<30	Катастрофічний	5	IV

Одним з найважливіших елементів стійкості агроєкосистем є якість ґрунту, води та повітря (рис. 15.1).



Рисунок 15.1. Деякі елементи стійкості агроценозів.

У структурі Мінагрополітики України діє система «Центрдержродючість», яка об'єднує 25 державних проектно-технологічних центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції АР Крим та областей. Ця система проводить моніторинг родючості ґрунтів та агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення, тобто спостереження за зміною показників якісного стану ґрунтів у результаті господарської діяльності на землях сільськогосподарського призначення.

Щороку у рамках проведення агрохімічної паспортизації земель регіональні центри «Облдержродючість» обстежують, в середньому, >5,2 млн. гектарів, відбирають >550 тис. проб ґрунту, виконують >2,6 млн. аналізів, видають сільгоспвиробникам >92 тис. агрохімічних паспортів полів. За 5 років обстеження (1 тур агрохімічної паспортизації) регіональні центри «Облдержродючість» обстежують >26 млн. га, відбирають 2,8 млн. проб ґрунту, виконують 13,2 млн. аналізів та розробляють і видають 476 тис. агрохімічних паспортів.

Проте Україна має 41,7 млн. га с/г угідь, у тому числі 32 млн. ріллі. Але регіональні центри «Облдержродючість» за 5 років обстежують лише 62,3 % від загальної кількості с/г угідь та 80,2 % – від площі ріллі. Причина – не кожен сільгосптоваровиробник розуміє важливість цього заходу.

Без врахування матеріалів агрохімічної паспортизації земель неможливо вирішувати такі питання, як раціональне використання добрив,

визначення площ, що підлягають вапнуванню або гіпсуванню, потребу у хімічних меліорантах, створення спеціальних сировинних зон вирощування сільськогосподарських культур для виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування, планування заходів щодо підвищення родючості ґрунтів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

У природних умовах стійкість показників родючості ґрунтів повністю залежить від динамічної рівноваги між надходженнями та втратами елементів живлення, а також між утворенням та розкладом органічної речовини. Тому у землеробстві для контролю за станом родючості ґрунтів прийнято використовувати балансовий метод розрахунку поживних речовин та гумусу.

У землеробстві України, починаючи з 90-х років минулого століття, прискореними темпами почав формуватися від'ємний баланс поживних речовин. (рис. 15.2)

Починаючи з 1990 року обсяги внесення мінеральних та органічних добрив різко скоротилось. Землекористувачі чи землевласники недостатньо вносять мінеральних та органічних добрив, або ж навіть те, що вноситься, має низьку ефективність (рис. 15.3)

За попередніми розрахунками у 2010 році з 18,5 млн. га ріллі під основними видами культур безповоротно втрачено:

- 2,38 млн. тонн поживних речовин (азоту, фосфору та калію) на суму понад 18,0 млрд. гривень.
- 8,2 млн. тонн гумусу на суму 16,3 млрд. гривень.

Економічні збитки, зумовлені процесами ерозії становлять 9,1 млрд. гривень, а втрати грошової вартості земель щонайменше в 1,5-2 рази більші, ніж сумарна виручка від експорту сільськогосподарської продукції.

## Динаміка балансу азоту, фосфору і калію (NPK) у ґрунтах України за 1971–2009 рр.

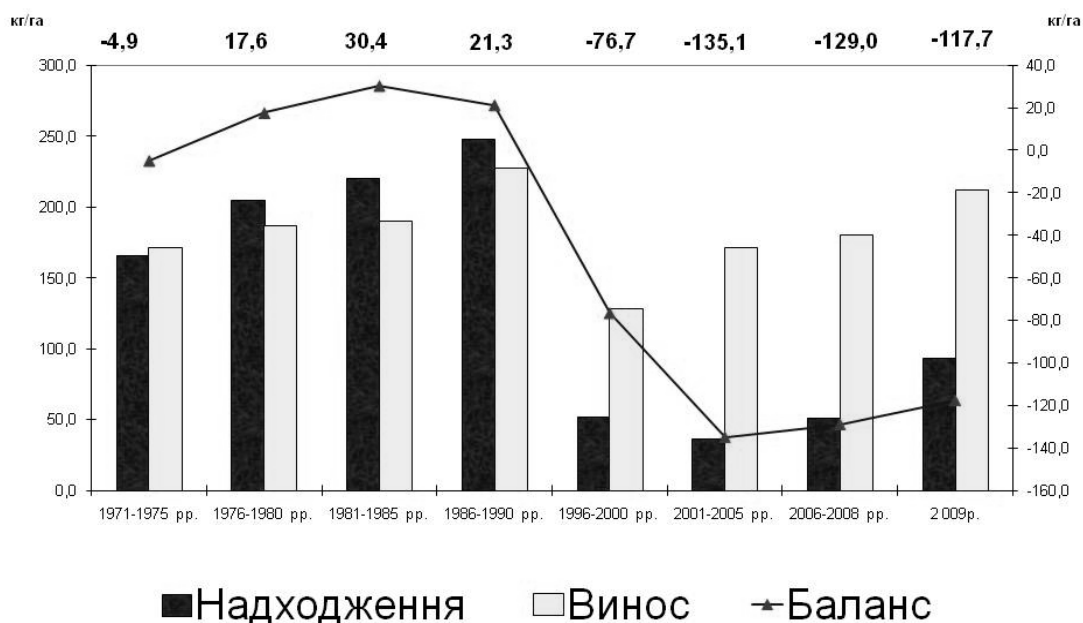


Рис. 15.2. Динаміка балансу поживних речовин у ґрунтах України.

## Динаміка внесення органічних добрив за 1970-2009 рр.

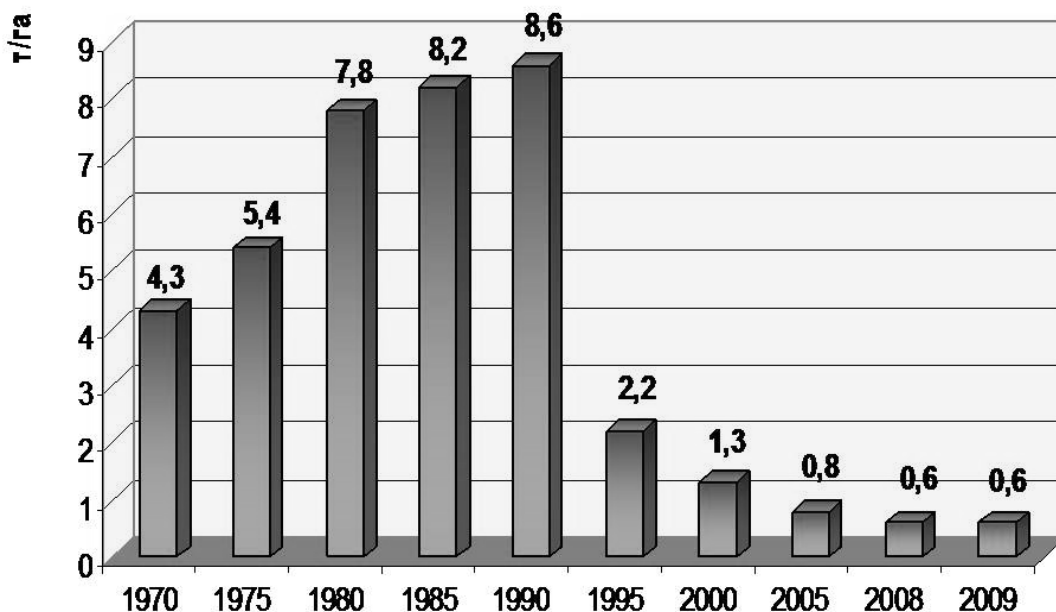


Рис. 15.3. Динаміка внесення органічних добрив.

## **16. ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Раціональне природокористування передбачає не лише зменшення шкідливих викидів у природне середовище, а й комплексне використання природних ресурсів, утилізацію відходів виробництва.

Відходи виробництва – це матеріальні залишки виробничого процесу (сировини, матеріалів, засобів виробництва), які втратили свою споживну вартість, не є метою даного виробництва і не можуть бути використані за прямим призначенням через технологічні особливості підприємства. Звичайно відходи класифікують:

- 1) за сферою утворення;
- 2) за напрямом використання;
- 3) за способом залучення до утилізації.

На відміну від відходів виробництва, відходи споживання є засобами виробництва і предметами споживання, що втратили в процесі споживання (або безвідповідального ставлення) свої початкові властивості і не здатні в такому стані задовольняти потреби суспільства.

Повна назва відходу складається з: номенклатурної назви відходу; уніфікованої назви процесу, в якому утворюється або виявлено відхід; уніфікованої назви виду економічної діяльності, в якій реалізовано цей процес.

Номенклатурна назва відходу відбиває стан і структуру відходів за місцем їх утворення або виявлення і відповідає конкретному різновиду відходів: стану відходу загалом та стану його компонентів; назві речовини, матеріалу, готового виробу чи іншій номенклатурній назві сировини або продукції; стану відходу як продукту процесу, в якому він утворюється.

В процесі виробництва і переробки сільськогосподарської продукції утворюються найрізноманітніші відходи:



- ✓ *барда* – рештки бродильного виробництва, з яких видалено леткі компоненти;
- ✓ *вижимки* (синоніми – *вичавки*, *макуха*) – рештки овочів, фруктів та іншої рослинної продукції після пресування;
- ✓ *віск* – жироподібна аморфна речовина, що складається з естерів вищих жирних кислот і одноатомних спиртів; залишається після переробки тваринних, рослинних і природних продуктів;
- ✓ *гнильні рештки* – продукти розкладання організмів, що містять азот (білки), під впливом мікроорганізмів;
- ✓ *гній* – екскременти тварин;
- ✓ *гранулят* – дрібні, щільні агрегати будь-якої речовини у вигляді зерен, які утворюються під час переходу речовини з рідкого стану у твердий або в інших процесах;
- ✓ *екстракт* – розчин певних компонентів, які виділено із суміші твердих або рідких речовин за допомогою селективних розчинників (екстрагентів).
- ✓ *Жом* – рештки подрібнених коренеплодів після екстрагування цільового продукту;
- ✓ *зола (попіл)* – залишок після спалювання органічних речовин до мінералізованого стану;
- ✓ *кісточки* – тверді стрижневі частини (насіння) фруктів, овочів і ягід.
- ✓ *компост (перегній)* – продукт розкладання мікроорганізмами твердих сумішей органічного походження;
- ✓ *костра* – здерев'янілі частини стебел прядивних рослин (льону, конопель, кенафу та ін.). які отримують під час їхньої первинної обробки;
- ✓ *лузга* – здерев'янілий покрив насіння соняшнику, який відокремлюється під час його обрушування;

✓ *лушпиння (насіннева оболонка)* – зовнішня покривна оболонка насіння і плодів, що залишається після луцення та обрушування насіння рослин;

✓ *міздря* – підшкірно-жирова клітковина, м'ясо, сало, шматки сухожилля, що видаляють зі шкур у підготовчих операціях;

✓ *меляса (кормова патока)* – концентрований розчин вуглеводів (переважно цукристих), з якого подальше вилучення цукру за звичайною технологічною схемою бурякоцукрового виробництва неможливе;

✓ *насіння* – зародкові часточки рослинної сировини, що переробляється;

✓ *осад фільтраційний (дефекат)* – залишковий продукт процесу очищення розчинів від завислих речовин (у крохмально-патоковому, цукровому);

✓ *послід* – екскременти птахів і дрібних тварин;

✓ *сажа* – продукт неповного згоряння або термічного розкладання органічних сполук;

✓ *фільтрат* – рідина, що виділяється твердими відходами під час їхнього зберігання (транспортування), або утворюється в спеціальних фільтраційних процесах;

✓ *фус (фуз, кубовий відстій)* – осад, що утворюється під час відстоювання рідких продуктів у тарі (гідрофус — у процесі гідратації олії);

✓ *шкаралупа (лушпина)* – тверде покриття яєць і плодів;

✓ *шрот (жмих)* – тверді рештки насіння олійних культур після вилучення з них олії екстракцією та пресуванням.

Загальний стан відходів відбивають такі терміни, як гель, емульсія, суспензія, золь, коагулят, паста, порошок, пил, розчин, суміш, смола та ін.

Для позначення відходів за найменуванням процесу, в якому вони утворюються, вживають додаткові терміни: брак, вибраковування, виділення, вижимка, викид, відпрацювання, відсів, відстій, залишок, конденсат,

концентрат, накип, осад, осмол, пересортиця, продукт, продукти зношення, продукти корозії, просів, рециркулянт, сублімація, фракція та ін.

Утворення відходів призводить до втрати частини цінних речовин, становить загрозу для навколишнього середовища, а їх збирання, перевезення, зберігання, переробка, утилізація, видалення, знешкодження, поховання, контроль за цими операціями, нагляд за місцями видалення потребують додаткових витрат.

Проблема утилізації відходів виробництва пов'язана з проблемою охорони навколишнього середовища від забруднення. Кінцевою метою раціонального природокористування повинно бути максимальне залучення у виробництво сировини. Чим менша відходомісткість виробництва, тим вищий рівень розвитку продуктивних сил, економічніше виробництво.

На сьогоднішній день відходи агропромислового комплексу не завжди знаходять застосування, хоч і є цінною сировиною. Тому й нагромаджуються на фермах мільйони тонн органічних добрив. Стоки тваринницьких комплексів становлять подвійну небезпеку, оскільки викликають одночасно і хімічне, і біологічне забруднення (мікроорганізмами). Причому забруднюють вони як ґрунт безпосередньо, так і воду, і повітря. З однієї свинарської ферми на 10-40 тис. тварин за 1 год в повітря надходить до 605 кг пилу, 14,4 кг аміаку, 83,4 млрд мікроорганізмів.

Важливим видом відходів у сільському господарстві є відходи виробництва, пов'язані з використанням сільськогосподарської техніки і тракторів, тобто нафтопродукти. Основна причина їх утворення – заміна масел і змазок при технічному обслуговуванні і ремонті машин. Значна частка припадає і на нафтопродукти, які збираються внаслідок відстою з резервуарів нафтоскладів, а також баків автомашин і тракторів, що передбачено правилами їх технічного обслуговування.

За винятком гною (не слід плутати гній і органічне добриво – для того, щоб стати добривом, гній повинен пройти ще певну обробку), практично всі види відходів з сільськогосподарської продукції виділяються якщо не на стадії

збирання (солома, гичка), то вже на стадії первинної переробки (полова при обмолоті зерна), не кажучи вже про промислову переробку.

Сільськогосподарська продукція, як правило, містить у собі дуже велику кількість різних компонентів, а переробна промисловість традиційно орієнтована на одержання з неї лише основного продукту: цукру – з цукрових буряків, крохмалю – з картоплі і зерна, олії – з олійних культур тощо. При цьому обсяг перероблюваної сировини в кілька разів перевищує вихід готової продукції. Так, на 1 т цукру-піску витрачається близько 8 т цукрових буряків, на 1 т спирту-сирцю потрібно 10-11 т картоплі або 3,0-3,5 т зерна, на 1 т сухого крохмалю потрібно 8-9 т картоплі або близько 2 т кукурудзи, для одержання 1 т рослинної соняшникової олії потрібно переробити екстракційним способом близько 2 т і пресовим – 2,1-2,2 т насіння соняшника. В середньому вихід готової продукції становить 15-30% маси перероблюваної сільськогосподарської сировини. Решта переходить у відходи і побічні продукти.

Буряковий жом, вихід якого досягає 83% маси сировини, містить 6,5% сухої речовини, в тому числі 0,4-0,5% цукру. Неправильне зберігання і використання його може створити певні екологічні проблеми. Жом згодують худобі у свіжому вигляді або силосують. Сушений жом містить 87-88% сухої речовини, включаючи 4% цукру і 6-7% перетравного протеїну. Після збагачення його використовують для годівлі худоби, із сушеного жому виготовляють харчовий пектин. Біотехнологічною переробкою жому отримують D-галактуронову кислоту, азот-, фосфоровмісні та карболізний концентрати, флокулянт тощо.

Мелясу, вихід якої становить близько 5% маси сировини, застосовують як кормову добавку, з неї отримують хлібопекарські і кормові дріжджі, лимонну і молочну кислоти тощо. Найбільш відпрацьована безвідходна технологія переробки меляси у спиртовій промисловості, в результаті чого отримують етиловий спирт, дріжджі, вуглекислий газ, глютамінат натрію, вітамін В<sub>12</sub>, інші лікарські засоби, гранульовані органо-мінеральні добрива, біогаз. Із сивушних масел добувають спирти-розчинники.

Фільтраційний осад, який містить 75-80%  $\text{CaCO}_3$ , використовують як місцеве вапнякове добриво, у виробництві кормів, як в'язучу речовину для виготовлення силікатної цегли.

При зберіганні сирої картоплі середні втрати досягають 30%. За традиційної технології переробки її на крохмаль у відходи (мезгу і стічні води) потрапляє значна кількість сухих речовин (до 1/3), більша частина яких надходить у водойми і спричинює евтрофікацію. Технологія сушіння картоплі пластинками дає змогу знизити втрати при зберіганні до 2%, однак вона досить енерговитратна.

При переробці плодів і овочів обсяг відходів може досягати 50%, а з ними втрачаються цукри, білки, органічні кислоти, вітаміни тощо. За звичайної технології переробки яблук на сік обсяг відходів (вичавків) перевищує 45%. Переробкою яблук на сік, повидло, сульфітоване пюре можна знизити вихід витирок (насіння, насінневих камер, шкірки) після протирання вичавків до 10%. Після висушування їх використовують як сировину для отримання пектину або для годівлі худоби.

З відходів переробки плодів, ягід і овочів добувають цінні продукти. Порошки, отримані з плодово-ягідних вичавків, містять понад 25% цукрів, їх застосовують при випіканні хліба, виготовленні цукатів, кондитерських та інших виробів. Сухі вичавки використовують для виготовлення пектину.

Відходи з плодів гранату (шкірка, насіння, перетинки), які досягають 50% вихідного продукту, переробляють для отримання таніну (зі шкірок) екстрагуванням водою за температури  $100^\circ\text{C}$ , кормового борошна, олії (з насіння).

Сік, вичавки, виноматеріали є сировиною для виробництва плодового оцту. Для цього цукор зброджують в етиловий спирт, який за наявності кисню оцтовокислими бактеріями перетворюється на оцет.

Із цілих плодкових кісточок вирощують саджанці дерев. Ядра кісточок містять багато олії: абрикосові – 51%, вишневі – 33, сливові – 40, черешневі – 26%. Особливо цінною є фармацевтична олія з ядер абрикосових і

персикових кісточок; з відходів переробки їх на олію отримують кормову макуху, халву тощо; з кісточкових кришок виготовляють шліфувальні матеріали.

Відходи переробних молокопідприємств містять біогенні елементи, органічні речовини, які завдають навколишньому середовищу значної шкоди. Системи очисних споруд цих підприємств неспроможні повністю їх очистити. Застосуванням маловідходних технологій зменшують кількість відходів.

За традиційної технології переробки молока утворюються вторинні молочні ресурси – знежирене молоко, склотини, сироватка, в які переходить значна частина корисних речовин. Поряд із давно відомими методами переробки цих продуктів (сушіння і згущення) застосовують і фізико-хімічні – гель-фільтрацію, іонний обмін, електрокоагуляцію, електродіаліз, ультрафільтрацію, зворотний осмос тощо.

Перспективними є мембранні методи, що характеризуються низькими енергозатратами, забезпечують розділення молочних продуктів без фазових перетворень окремих компонентів і зміни їх якості, здійснення технологічного процесу за низької температури. Ультрафільтрацію здійснюють крізь напівпроникні мембрани з розміром пор 10-100 нм. Вони затримують високомолекулярні компоненти (жир, білки) і пропускають низькомолекулярні (лактозу, мінеральні речовини тощо). Метод можна використовувати для виробництва переважної більшості молочних продуктів. За допомогою зворотного осмосу концентрують сухі речовини знежиреного молока, сироватки.

З розвитком науки і техніки, з підвищенням рівня концентрації виробництва промислова утилізація відходів стає економічно доцільною, оскільки зі збільшенням масштабів виробництва зростає також кількість відходів і вартість речовин, що в них містяться. Іноді вартість цих речовин перевищує вартість продукту, при виготовленні якого одержані ці відходи. Наприклад, при виробництві томатного соку і концентрованих томатопродуктів у відходи йде

насіння, яке є цінною сировиною для виготовлення томатної олії. вартість якої в 2,5 рази вища від вартості томатного соку.

Відходи і побічні продукти виробництва й переробки сільськогосподарської продукції є величезним резервом ресурсозбереження, який поки що використовується вкрай недостатньо. Нераціональне використання вихідної сировини, на одержання якої вже було витрачено значну кількість суспільної праці, знижують ефективність функціонування АПК. Крім того, відходи виробництва, потрапляючи в природне середовище, забруднюють його, що в кінцевому підсумку знижує ефективність не лише АПК, а й всього суспільного виробництва через значні екологічні збитки. Невикористані відходи означають скорочення не лише сучасної, а й майбутньої ресурсозабезпеченості суспільства, необхідність додаткових витрат суспільної праці на розвиток сировинної бази переробної промисловості.

В Україні поточний вихід відходів та побічної продукції переробки лише рослинної сільськогосподарської сировини становить близько 50 млн т на рік. При сучасному рівні розвитку науки і техніки, оптимально використовуючи вторинну сировину, можна додатково одержати 2 млн кормових одиниць, що дасть змогу збільшити виробництво м'яса на 160 тис. т на рік. Крім того, з невикористовуваних відходів переробки щорічно можна виробляти 800-900 тис. т вапнякових та гранульованих органо-мінеральних добрив, десятки тисяч тонн різних сортів рослинної олії, пектину та іншої продукції. В цілому ж організація безвідходної виробничої структури переробки сільськогосподарської сировини поряд з одержанням традиційних продуктів харчування дасть змогу додатково виробляти понад 100 найменувань різної продукції. На сьогодні промислової переробки зазнає не більше 22% відходів.

Стічні води підприємств, що переробляють рослинну сировину, характеризуються високим ступенем забрудненості. Великі їх об'єми становлять значну небезпеку для навколишнього середовища. Причому самі по собі стічні води харчової промисловості не є токсичними, але, потрапляючи в озера, ставки і ріки, вони швидко виснажують запаси кисню, що викликає загибель мешканців

цих водойм. Органічні речовини стічних вод підприємств харчової промисловості швидко піддаються бродінню і гинуть. Близько 70% забруднень стічних вод крохмало-патокової, пивоварної, масложирової та цукровобурякової галузей харчової промисловості розкладаються протягом перших діб, тоді як стічні води заводів, що виробляють виноградний сік та солодові, мають дуже малу здатність до біологічного розкладу – за 5 діб розкладається відповідно 14 і 10% усіх забруднень. Найпоширенішими шкідливими речовинами, що надходять в атмосферу з підприємств харчової промисловості, є органічний пил, двоокис вуглецю, бензин та інші вуглеводні, а також викиди від спалювання палива.

Промислова переробка сільськогосподарської сировини, що здійснюється без урахування інтересів охорони природи, призводить до забруднення не лише водних ресурсів і атмосфери, а й ґрунту, погіршення родючості землі. Поблизу цукрових, спиртових та інших підприємств харчової промисловості виникають мертві пустирі, забруднені промисловими відходами.

Крім того, для стічних вод АПК характерним є досить високий показник вмісту зважених речовин, кількість яких перебуває в прямій залежності від забруднення сировини, що надходить на переробку. Основу цих забруднень становлять частинки родючого шару ґрунту. Згідно з нормами, вміст землі в картоплі, що надходить на картоплекрохмальні заводи, не повинен перевищувати 1,5%. Однак, як правило, цей показник сягає і 25%. Аналогічне становище і в буряко-цукровій промисловості – рівень забрудненості коренів, що надходять на переробні заводи, досягає 40%. Після миття ця земля переходить в осад. Багато підприємств роками не вивозять цей осад і він нагромаджується у відстійниках та на полях фільтрації, що призводить до переповнення карт полів фільтрації і до попадання стічних вод у відкриті водойми. Така практика утилізації транспортно-мийного осаду обертається для народного господарства втратами родючого шару землі і забрудненням навколишнього середовища.

При переробці сільськогосподарської продукції питома вага відходів значна (табл. 16.1).



Таблиця 16.1. Доля відходів на тонну виробленої сільськогосподарської продукції

Вид с/г культур	Вид відходів	Залишки виробництва на 1 т готової продукції
Рис	Солома, лушпиння	1,5 т відходів
Пшениця	Солома, лушпиння	1,7 т відходів
Кукурудза	Солома, листя	2,0 т відходів
Ячмінь	Солома, висівки	1,2 т відходів

Агропромислове виробництво України має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Згідно з експертними оцінками щорічний теоретичний потенціал біомаси становить близько 45 млн тонн у.п. (умовного палива), технічно досяжний – 32 млн тонн у.п., а економічно доцільний – 24 млн тонн у.п. До речі, Україна використовує за рік близько 220 млн тонн у. п.

На замовлення Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів Інститутом технічної теплофізики НАН України в 2008 р. було досліджено й проаналізовано потенціал нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (табл. 16.2.).

Табл. 16.2. Щорічний потенціал енергетичної біомаси АПК України

Вид біомаси	Енергетичний потенціал, млн. т у.п.		
	теоретичний	технічний	економічний
Солома зернових культур	10,39	5,21	1,34
Відходи кукурудзи і соняшнику (стебла, листя, стрижні качанів, кошики, лушпиння)	1,65	1,15	1,15
Солома ріпаку	9,97	6,85	5,65

Теплотворна здатність пшеничної соломи складає 17-18 МДж/кг (4060,38 – 4299,23 ккал), рапсової соломи – 16-17 МДж/кг (3821,53 – 4060,38

ккал), кукурудзи –18 МДж/кг (4299,23 ккал). Для порівняння: теплотворна здатність деревини в середньому складає 17,5-19 МДж/кг (4179,80 – 4538,07 ккал). Енергетичний потенціал відходів тваринницького комплексу також дуже високий (табл. 16.3).

Табл. 16.3. Енергетичний потенціал відходів тваринницького комплексу України (станом на 2007 р)

Джерело відходів	Вихід відходів, 10 <sup>6</sup> т/рік	Вихід біогазу, 10 <sup>9</sup> м <sup>3</sup> /рік	Нижча теплота згорання Q <sub>нр</sub> , МДж/м <sup>3</sup>	Енергетичний потенціал відходів, млн т. у. п./рік
Велика рогата худоба	58,4	1,46	23	1,144
Свині	4,79	0,124	21	0,088
Птахи	2,8	0,11	21	0,079
Всього	65,99	1,694	-	1,311

Кожен з видів органічних відходів дозволяє отримати при анаеробній переробці певну кількість біогазу з різним вмістом у ньому метану (Таблиця 16.4).

Таблиця 16.4 – Вихід біогазу і вміст у ньому метану при використанні різних видів відходів.

Вихідна сировина	Вихід біогазу на 1 кг сухої речовини, л/кг	Вміст метану (CH <sub>4</sub> ), %
Гній великої рогатої худоби	200 – 300	50
Гній свинячий	340 – 480	60 ... 75
Кінський гній із соломою	250	56 ... 60
Бадилля картопляне	420	60
Стебла кукурудзи	420	53
Солома пшенична	342	58
Лузга соняшникова	300	60
Силос	250	84
Відходи моркви	250	60

У стічні мережі великих міст з розвинуеною промисловістю потрапляють гетерофазні водні композиції, до складу яких в іонних,

молекулярних та комплексних формах і колоїдному стані входить велика кількість компонентів – продуктів життєдіяльності та багатoproфільного господарювання населення. Очищення стічних вод такого роду супроводжується накопиченням на очисних спорудах осадів з початковою вологістю 97-98% у кількості, яка сягає 0,5-1,0 % об'єму стічних вод, що були піддані очищенню. Загалом протягом року в перерахунку на суху речовину із стічних вод міста з 500-тисячним населенням вилучається в середньому близько 15000 т осадів. Зважаючи на те, що в Україні обсяг стічних вод може становити 10,5 млн.м<sup>3</sup> на добу, йдеться про щорічну акумуляцію сполук азоту, фосфору, калію, а також значної кількості біологічно активних речовин.

Осади стічних вод (ОСВ) як потенційні органічні добрива, збагачені основними елементами мінерального живлення, давно привертають увагу практиків, але наявність в них патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів, поверхнево-активних речовин, а також важких металів, зумовили ряд проблем, вирішення яких відкриває перспективу залучення їх до масштабного виробництва високоефективних поживних композицій багатоцільового призначення..

Просте витримування збагаченого вологою осаду на відкритих мулових майданчиках дає лише можливість транспортувати підсушений осад до місць складування на території очисних споруд або у відвали, на полігони твердих побутових відходів, площа яких обмежена і з часом, при накопиченні значних мас, виникає необхідність її розширення шляхом відчуження нових земельних ділянок, що, в свою чергу, потребує вжиття заходів з метою запобігання забрудненню компонентів оточуючого середовища (повітря, поверхневі та підземні води, ґрунти). До того ж тривале відкрите зберігання ОСВ супроводжується значними втратами основних елементів живлення рослин.

Фахівці все більше схиляються до переробки та застосування ОСВ в сільськогосподарському виробництві. Досвід країн, де майже 70% ОСВ безпосередньо використовуються як добриво, свідчить, що внаслідок

невідповідності властивостей, форм існування цінних складових оптимальним параметрам процесів живлення рослин ОСВ не повною мірою відповідають агротехнічним вимогам.

Проблему утилізації відходів шляхом залучення їх до процесів приготування органомінеральних добрив в Україні вирішує ряд науково-дослідних та техніко-впроваджувальних установ.

ОСВ при порушенні правил поводження може завдати шкоди і загрожувати забрудненням водних джерел і навколишнього природного середовища. Кінцевий склад осаду залежить від ступеня очищення стічних вод і може значно змінюватися на різних очисних спорудах залежно від якості комунально-побутових, промислових та інших стоків.

Найпоширенішими методами утилізації ОСВ є: поховання в морях та океанах (наприклад, Великобританія скидає близько 10 млн т на рік), спалювання (Франція спалює майже 30% осадів, а Данія – 100%), постійне зберігання у відстійних ставках, на санітарних полігонах, застосування для удобрення земельних угідь тощо.

Скидання осаду в акваторії, якщо воно здійснюється неналежним чином, може призвести до виникнення проблеми забруднення води. Спалювання осаду є енергетично інтенсивним процесом, внаслідок якого може забруднюватися атмосферне повітря і утворюється зола, яка теж потребує того чи іншого поводження. При зберіганні осаду у відстійних ставках або на санітарних полігонах ймовірний ризик забруднення підземних вод.

Застосування осаду для удобрення земельних угідь хоч і є досить поширеним способом утилізації (утилізується від 30% до 70% загального об'єму ОСВ), однак потребує ефективного керування цим процесом. Таке керування повинно враховувати властивості ґрунту, ймовірність вмісту в осаді патогенних організмів, важких металів, інших шкідливих елементів, потенційну небезпеку забруднення поверхневих і ґрунтових вод та сільськогосподарської продукції.

Європейська Економічна Рада видала у 1989 р. «Правила для сільськогосподарського використання ОСВ». Вони рекомендують норми внесення осаду на земельні угіддя, які сприятливо діють на ґрунт і культури і при яких концентрація в ґрунті потенційно шкідливих елементів типу важких металів не завдає шкоди якості врожаю, здоров'ю тварин і людей. Аналогічні регламентуючі документи розроблено і в Україні.

Останніми роками для отримання висококондиційного органомінерального добрива з осаду стічних вод застосовуються різні способи їх компостування. При цьому, незважаючи на певні втрати азотовмісних сполук, отриманий компост має високі меліоративні якості (поповнює запаси гумусу в ґрунті), не має неприємного запаху і повністю позбавлений патогенної мікрофлори та збудників паразитарних захворювань.

Біотермічне компостування – це біологічний процес, при якому внаслідок діяльності різних мікроорганізмів відбувається розкладання органічної речовини. Процес відбувається в виділенням теплової енергії, яка витрачається на випаровування води та інтенсифікацію життєдіяльності мікроорганізмів.

Для ефективного компостування до ОСВ додаються водопоглинаючі та вуглецевмісні компоненти. Для цього використовуються подрібнена кора, листя, солома, торф та інші органічні речовини. Кількість їх в суміші має бути такою, щоб створювалась пориста структура.

Наповнювачі можуть добре компостуватися, не компостуватися зовсім або займати проміжне становище за здатністю до біологічного розкладу. Наприклад, солома зернових культур і листя дерев добре компостуються, а подрібнена кора дерев, дерев'яні тріски розкладаються дуже повільно. Наповнювачами, що не компостуються, є грудочки глини, кришиво з автомобільної гуми тощо. Найбільш широко використовується кора дерев. Кора, особливо подрібнена, за своїм складом, структурою та здатністю поглинати вологу є прийнятним наповнювачем, особливо при малій початковій вологості. Але й при великій вологості кора створює пористу

структуру суміші, чим забезпечує активніший газообмін. Використання торфу як наповнювача при біотермічній обробці осадів ґрунтується, насамперед, на його здатності в сухому стані поглинати вологу.

Також залежно від місцевих умов можуть бути використані інші водопоглинаючі та вуглецевмісні речовини, наприклад, відходи гідролізо-дріжджового виробництва та ін.

Останніми роками все частіше при компостуванні осадів використовується, крім наповнювачів, готовий компост, який сприяє нормалізації вологості суміші, що переробляється.

Швидкість компостування та його інтенсивність залежать від:

- ✓ складу компостної суміші;
- ✓ наявності в компостованій суміші органічних речовин (не менше 25%);
- ✓ співвідношення вуглецю до азоту (30:1 на початку процесу); і вологості компостованої суміші (40-60%);
- ✓ реакції середовища (рН = 6,5-7,6);
- ✓ температури (>0°C);
- ✓ наявності вільного доступу кисню повітря.

Методи і засоби компостування осадів досить чисельні. Найбільш розповсюджені з них наведені на рис. 16.1. Біохімічний розклад органічної речовини компостної суміші може відбуватись як в аеробних, так і анаеробних умовах. В природних умовах, наприклад, в ґрунті, ці процеси проходять паралельно. В штучних умовах на найбільшу увагу заслуговує аеробний біотермічний процес, що відбувається внаслідок життєдіяльності сапрофітної аеробної мікрофлори. Кінцевий ступінь стабілізації органічної речовини в обох процесах є однаковим, але під час аеробного розкладу органічного комплексу виділяється майже у 25 разів більше енергії, ніж при анаеробному процесі.



Рис. 16.1. Класифікація методів компостування осадів стічних вод

## 17. ГРУНТОВИЙ КОМПЛЕКС ЯК СТАБІЛІЗУЮЧИЙ ФАКТОР АГРОЕКОСИСТЕМ

Ґрунт – це самостійне природно-історичне органомінеральне тіло, що виникло у поверхневому шарі літосфери Землі в результаті тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів, має специфічні генетико-морфологічні ознаки і властивості, що створюють для росту і розвитку рослин відповідні умови.

Класифікація ґрунтів України, що сьогодні використовується за вимогами ДСТУ, створена на генетичних принципах, а її параметри анонсовані у 1988 році. В ній використані традиційні в українському ґрунтознавстві підходи, рівень знань і база даних щодо генезису і властивостей ґрунтів України. У 2005 році запропонована класифікація ґрунтів генетично-субстантивного типу. Вона включає такі таксономічні одиниці: тип – підтип – рід – вид – варіант – літологічна серія.

Різноманітність ґрунтів України надзвичайно велика:

- ✓ чорнозем типовий розповсюджений в регіонах з гідротермічним коефіцієнтом 0,9 – 1,4. Він сформувався під трав'янистою рослинністю і має найхарактерніші ознаки чорноземоутворювального процесу – значне нагромадження гумусу і поживних речовин, відсутність перерозподілу мінеральної частини у профілі тощо;

- ✓ чорнозем звичайний характерний для Північного Степу. Його особливість – наявність карбонатів, що залягають нижче гумусового шару. Порівняно з чорноземом типовим він має меншу гумусонагромаджувальну здатність;

- ✓ чорнозем південний розповсюджений в зоні Степу Південного;
- ✓ чорнозем опідзолений утворився в Лісостепу;
- ✓ темно-каштанові ґрунти сформувалися в північній частині Сухого Степу;



- ✓ каштанові солонцюваті ґрунти можна побачити в Присивасько-Причорноморському регіоні;
- ✓ коричневі ґрунти є зональними ґрунтами Кримських гір;
- ✓ буроземи характерні для Гірсько-лучної Карпатської зони на висоті 1300-2000 м над р. м.;
- ✓ бурозем опідзолений розповсюджений в Карпатах на висоті 360-1680 м над р. м.;
- ✓ дерново-підзолисті ґрунти є основними ґрунтами Полісся;
- ✓ сірі лісові ґрунти розташовані в Лісостепу, на Поліссі та в буроземній зоні;
- ✓ солонці характерні для Степу і т. д.

Ґрунт серед інших фізичних тіл живої (організми) і косної (гірські породи та мінерали) природи займає особливе проміжне положення, будучи так званим «біокосним тілом природи». У його складі беруть участь як мінеральні, так і органічні речовини, у тому числі велика група специфічних сполук – ґрунтовий гумус. Невід'ємну частину ґрунту – його живу фазу – складають живі організми: кореневі системи рослин, тварини різного розміру, що живуть у ґрунті, величезна різноманітність мікроорганізмів.

Вважається, що ґрунт високої якості складається на 45% з мінеральних речовин (пісок, лес, глина), на 25% – з води, на 25% – з газу, і на 5% – з органічного матеріалу. Мінеральні й органічні компоненти відносно постійні у часі, тоді як відсоток води і газу є змінним: збільшення одного з них врівноважується зниженням іншого.

З усіх факторів, що впливають на еволюцію ґрунтів, вода є найпотужнішим, оскільки вона відіграє важливу роль як в ерозії, так і в транспортуванні та внесенні матеріалів, з яких складається ґрунт. Вода займає центральне місце у розчинення, осаджуванні і вилуговуванні мінералів з ґрунтового профілю. Крім того, вона впливає на тип рослинності, що в свою чергу визначає розвиток ґрунтового профілю. У водному середовищі відбуваються процеси вивітрювання та новоутворення мінералів,

хімічні реакції, гумусоутворення, перерозподіл речовин у ґрунтовому профілі; вода визначає в значній мірі тепловий баланс ґрунту та його температурний режим.

Вода в ґрунті присутня у формі ґрунтового розчину, який містить розчинені солі, органо-мінеральні та органічні сполуки, гази та найтонші колоїдні золі і служить безпосереднім джерелом живлення рослин.

Найбільш впливовий фактор стабілізації родючості ґрунтів – ґрунтові колоїдні частки та гумус, які є джерелом поживних речовин і вологи та діють як буфер при зміні параметрів ґрунтового розчину. Їхня роль в забезпеченні родючості надзвичайно велика і не пропорційна їх частці в ґрунті.

pH впливає на доступність поживних речовин, а органічна речовина забезпечує розвиток і родючість ґрунтів.

Процес ґрунтоутворення залежить від п'яти класичних факторів, які взаємодіють в еволюції ґрунтів. До них відносяться:

- ✓ материнська порода;
- ✓ клімат;
- ✓ рельєф;
- ✓ організми;
- ✓ час.

Джерелом мінеральної складової ґрунту є материнські породи різного походження (магматичні, осадові, метаморфічні). До осадових порід належать леси, на місці яких утворюються найродючіші ґрунти. До типових мінералів, що формують основу ґрунту, відносять кварц ( $\text{SiO}_2$ ), кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), польовий шпат ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), слюду (біотит) ( $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) тощо. Особливу роль відіграють тонкодисперсні (<0,001 мм) глинисті мінерали (груп каолініту, гідролюд, монтморилоніту, змішаношаруватих), що визначають важливі властивості ґрунтів: водно-фізичні, фізико-механічні, вбирну здатність ґрунту, наявність елементів живлення рослин. Материнські породи визначають гранулометричний, хімічний і мінералогічний склад ґрунтів, їх фізичні та фізико-механічні властивості, водно-повітряний,

тепловий і поживний режими, впливають на швидкість ґрунтоутворювального процесу і його спрямованість. Виділяють генетичні типи порід гравітаційного походження (елювій, колювій), пов'язаних з текучою водою (алювій, пролювій, делювій), водно-льодовикові (морена), еолові та іншого походження породи (леси і лесоподібні суглинки, покривні суглинки і глини, піски).

Фізичний розпад – перший етап в процесі перетворення вихідного матеріалу в ґрунт. Температурні коливання викликають розширення і стиснення порід, розділяючи її по лініях слабкості. Вода, що потрапляє в щілини і згодом замерзає, викликає фізичне розділення матеріалу вздовж траєкторії у напрямку до центру породи.

Хімічні процеси продовжують формування ґрунту. В ньому відбувається:

- ✓ розчинення солей;
- ✓ гідроліз;
- ✓ карбонізація;
- ✓ гідратація;
- ✓ окислення;
- ✓ відновлення.

Найефективніше на процес ґрунтоутворення впливають гідроліз і карбонізація.

Клімат є домінуючим фактором у формуванні ґрунту, про що свідчать особливості кліматичних зон, які мають певні види ґрунтів. Основними кліматичними впливами на ґрунтоутворення є опади і температура.

Прямий вплив клімату проявляється в:

- ✓ накопиченні вапна в районах з низьким рівнем опадів;
- ✓ формуванні кислих ґрунтів в районах з високою вологістю;
- ✓ еродованості ґрунтів на крутих схилах;
- ✓ осадженні еродованих матеріалів вниз за течією;

✓ інтенсивному вивітрюванні, вилуговуванні і ерозії в теплих та вологих регіонах, де ґрунт не промерзає тощо.

Клімат безпосередньо впливає на швидкість вивітрювання і вилуговування. Вітер переміщує пісок і дрібні частинки, особливо в посушливих районах, де мало рослинного покриву. Тип і кількість опадів діють на рух іонів і ґрунтових частинок, беручи участь у розвитку різних ґрунтових профілів. Ґрунтові профілі більше виразні в вологому і прохолодному кліматі, де органічні матеріали здатні накопичуватися, ніж у вологому і теплому кліматі, де органічні матеріали швидко споживається. Ефективність води в ґрунті залежить від сезонних і добових коливань температури. Клімат також побічно впливає на ґрунтоутворення, визначаючи формування певних біоценозів та діючи на біологічну активність ґрунту.

Кількості світла, тепла та опадів на земні кулі змінюються від екватора до полюсів. Спостерігається також зміна типів ґрунтів, яку називають горизонтальною зональністю. В гірських місцевостях клімат змінюється залежно від висоти, тому тут формується вертикальна зональність ґрунтів.

Рельєф обумовлює просторову організацію педосфери, виконуючи такі функції:

- ✓ розподіляє продукти вивітрювання і ґрунтоутворення;
- ✓ розподіляє тепло і атмосферні опади.

Він характеризується нахилом поверхні, що визначає швидкість стоку опадів і швидкість ерозії. В низинах накопичується вода, мінерали і органічні речовини, результатом чого може стати засолення ґрунтів або утворення торфовищ. Проміжний рельєф створює оптимальні умови для формування родючих ґрунтів.

Час є умовою і мірою існування та взаємодії інших факторів ґрунтоутворення, обумовлюючи еволюцію ґрунтів. Наприклад, природне утворення родючого шару ґрунту товщиною 1 дюйм (2,5 см) займає близько 800-1000 років.

Організми слугують джерелом органічної частини ґрунту, вони і продукти їхньої життєдіяльності визначають спрямованість ґрунтоутворного процесу, перетворюючи косну речовину в біокосну. Рослини, тварини, гриби, бактерії і люди значно впливають на ґрунтоутворення. Тварини, ґрунтова мезофауна, коріння рослин і мікроорганізми утворюють нори і пори, дозволяючи переміщення вологи та газів. Рослини з стрижневою кореневою системою можуть проникати через різні шари ґрунту та вбирати поживні речовини з глибших профілів. Частини мичкуватої кореневої системи рослин легко розкладаються, додаючи в ґрунт органічні речовини. Мікроорганізми, включаючи гриби і бактерії, забезпечують хімічний обмін між корінням і ґрунтом та діють в якості резерву поживних речовин. Вплив людини на ґрунтоутворення проявляється в обробці та удобренні, наслідком чого є як покращення родючості, так і деградація ґрунтів.

Рослинність стримує поверхневий стік і запобігає ерозії, створює тінь і сповільнює випаровування ґрунтової вологи (або, навпаки, шляхом транспірації може видаляти з ґрунту зайву вологу). Деякі рослини здатні утворювати нові хімічні речовини, які розчиняють мінерали і покращують структуру ґрунту. Відмираючи, організми стають частиною процесу ґрунтоутворення.

Виділяють дві групи функцій ґрунтів у біосфері – глобальні та біогеоценотичні.

Глобальні екологічні функції ґрунтів:

✓ ґрунт є середовищем для розвитку і еволюції життя на Землі. В одному грамі ґрунту можна нарахувати один мільярд бактеріальних клітин; до мільйона особин амеб і жгутиконосців, 1000 інфузорій. У верхньому шарі родючого ґрунту біомаса бактерій може становити 400-5000 кг/га;

✓ ґрунт забезпечує великий геологічний і малий біологічний кругообіг речовин на земній поверхні. В ґрунті акумулюються біогенні елементи, він їх накопичує і перешкоджає швидкому виносу в гідросферу;

✓ ґрунт регулює хімічний склад атмосфери і гідросфери. Ґрунти постійно обмінюються газами з приземним шаром тропосфери, поглинають кисень і віддають вуглекислий та інші гази. Ґрунтове «дихання» разом з фотосинтезом і диханням живих організмів підтримують постійний склад атмосфери. Ґрунт є фактором формування сольового складу Світового океану;

✓ ґрунт є фактором біопродуктивності наземних екосистем. Він регулює біосферні процеси, зокрема, густоту живих організмів на земній поверхні. Ґрунт має певні властивості, які обмежують життєдіяльність деяких груп організмів. Дуже сухий або дуже вологий, кислий або лужний, бідний елементами живлення або родючий ґрунти, взаємодіючи з кліматом, регулюють розселення різних видів, популяцій, їх густоту та інші параметри життєдіяльності організмів;

✓ ґрунт є акумулятором необіогенної неживої речовини (гумусу) і зв'язаної з ним хімічної енергії, арена трансформації та передачі в глибокі шари літосфери палеобіогенної речовини.

Біогеоценотичні функції ґрунтів заключаються в тому, що вони є умовою існування і еволюції організмів:

✓ забезпечують життєвий простір, житло і притулок, механічну опору, є депо насіння;

✓ слугують джерелом елементів живлення, вологи та енергії; є стимулятором та інгібітором біохімічних і інших процесів;

✓ адсорбують речовини з атмосфери і ґрунтових вод;

✓ сигналізують про початок сезонних та інших біологічних процесів; є пусковим механізмом для деяких сукцесій;

✓ виконують санітарні функції, є буфером і захисним біогеоценотичним екраном тощо.

Родючість ґрунту – властивість ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневу систему достатньою

кількістю повітря, тепла, сприятливими фізичними, хімічними та фізико-хімічними умовами для нормальної життєдіяльності.

Розрізняють природну (або потенційну), та штучну родючість.

Природна родючість формується і змінюється під впливом природних процесів ґрунотворення й залежить від хімічного складу ґрунту, біологічних процесів, які відбуваються в ньому, фізико-хімічних властивостей, кількості та якості гумусу, реакції ґрунтового розчину, інших показників.

Штучна родючість з'являється в процесі використання ґрунту як основного засобу виробництва, залежить від продуктивних сил і виробничих відносин.

Ефективна (або економічна) родючість є результатом взаємодії природної і штучної родючості. Вона визначає обсяги та якість урожаю.

До основних умов родючості ґрунту належать:

- ✓ достатній вміст поживних речовин у доступній для рослин, що вирощуються, формі упродовж усього вегетаційного періоду;
- ✓ повна забезпеченість фізіологічно доступною вологою;
- ✓ оптимальний газообмін, який підтримує необхідний для рослин вміст кисню в ґрунтовому повітрі;
- ✓ відсутність шкідливих речовин;
- ✓ легка проникність коренів, яку забезпечує наявність потужного шару ґрунту, звідки рослини поглинають елементи живлення і вологу.

Рослинні рештки, що надходять у ґрунт, мають 17-21 кДж енергії на 1 г сухої речовини, 1 г гумінової кислоти – 18-22 кДж, 1 г фульвокислоти – близько 19 кДж, 1 г ліпідів – 35 кДж. Ґрунти із середнім вмістом органічної речовини 4-6 % і середніми запасами гумусу 200-400 т/га накопичують на одному гектарі стільки енергії, скільки дають 20-30 т антрациту.

Енергію органічної речовини ґрунтів використовують мікроорганізми і безхребетні тварини для забезпечення своєї життєдіяльності, для фіксації азоту, а також багатьох процесів у тілі ґрунтового профілю з трансформації маси ґрунту, відтворення і підтримання його родючості.

Вся сукупність живих організмів ґрунту постійно змінюється в часі і просторі, проте основний склад кожного ґрунту має особливі, притаманні певному типу ґрунтоутворення, характерні ознаки й особливості функціонування.

Жива речовина ґрунту – сукупність живих організмів у ньому, що характеризується масою, хімічним складом та певною енергією. Рослинна складова живої речовини ґрунту утворюється в процесі фотосинтезу.

Енергетична роль тварин порівняно з рослинами мала. Проте саме тваринна складова «працює» проти температурного градієнта, що стабілізує енергетичний потенціал ґрунту як базову складову агроєкосистем.

Рослини – головні продуценти, з яких розпочинається біологічний колообіг. Біологічний колообіг різний для різних ґрунтово-кліматичних зон і класифікується за комплексом показників: біомаса рослин, опади, підстилка, кількість закріплених у біомасі елементів. Кореневі системи рослин впливають на фізичні і хімічні властивості ґрунту та його біологічну активність.

Ґрунтові водорості – група водоростей, життя яких повністю пов'язане з ґрунтом. Більшість із них – мікроорганізми. Вони впливають на кисневий режим, накопичення азоту і структуру ґрунту. Можуть бути біоіндикаторами процесів, що відбуваються в ґрунті, газового і сольового режимів, забрудненості ґрунтів.

Ґрунтові тварини істотно впливають на утворення гумусу, структурні властивості, біологічну активність та родючість ґрунту загалом. Ссавці (наприклад, гризуни, комахоїдні, зайцеподібні) здійснюють механічний вплив на ґрунт, а отже, на ріст і розвиток рослин, беруть участь у мінералізації й гуміфікації органічної речовини.

Ґрунтові гриби беруть участь у мінералізації органічних решток рослин і тварин та в утворенні гумусу. Гриби – аеробні організми. В біогеоценозах основна маса грибів зосереджена в ґрунті, де їх міцелій сягає загальної довжини 700-1000 м в 1 г ґрунту. Розщеплюють будь-які органічні субстрати.



Лишайники складаються з двох компонентів – гриба і водорості. Найважливіша піонерна роль лишайників – заселення безживних субстратів. Руйнуючи їх, вони беруть участь у первинному ґрунотворному процесі

Бактерії в екосистемах ґрунту разом із грибами виконують функцію редуцентів. Агрономічно найбільш значущими є азотобактерії (*Azotobacter*) та бульбочкові бактерії (*Rhizobium*). У ґрунті останні живуть у вільному стані. Здатні оселятися на коренях бобових рослин.

Нині ґрунт та його якість опинилися у загрозовому становищі. В багатьох регіонах нашої планети руйнування ґрунтового покриву досягло катастрофічних розмірів (рис. 17.1). За останній час у світі втрачено понад 2 млрд. га сільськогосподарських угідь і близько половини з них – внаслідок вітрової й водної ерозії. Вирубуються ліси, деградуються пасовища, руйнується гумусовий шар ріллі.

Ерозія означає «роз'їдання». Під ерозією ґрунту, за визначенням академіка Л. І. Прасолова, розуміються «різноманітні й широко поширені явища руйнування і знесення ґрунту та пухких порід потоками води і вітру». Залежно від фактора, що викликає руйнування ґрунту, розрізняють водну і вітрову ерозію. Водна ерозія виникає внаслідок стікання зливових і талих вод, а вітрова – під впливом вітру.

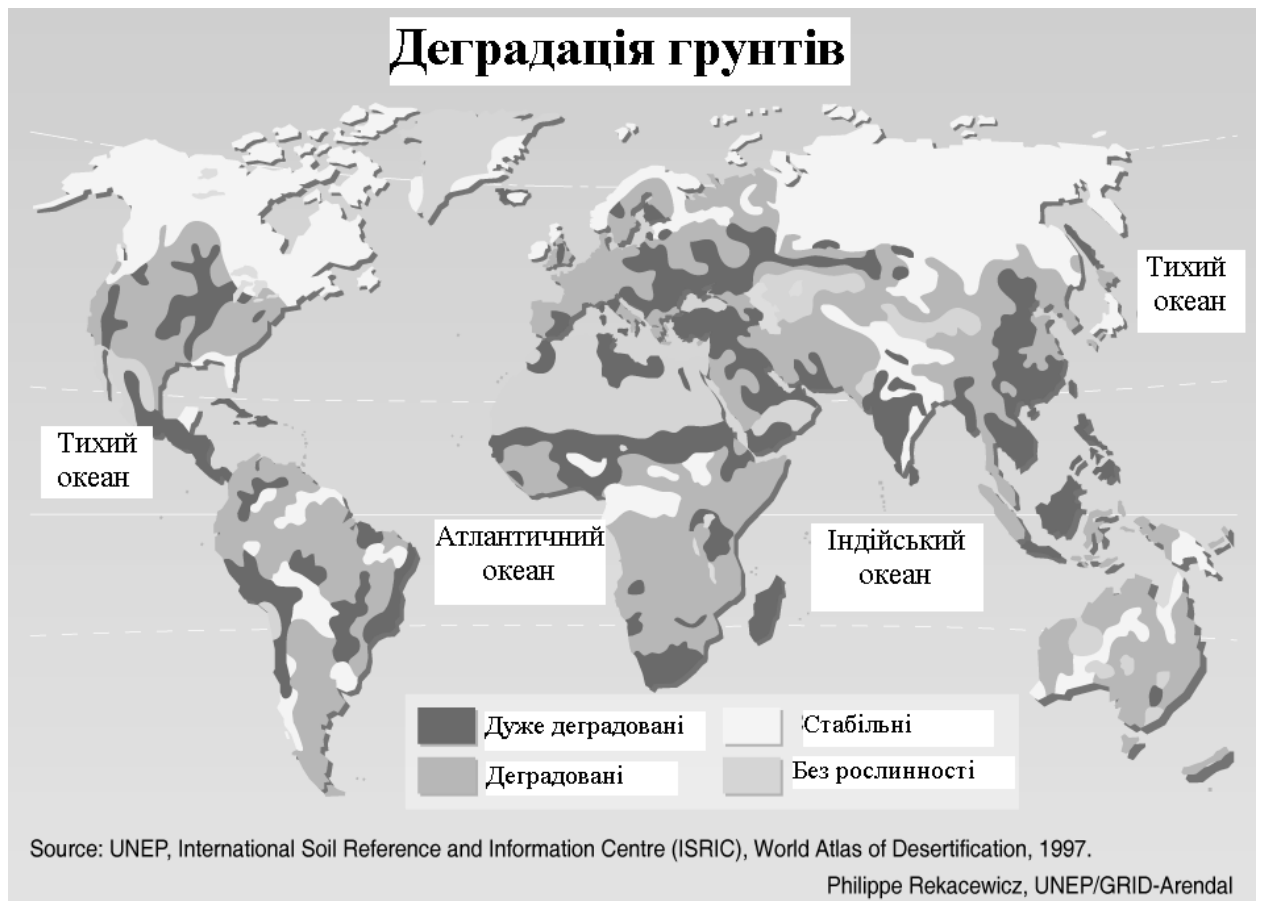


Рис. 17.1. Ерозія ґрунтів у світі

Водна ерозія – це сукупність процесів руйнування ґрунту, формування наносів під впливом води і деградації ландшафту.

Ерозія ґрунтів протягом тисячоліть була природним явищем, однак тепер її масштаби стали значно загрозливіші. Щороку ерозія та інші форми деградації ґрунтів знищують 5-7 млн. га сільськогосподарських земель, і 25000 млн тонн верхнього шару ґрунту вимиваються в океани. Наприклад, Сполучені Штати Америки втратили близько третини свого верхнього шару ґрунту з початком осілого землеробства. Понад 55% цієї шкоди завдано водною ерозією і майже 33% – вітровою.

Деякі наслідки деградації ґрунтів та зменшення родючих площ збігаються з їх причинами, що підтверджує надзвичайну небезпечність цього явища (рис. 17.2).

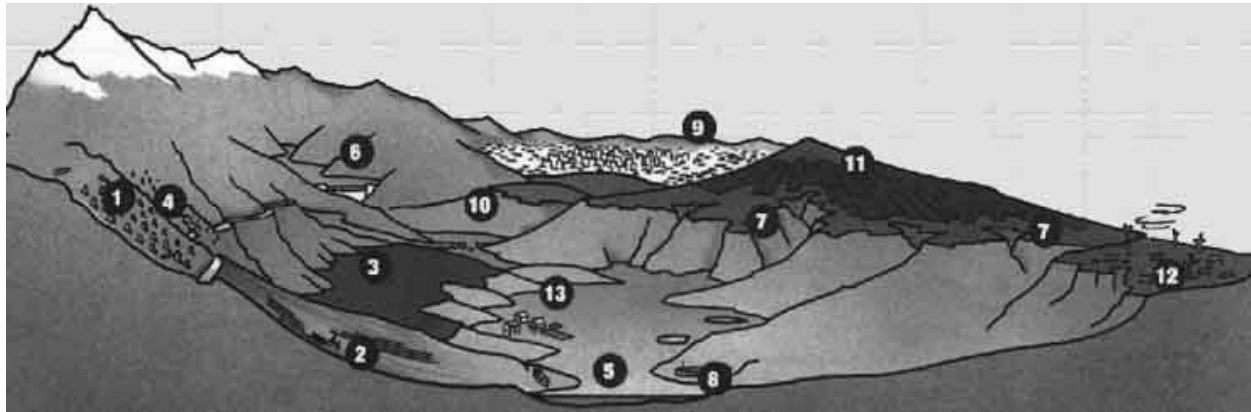


Рисунок 17.2. Чинники ерозії ґрунтів:

1. вирубка лісу; 2. культивування крутих схилів; 3. монокультури;
4. зсув і розмивання доріг; 5. зменшення вилову риби на мілководдях;
6. замулення водойм; 7. яроутворення; 8. зменшення судноплавності річок;
9. зростання населення міст внаслідок зменшення чисельності сільських жителів; 10. повені та спричинені ними руйнування; 11. вразливість агроценозів; 12. розмивання пасовищ; 13. обезлюднення сіл.

Методи боротьби з ерозією діляться на дві категорії – біологічні і фізичні. Біологічний підхід передбачає зміни в веденні сільського господарства на певній місцевості. Фізичні методи включають в себе будівництво терас і дамб, контролювання розвитку ярів (наприклад, шляхом посадки дерев) і загальне управління вододілом (рис. 17.3).

Відомі численні приклади зменшення деградації та відновлення ґрунтів. Ще наприкінці XIX ст. в південних районах Росії селяни застосовували ряд простих прийомів ґрунтозахисної і вологозахисної агротехніки. Згодом в цьому напрямку почало вдосконалюватися землеробство в США. В 1895 р. була надрукована робота американського фермера Г. Кембела про мульчуючий обробіток чорного пару (глибокий обробіток і розпушення поверхневого шару ґрунту із збереженням на

поверхні сухих грудочок як мульчі). Ця технологія в США одержала назву системи сухого землеробства.

Російський агроном І. Е. Овсинський розробив і застосував технологію безпльужного мілкового поверхневого обробітку ґрунту. Його ідеї випередили пануючі тоді напрямки в обробітку ґрунту на 20-30 років і тому були знехтувані. Лише в 30-х роках у США і Канаді після ерозійної катастрофи розпочався широкий перехід на мілкий і поверхневий ґрунтозахисний обробіток.

У 1954 р. Т. С. Мальцев запропонував безполицевий обробіток ґрунту на різну глибину. Це було початком впровадження на цілині Північного Казахстану в 60-х роках системи ґрунтозахисного землеробства на основі плоскорізного обробітку ґрунту і смугового розміщення посівів. Її автори – А. Г. Бараєв, А. Зайцева, Е. Ф. Госсен та інші.

У 1930-х роках вітрова ерозія спустошений мільйони гектарів сільськогосподарських угідь в США. Уряд створив спеціальну службу для підготовки фермерів до збереження ґрунтів. Їх вчили контурно-меліоративному землеробству, мінімізації обробітку ґрунту, сівозмінам, застосуванню лісосмуг тощо. В результаті продуктивність ґрунтів була відновлена протягом декількох років.

У 1979 році китайська влада за підтримки Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН) і ФАО створила проект відновлення лесових плато – одних з найбільш еродованих регіонів світу. Майже дві третини землі тут культивувалися на схилах під кутом більше 20 градусів. Фермерам було запропоновано замінити однорічні культури багаторічними, такими як люцерна, зайнятися тваринництвом і садівництвом. В результаті загальне виробництво продовольства зросло приблизно на 70%, незважаючи на те, що посівна площа скоротилася вдвічі.

У Нігері проект ФАО з відновлення земель перетворив пустельний пейзаж на процвітаюче середовище для рослин і тварин. Тепер цю область можна побачити з космосу як зелену пляму посеред пустелі.

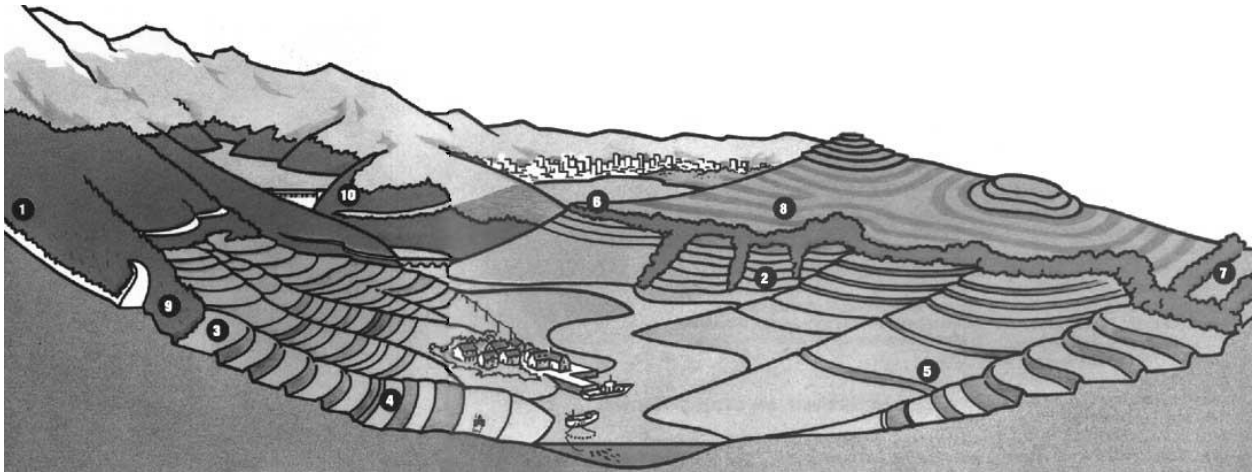


Рис. 17.3. Заходи боротьби з ерозією ґрунтів:

1. лісовідновлення; 2. зупинення яроутворення; 3. терасування на крутих схилах; 4. застосування контурно-меліоративного землеробства; 5. контроль поверхневих стоків; 6. відродження сіл; 7. полезахисні лісові смуги; 8. Сівозміни; 9. Садівництво на крутих схилах; 10. запобігання замулюванню водойм.

З факторів, що викликають ґрунтову ерозію, виділяють природні, сільськогосподарські й ландшафтні. Серед природних факторів розрізняють поверхневий, струминний і підґрунтові змиви. Поверхнєве змивання досягає 15 т/га і більше, струминне викликає утворення канав глибиною 15 см і завширшки 55 см. Прояву водної ерозії сприяють великі розміри полів, введення чистих парів, використання потужної сільськогосподарської техніки і т. п.

При вітровій ерозії відбувається одночасно три процеси: винесення, перенесення і відкладання еолового матеріалу. Одночасно з винесенням тонких часток і гумусу при ерозії ґрунти збіднюються всіма елементами живлення. Втрати азоту і фосфору в орному шарі супіщаних ґрунтів досягають 18%, калію – 8%; в еолових наносах на цих ґрунтах відповідно 44% і 22%. При знесенні ґрунту однакової потужності з різних ґрунтів

абсолютні втрати гумусу і елементів живлення тим більші, чим родючіші ґрунти.

Інтенсивність вітрової ерозії залежить від культур, що вирощують, і особливостей агротехніки. За ступенем проявлення ерозії у посівах культури розміщуються в такій послідовності: кукурудза, овочеві, тютюн, соя, озима пшениця, ярі зернові. Основною причиною посилення процесів вітрової ерозії ґрунтів є руйнування, розпилення їх структури внаслідок втрат значної кількості органічної речовини.

У глобальних масштабах головними причинами ерозії є знищення рослинності/розорювання земель на великих площах без застосування ґрунтозахисних сівозмін, та інтенсивне випасання худоби.

В районах прояву одночасно водної й вітрової ерозії особливо велике значення має безполицевий обробіток ґрунту, мульчування, сівба куліс, смугові посіви культур, регулювання випасу і поліпшення пасовищ, насадження лісових смуг, залісення вітроударних схилів, застосування полімерів-структуроутворювачів та інших препаратів, що підвищують стійкість ґрунтів проти руйнування водою і вітром. У районах з еродованими ґрунтами одночасно із захисними заходами треба застосовувати заходи, що спрямовані на зростання родючості зруйнованих ґрунтів.

Основними засобами запобігання вітрової ерозії вважають зменшення ширини полів, залишення післяжнивних решток рослин у полі, смугове розміщення сільськогосподарських культур (і пару) упоперек пануючих вітрів, введення в сівозміни трав, створення куліс у парах з високих рослин та полезахисних лісових смуг, залуження вітроударних схилів тощо.

Збереження на поверхні ґрунту рослинних решток при застосуванні ґрунтозахисного обробітку – найбільш простий і доступний метод для запобігання як вітрової (зниження швидкості вітру), так і водної (зменшення руйнівної дії опадів) ерозії.

Мета протиерозійних заходів при перевазі водної ерозії – створення умов, що перешкоджають формуванню струмків на верхніх елементах схилу.

Якщо цього не можна досягти наявними засобами, необхідно передбачати «перехоплення» стоку води на задалегідь розрахованому геоморфологічному рівні, щоб винесення дрібнозему не перевищувало допустимі межі змиву.

В Україні прийнята наступна класифікація категорій змитості:

- ✓ слабозмиті ґрунти (втрати від ерозії гумусу в шарі 0-50 см становлять 10-20%);
- ✓ середньозмиті (20-50%);
- ✓ сильнозмиті (понад 50%).

Допустимі межі змиву для ґрунтів чорноземного типу від 3 до 5 т/га. Однак вважається, що для умов України допустимий змив не повинен перевищувати 0,2-0,5 т/га, оскільки навіть така втрата не в усіх випадках компенсується підвищенням ґрунтової родючості.

Протиерозійна організація території дає можливість зменшити змив на 50%, додаткове смугове розміщення культур – на 70%, а поєднання земляних валів з контурним обробітком ґрунту – на 90%.

На усунення порушення водного режиму території спрямоване контурно-меліоративне землеробство. Воно включає такі заходи:

- ✓ контурна організація території з паралельним нарізуванням контурів смуг;
- ✓ обладнання в межах полів сівозмін постійних водонаправляючих валів-улоговин першого порядку, поєднаних з транспортуючою зайві води шляховою і зрошувальною мережею;
- ✓ спорудження в середині полів постійних добре прохідних для техніки пологих валів-улоговин другого порядку;
- ✓ створення по межах робочих ділянок однорядних лісових смуг, поєднаних з водонаправляючими і водозатримуючими валами і улоговинами;
- ✓ спорудження по трасі валів-улоговин першого порядку тимчасових і постійних акумуляторів твердого й рідкого стоків у вигляді схилових лиманів і водойм з ділянками регулярного зрошення;

✓ проведення культуртехнічних робіт з метою об'єднання відокремлених робочих ділянок у єдині смуги-контури;

✓ проведення спеціальних агротехнічних заходів, що підвищують водопроникність ґрунту (щільовання, кротування, безполицеве розпушування з мульчуванням соломою тощо).

Ґрунтозахисна здатність польових культур протягом вегетаційного періоду змінюється в досить значній мірі. Сільськогосподарські культури розміщують по елементах рельєфу диференційовано з врахуванням еродованості земель, водного режиму ґрунту і біологічних особливостей культур.

Всеросійський НДІ землеробства і захисту ґрунтів від ерозії рекомендує на схилах до 3° сівозміни з чистим паром, просапними, зерновими культурами і багаторічними травами, на середньозмитих ґрунтах при 3-5° – з суттєвою перевагою зернових злакових і бобових культур звичайної рядкової сівби, а також багаторічних і однорічних трав, на схилах понад 5° – з рівним співвідношенням зернових і багаторічних трав.

В Степу України смугове розміщення культур сприяє підвищенню екологічної стабільності агробіоценозів. Зосередження ботанічної різноманітності культур на невеликій території сприяє зниженню чисельності багатьох шкідників, а отже і скороченню обсягів застосування інсектицидів. Так, у посівах при чергуванні багаторічних трав (люцерни), озимої пшениці і кукурудзи 100-метровими смугами впоперек схилу чисельність шкідників була значно нижчою, ніж на цих же культурах у поруч розміщеній польовій сівозміні.

Одне з головних місць у зменшенні водної і вітрової ерозії ґрунтів займають ґрунтозахисні прийоми обробітку ґрунту, які умовно поділяють на загальні й спеціальні. До загальних належать оранка впоперек схилу, плоскорізний обробіток, чизелювання та інші, до спеціальних – лункування, переривчасте борознування, утворення мікроліманів, обвалування,



щільювання, кротування, ґрунтопоглиблення, глибоке смугове розміщення та ін.

На схилкових землях Лісостепу України плоскорізний обробіток ґрунту зменшував змив в 6-13 разів, збільшував запаси вологи в ґрунті на 20-40 мм.

На південному сході застосовують гребенево-кулісний обробіток. Він полягає в тому, що стерня і рослинні рештки формуються в щільні стерньові куліси і водопоглинаючі елементи та розміщуються у вигляді безперервної стрічки впоперек схилу. Гребенево-кулісний обробіток виконують плугом, на якому замість передплужників встановлені плоскі диски.

Застосування поверхневого обробітку доцільне в поєднанні із щільюванням, проміжними посівами і в системі водорегулюючих лісових смуг. Без цього при поверхневому обробітку ґрунту внаслідок підвищеного стоку зростають процеси лінійної ерозії.

Чизельні знаряддя дають можливість обробляти ґрунт без обертання на глибину до 45 см. За екологічною ефективністю чизельний обробіток є кращим порівняно з оранкою і плоскорізним обробітком, але порівняно з останнім не було виявлено його переважного впливу на врожайність.

У зв'язку з широким розвитком зрошування земель все більшого значення набуває іригаційна ерозія ґрунтів. Причинами розвитку цього виду ерозії є недоліки проектування і експлуатації зрошувальних систем: відсутність зональних рекомендацій по запобіганню іригаційної ерозії, невиконання протиерозійних заходів, невідповідність рекомендованих режимів зрошення існуючим меліоративним умовам, невиконання планувальних робіт, ведення земель без проектних обґрунтувань, порушення режимів зрошення і технології проведення поливів, відсутність необхідних гідротехнічних споруд на зрошувальній і скидній мережах та ін.

Шкода від іригаційної ерозії багатогранна: зменшується родючий гумусовий горизонт, вимиваються поживні речовини і насіння, непродуктивно витрачається вода для зрошення, забруднюються добривами і пестицидами водоприймальники, розмиваються канали, шляхові покриття,

утворюються іригаційні яри, погіршується якість сільськогосподарської продукції, значно знижується родючість ґрунту.

Вважається, що втрати від забруднення навколишнього середовища продуктами змиву в багато разів перевищують ті, що завдаються безпосередньо ерозією. Залежно від норми добрив вміст у водах поверхневого стоку нітратного азоту зростає в 1,8-8 разів, аміачного азоту – 2-8,6, фосфору – в 1,6-14,5 разів.

Система заходів по усуненню іригаційної ерозії включає організаційно-господарські, експлуатаційні й агротехнічні прийоми, спрямовані на підвищення водопроникності ґрунтів, утворення водоутримного мікрорельєфу, методи підвищення протиерозійної стійкості ґрунтів, заходи по запобіганню розмиву зрошувальної і скидної мережей та ін.

Важливим резервом збільшення площі й підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь є меліорація солонцевих і засолених ґрунтів. Солонцеві ґрунти, які потребують гіпсування, розміщені в найбільш розвинених сільськогосподарських районах, де продуктивне використання кожного гектара землі має велике народногосподарське значення.

Серед великої групи ґрунтів солонцевого типу виділяють дві основні: содові й сульфатно-содові солонцеві і солончакові ґрунти; хлоридно-сульфатні солонцеві й солончакові ґрунти.

Перша група солонцевих ґрунтів зустрічається в основному в чорноземній зоні, друга – в напівпустельній і пустельній зонах. Для першої групи солонцевих ґрунтів основний спосіб докорінного поліпшення і підвищення їх родючості – хімічна меліорація; у групах другої групи в більшості випадків солі кальцію знаходяться недалеко від поверхні і можуть потрапляти в орний шар внаслідок меліоративної оранки. При цьому створюються умови для самомеліорації солонців.

При зрошенні у ряді випадків проявляється вторинне засолення ґрунтів. Однією з його причин є те, що при високому рівні залягання засолених підґрунтових вод і випаровування вологи в посушливий період

відбувається засолення поверхневих шарів водорозчинними солями. Вторинне засолення ґрунтів може відбуватися і при відносно глибокому заляганні підґрунтових вод, коли волога при поливі проникає до глибини залягання материнської засоленої породи, розчиняє солі, які піднімаються до поверхні у вигляді розчину солі і випадають з нього при випаровуванні вологи.

Існують різні методи й окремі прийоми меліоративного поліпшення солонцевих ґрунтів: агротехнічні, хімічні й комплексні.

При хімічній меліорації у ґрунт вносять різні солі кальцію, головним чином гіпс. Кальцій витісняє поглинутий натрій, який у вигляді сульфату натрію вимивається водою. Крім того, гіпс, внесений у солонці й солонцюваті ґрунти, а також содові солончаки і солончакові ґрунти нейтралізує соду, переводячи її в сульфат натрію – сіль, що значно менш шкідлива для розвитку сільськогосподарських рослин, а також швидко вимивається з поверхневих шарів ґрунту.

Багато вчених підтверджують високу ефективність гіпсового ґрунту. В середньому на площах, де було внесено гіпс, урожай цукрових буряків підвищувався на 30, а зернових культур – на 4 ц/га.

Ефективність гіпсу різко зростає при введенні в сівозміни культур-фітомеліорантів, найкраще однорічного і дворічного білого буркуну. При поєднанні гіпсування із сівбою буркуну білого швидко поліпшуються солонці й солонцюваті ґрунти. Буркун залишає після себе велику кількість кореневих решток (до 85 ц/га), коренева система проникає у щільні солонцеві горизонти і після її перегнивання залишаються достатньо великі пори, по яких вільно проходить вода в нижні шари, відмиває сульфат натрію – продукт обміну внесеного гіпсу і натрію ґрунту.

Крім гіпсу, для поліпшення солонців можна використовувати фосфогіпс – відходи виробництва фосфорної кислоти і подвійного суперфосфату. На зрошуваних засолених ґрунтах застосовують й інший кальцієвий меліорант – кальцієву селітру.

При меліорації солонців важливим є місце внесення гіпсу в сівозміні. Кращі умови переміщення і зволоження утворюються в чистих парах, тому значну частину гіпсу необхідно вносити при оранці пару. При відсутності чистих парів краще місце для застосування гіпсу – поле просапних культур (у Лісостепу – цукрові буряки, в Степу – кукурудза), де його вносять восени під зяблеву оранку. На полі спочатку рівномірно розподіляють по площі гній або торфокомпост по 30-40 т/га, після цього вносять гіпс і поле орють.

Негативні наслідки засоленості ґрунтів на врожайність сільськогосподарських культур можна в певній мірі зменшити, висіваючи на цих ґрунтах більш солестійкі культури (цукрові і кормові буряки, гірчицю, кавуни), середньостійкі (пшеницю, жито, ячмінь, просо, овес, картоплю, помідори, гарбузи, редьку) і слабостійкі (кукурудзу, огірки, редиску, горох, боби).

## 18. РАДІОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ

На живі організми в навколишньому середовищі можуть водночас діяти кілька джерел іонізуючого випромінювання (табл. 18.1), серед яких основними є:

- ✓ природне випромінювання;
- ✓ випромінювання внаслідок використання штучних радіонуклідів;
- ✓ випромінювання від джерел, що застосовуються в медицині і побуті;
- ✓ професійне опромінювання.

Перші дві групи джерел стосуються опромінювання всього живого, в тому числі і об'єктів сільськогосподарського виробництва, дві останні – лише людини.

Таблиця 18.1. Типи впливу іонізуючого випромінювання на людину за даними Наукового комітету ООН з дії атомної радіації.

<b>Опромінювання населення</b>		
<b>Природне</b>	В межах норми	Космічна радіація
		Випромінювання Землі
	Понаднормове	Гірничо-металургійна промисловість
		Фосфатна промисловість
		Видобуток вугілля
		Нафтогазові свердловини
		Переробка рідкоземельних металів та діоксиду титану
		Цирконієва та керамічна промисловість
		Застосування радію і торію
		Інші процеси
<b>Штучне</b>	Мирні цілі	Ядерна енергетика
		Транспортування радіоактивних речовин
		Медицина та ін.
	Військові цілі	Ядерні випробування
		Радіоактивні опади тощо.
Історична ситуація		
Нещасні випадки		

Природне випромінення є складовою частиною біосфери, екологічним фактором, який впливає на всі живі організми і створює природний радіаційний фон. Воно утворюється за рахунок космічного випромінення, випромінення зовнішніх земних джерел і випромінення внутрішніх джерел.

У космічному випроміненні виділяють галактичне випромінення, більшість частинок якого мають енергію понад  $10^9$  еВ (1 ГеВ), а енергія окремих з них досягає  $10^{20}$ - $10^{21}$  еВ і більше. Для порівняння, енергія рентгенівського випромінення становить  $0,12 \times 10^3$  еВ. Сонячне космічне випромінення яке порівняно з галактичним має низьку енергію (близько  $4 \times 10^{10}$  еВ), не спричинює помітного збільшення дози випромінення на поверхні Землі, значною мірою затримуючись і розсіюючись в атмосфері.

Випромінення зовнішніх земних джерел визначається радіоактивністю земної кори, води й атмосфери за рахунок природних радіоактивних елементів, передусім таких, як  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  і  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$  та інші.

Вміст природних радіонуклідів у різних місцях Землі варіює в широкому діапазоні. Осадкові породи, як правило, мають невисоку радіоактивність. Вивержені породи (граніт, базальт) містять велику кількість радіоактивних елементів. Дуже багаті на торій і радій так звані монацитові піски. Відомі також високорадіоактивні водні джерела. В регіонах, де вони є, радіаційний фон може набагато перевищувати природний. Наприклад, якщо потужність дози природного фону в різних частинах Землі варіює у межах 1,5-15 мкР/год, то у деяких регіонах Франції, Швеції, США – 30-50 мкР/год, а в Індії, Бразилії, Ірані є провінції, де потужність дози природного радіаційного фону досягає сотень мікрорентген на годину. Найвищий рівень виключно природного випромінювання зареєстровано (0,8 Гр/рік) на бразильському чорному пляжі, складеному з монациту.

Внутрішніми джерелами випромінення є радіонукліди, що потрапляють у рослини, а також в організми тварин та людей разом з

повітрям, водою, їжею. Найбільше внутрішнє опромінення спричинюють  $^{222}\text{Rn}$  і  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ .

Природний радіаційний фон – один з головних факторів природного мутагенезу, який відіграє важливу роль у процесі еволюції живих організмів. Це радіаційне середовище є також однією з причин виникнення злоякісних новоутворень і спадкових захворювань.

Починаючи з минулого століття природний радіаційний фон поступово зростає, оскільки діяльність людини й індустріалізація господарства спричинили видобуток з надр Землі та надходження у навколишнє середовище великої кількості радіонуклідів разом з такими корисними копалинами, як кам'яне вугілля, нафта, газ, металеві руди, солі, що становлять основу мінеральних добрив тощо.

Велика кількість радіоактивних речовин утворюється під час вибуху атомної бомби, основою якого є саморозвиваюча ланцюгова реакція поділу  $^{235}\text{U}$  або  $^{239}\text{Pu}$ . Після вибуху в атмосфері атомної бомби середньої потужності (10-15 Мт) близько половини утворених радіоактивних продуктів випадає в районі вибуху на земну і водну поверхні в радіусі 100 км, а інші потрапляють в тропосферу й стратосферу. З тропосфери частинки протягом місяця випадають на Землю в зоні, що визначається вже радіусом 250-450 км від місця вибуху (залежно від сили і напрямів вітру). Радіонукліди, які потрапляють в стратосферу, поширюються навколо всієї земної кулі і випадають на поверхню Землі значно пізніше, хоч початок випадання їх можна виявити через 2-3 тижні, а повне випадання відбувається протягом 1,5-2 років. За цей час короткоживучі радіонукліди розпадаються, і в опадах переважають довгоживучі радіонукліди  $^{90}\text{Sr}$  (стронцій) та  $^{137}\text{Cs}$  (цезій) з періодами піврозпаду відповідно 29 і 30 років.

Певну частку у забруднення навколишнього середовища вносять підприємства атомної енергетики, робота яких пов'язана з видобутком уранової руди, її переробкою на збагачене ядерне паливо, виробництвом твелів, переробкою відпрацьованого палива для наступного використання,

переробкою і захороненням радіоактивних відходів. Перелічені виробничі операції становлять ядерний паливний цикл. На всіх його етапах можливе потрапляння радіонуклідів у навколишнє середовище.

Атомна енергетика, враховуючи небезпеку ядерного випромінення, будується за принципом замкнутого циклу, завдяки чому в навколишнє середовище потрапляє лише незначна кількість важких для вловлювання радіоактивних речовин. Так, під час видобутку уранової руди і вилучення урану 99% породи потрапляє у відвали, спричинюючи лише локальне забруднення середовища ураном, радієм, радоном та деякими іншими радіонуклідами. Під час роботи реакторів у навколишнє середовище можуть потрапити газоподібні летючі радіонукліди  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{85}\text{Kr}$  та  $^{129}\text{I}$ . Однак практично їх можна вловлювати за допомогою спеціальних фільтруючих систем. Радіоактивні відходи зберігаються в ізольованих місцях.

Ядерні реактори АЕС, що працюють у багатьох країнах світу, є джерелом незначного забруднення навколишнього середовища радіоактивними відходами навіть безпосередньо біля них. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії частка випромінення за їх рахунок у загальному радіаційному фоні не перевищує 4%.

Радіоекологічні проблеми загострюються в умовах порушення технологічних процесів, що супроводжується аваріями з викидом радіоактивних речовин в навколишнє середовище. Внаслідок цього радіонукліди можуть потрапити в природні екосистеми, на сільськогосподарські угіддя і призвести до важких радіоекологічних і соціально-економічних порушень.

Внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС), яка відбулася 26 квітня 1986-го року, радіонукліди були викинуті на максимальну висоту до 10 км, і саме ці високі радіоактивні хмари забруднили території Південної Європи, а потім і країни Африки, Північної та Південної Америки, Океанії й Азії. Постраждало 10 мільйонів людей по всьому світу, було забруднено 150 тисяч квадратних кілометрів території України,



Республіки Білорусь та Російської Федерації. Чорнобильська аварія в десятки разів збільшила частоту ракових захворювань і хвороб, пов'язаних зі зниженням захисної здатності людського організму. Україна незворотно втратила майже 50 тисяч гектарів найродючіших чорноземів.

В атмосферу під час Чорнобильської катастрофи було викинуто до 100% радіоактивних благородних газів, 20–50% ізотопів йоду, 12-30% – цезію і 3-4% інших важких радіонуклідів від їхнього вмісту в реакторі. В перші години після аварії найбільше вплив на довкілля мали радіонукліди ( $^{131}\text{J}$ ,  $^{133}\text{J}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$  і  $^{239}\text{Np}$ ). Через декілька місяців після аварії рівень забруднення визначали ( $^{89}\text{Sr}$  і  $^{95}\text{Zr}$ ), а два роки по тому – ( $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  і  $^{137}\text{Cs}$ ). Сьогодні це забруднення формують  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , а також радіоізотопи плутонію і америцію.

Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС 95% території України зазнало радіоактивного забруднення. Постраждало 5 млн. людей, забруднено радіоактивними нуклідами близько 5 тис. населених пунктів України, Білорусі та Росії, з них в Україні – 2218 селищ та міст із населенням понад 2,4 млн. чол. Щільність випадінь ізотопу  $^{137}\text{Cs}$  чорнобильського походження, яка перевищує 37 кБк на кв.м, зареєстрована на приблизно 48,4 тис. кв. км забруднених територій України, де переважно у сільських населених пунктах проживає більш як 1,45 млн. жителів. Середні дози зовнішнього опромінення для різних територій оцінені у інтервалі 1,4-15 мЗв для 1986 р., 3,8-40 мЗв для перших 20 років після аварії, та 5,2-55 мЗв для 70-ти річного періоду після аварії.

Шкода, яку заподіяла Чорнобильська катастрофа, величезна і має низку екологічних аспектів:

- ✓ радіоактивне забруднення складових частин екосистеми: літологічної основи, гідро- і атмосфери, ґрунтового і рослинного покривів;
- ✓ вплив на здоров'я живих організмів і, найголовніше, людини;
- ✓ вилучення з народногосподарського використання значних територій і природних ресурсів.

Залежно від ландшафтних та геохімічних особливостей ґрунтів, величини перевищення природного доаварійного рівня накопичення радіонуклідів у навколишньому середовищі, пов'язаних з ними ступенів можливого негативного впливу на здоров'я населення, вимог щодо здійснення радіаційного захисту населення та інших спеціальних заходів, з урахуванням загальних виробничих та соціально-побутових відносин територія, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, поділяється на зони:

✓ зона відчуження – територія, з якої проведено евакуацію населення в 1986 році;

✓ зона безумовного (обов'язкового) відселення – територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від  $15,0 \text{ Ки/км}^2$  та вище, або стронцію від  $3,0 \text{ Ки/км}^2$  та вище, або плутонію від  $0,1 \text{ Ки/км}^2$  та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити  $5,0 \text{ мЗв}$  ( $0,5 \text{ бер}$ ) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

✓ зона гарантованого добровільного відселення – територія з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від  $5,0$  до  $15,0 \text{ Ки/км}^2$ , або стронцію від  $0,15$  до  $3,0 \text{ Ки/км}^2$ , або плутонію від  $0,01$  до  $0,1 \text{ Ки/км}^2$ , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити  $1,0 \text{ мЗв}$  ( $0,1 \text{ бер}$ ) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

✓ зона посиленого радіоекологічного контролю – територія з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від  $1,0$  до  $5,0 \text{ Ки/км}^2$ , або стронцію від  $0,02$  до  $0,15 \text{ Ки/км}^2$ , або плутонію від  $0,005$  до  $0,01 \text{ Ки/км}^2$  за умови, що розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у

рослини та інших факторів перевищує 0,5 мЗв (0,05 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період.

Радіоактивні речовини, які потрапляють в атмосферу, поступово випадають на поверхню Землі. Залежно від характеру викиду продуктів поділу, породних умов, ґрунтового покриву, хімічних та фізичних властивостей радіонуклідів їх кількість у сільськогосподарських об'єктах може коливатися в дуже широкому діапазоні.

Важливу роль у поширенні радіоактивних речовин відіграють атмосферні опади і рух повітря. В зв'язку з цим розрізняють «вологе» (надходження речовин на поверхню Землі з дощем і снігом) і «сухе» (осідання частинок лише під впливом сили тяжіння) випадання радіоактивних речовин.

Радіоактивні речовини, що випали на поверхню земної кулі, стають складовою частиною біологічних циклів природного кругообігу речовин, потрапляючи через харчові ланцюжки в людський організм. Вони концентруються на трьох головних об'єктах: ґрунті, рослинах і у водоймах. З поверхні ґрунту радіоактивні речовини, розчиняючись в атмосферних опадах чи поливних водах або механічно з током води, потрапляють у підземні води. Швидкість їх вертикальної міграції (углиб ґрунту) залежить від багатьох факторів і насамперед від кількості атмосферних опадів, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту, розчинності радіоактивних речовин. Наприклад, у зоні аварії на Чорнобильській АЕС на неораних дерново-підзолистих піщаних ґрунтах легкого механічного складу на кінець 1992 р. 90% кількості усієї радіоактивності припадало лише на 10-см шар ґрунту. На ґрунтах більш важкого механічного складу з багатим вбирним комплексом вертикальна міграція радіонуклідів відбувається ще повільніше.

Радіоактивні опади у вигляді аерозолів з об'ємною масою, як правило, більше одиниці, потрапляючи на поверхню водойм, швидко опускаються на дно, концентруючись у мулових відкладеннях, де їх може нагромаджуватись

95-98% від загальної кількості радіоактивних опадів на водяне дзеркало. Проте частина їх з часом розчиняється у воді, забруднюючи її.

Радіоактивні речовини, що потрапили на рослини, можуть адсорбуватись їх поверхнею шляхом дифузії або проникати всередину рослин через продихи, залучаються в шляхи руху речовин і нагромаджуються в органах, які мають господарське і харчове значення (Рис. 18.1).



Рисунок 18.1. Поглинання радіоактивних речовин рослинами.

В організм сільськогосподарських тварин радіоактивні речовини потрапляють переважно із забрудненим кормом та водою відкритих водойм.

Концентрація радіонуклідів у сільськогосподарських рослинах може у десятки разів перевищувати їх вміст у ґрунті, внаслідок чого стає неможливим використання врожаю для харчування людини або годівлі тварин. При дослідженні цих закономірностей було виявлено, що  $^{90}\text{Sr}$

поводить себе подібно до кальцію, а  $^{137}\text{Cs}$  – калію, тому максимальна концентрація  $^{90}\text{Sr}$  завжди у тих видів рослин і органах тварин, які багаті на кальцій (кальцієфіли – рослини родини бобових, деякі представники родин розоцвітих, жовтецевих; кісткова тканина тварин, шкаралупа яєць, черепашки молюсків), а найбільша кількість  $^{137}\text{Cs}$  – у багатих на калій (калієфіли – картопля, буряки, капуста, кукурудза, овес, льон, виноград; м'язова тканина ссавців). При цьому треба враховувати, що кальцій і калій належать до найбільш поширених природних елементів (кількість першого в земній корі – 2,96%, другого – 2,5%), а стронцій і цезій – до категорії мікроелементів (кількість стронцію в земній корі дорівнює  $3,5 \times 10^{-2}$ , цезію –  $3,7 \times 10^{-4}\%$ ).

Радіоактивні речовини надходять до рослин двома основними шляхами:

- ✓ внаслідок прямого забруднення надземних органів радіоактивними частинками, що випадають з повітря, з наступним поглинанням їх тканинами вегетативних та репродуктивних органів (некореневе, або аеральне, надходження);

- ✓ через кореневу систему з ґрунту (кореневе надходження).

Надходження радіоактивних речовин в рослини через надземні органи можливе здебільшого лише в період випадання частинок, тоді як поглинання їх корінням може відбуватися протягом десятків років. Ступінь радіоактивного забруднення продуктивних частин рослини може істотно змінюватися залежно від шляху надходження радіоактивних речовин і місця їх поглинання (наприклад, для злаків, овочів при некореновому надходженні радіоактивних частинок ймовірність забруднення врожаю більша, ніж при кореновому, в той час як для коренебульбоплодів – навпаки).

Інтенсивність проникнення і включення в обмін радіоактивних речовин при позакореновому забрудненні значною мірою пов'язані з їх розчинністю і хімічними властивостями. Обов'язковою умовою для проникнення цих речовин углиб рослини є волога на поверхні листя. Зволоженість листя залежить від його форми, опушування, товщини кутикули, наявності жирів у

ній, віку листя, наявності води в самому листі. Чим довше волога затримується на поверхні листя, тим більше радіоактивних речовин надходить у нього. Крізь поверхню молодого листя радіонукліди проникають порівняно швидше, ніж крізь листя, старше за віком. Товста кутикула та підвищений вміст у ній жирів затримують проникнення радіонуклідів.

Інтенсивніше в органах рослин переміщуються радіонукліди калію, цезію, рубідію, йоду; повільніше – стронцію, церію, рутенію, цирконію, ніобію, барію. Найрухомішим є  $^{137}\text{Cs}$ . Потрапляючи на листя та інші частини рослини, він переміщується до інших органів і здатний у значних кількостях нагромаджуватись у зерні злаків і зернобобових, бульбах картоплі та коренеплодах.

Поглинання калію листям відбувається дуже швидко і він легко переноситься до різних органів. Подібно до калію поводять себе і його хімічні аналоги – цезій і рубідій. Кальцій бере участь у значно меншій кількості обмінних реакцій, тому стронцій надходить і нагромаджується в рослинах менше. Досить інтенсивно переміщуються по рослині радіонукліди йоду.

На позакореневе надходження радіоактивних частинок впливають погодні умови – вони можуть змиватися дощем, здуватися вітром. Утримання радіоактивних речовин на рослинах здебільшого залежить від форми окремих органів, їх механічних властивостей. Радіоактивні частинки нагромаджуються у великих кількостях в пазухах листя та квітів і легко здуваються та змиваються з поверхні неопушеного листя або стебла. Внаслідок переносу вітром радіоактивного пилу та штучного зрошення дощуванням стає можливим вторинне забруднення надземних частин рослин радіоактивними речовинами.

Ґрунт – сильний поглинач різних елементів, у тому числі й радіоактивних речовин. Найвищу здатність до поглинання має його поверхневий шар з основною частиною ґрунтового вбирного комплексу. Тому природні угіддя затримують основну масу радіоактивних речовин у

поверхневому шарі ґрунту, а на орних землях вони рівномірно розміщуються по всьому профілю шару ґрунту.

Висока міцність зв'язування радіоактивних речовин характерна для важких ґрунтів – чорноземів, каштанових, суглинків, багатих на органічні та мінеральні колоїди, які становлять основу вбирного комплексу. Мінімальна вона у легких піщаних ґрунтів.

Щодо здатності коріння рослин поглинати радіоактивні речовини, то вона визначається багатьма факторами: специфікою виду, розвитком кореневої системи, фазою розвитку, фізіологічним станом рослин, вологістю ґрунту, наявністю в ньому поживних речовин. Механізм поглинання радіоактивних речовин корінням рослин не відрізняється від механізму засвоєння звичайних елементів мінерального живлення. Поглинання радіоактивних речовин корінням, переміщення їх по рослині і розподіл по окремих органах зумовлені їх хімічними властивостями. Радіонукліди цезію та стронцію подібні до калію і кальцію – елементів, які відіграють важливу роль у мінеральному живленні рослин і надходять до рослин з ґрунту у найбільших кількостях. Тому цезій і стронцій легко і швидко переміщуються по рослині, в той час як інші ізотопи –  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{91}\text{Y}$  (ітрій),  $^{95}\text{Nb}$  (ніобій),  $^{95}\text{Zr}$  (цирконій),  $^{106}\text{Ru}$  (рутеній) нагромаджуються у кількостях на 2-3 порядки менших, переважно у корінні і далі практично не переміщуються.

Розподіл радіонуклідів у надземних частинах рослини відбувається також по-різному. Близько половини їх кількості нагромаджується в стеблі, значно менше – в листі, ще менше – в колосі і лише кілька відсотків – у зерні. Бульби, які є підземними стеблами, забруднюються менше, ніж коріння.

У вегетативній масі деяких видів накопичення може бути досить високим. Так, листя гречки містить до 30% калію, а пшениці – лише 10-15%. Тому в соломі гречки вміст  $^{137}\text{Cs}$  у 2-3 рази перевищує його вміст у соломі пшениці.

У міру зниження вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в продовольчих частинах окремі види рослин розміщуються в такій послідовності:

- ✓ зернові та зернобобові: гречка-соє-боби-квасоля-горох-овес-жито-пшениця-ячмінь-просо-тритикале-кукурудза;
- ✓ кормові (зелена маса): люпин жовтий-капуста кормова-вика-соняшник-конюшина-тимофіївка-костриця безоста-кукурудза;
- ✓ технічні: редька олійна-ріпак-буряки цукрові-соняшник-льон;
- ✓ овочеві: капуста-буряки столові-салат-морква-картопля-огірки-гарбузи-помідори.

Надходження радіоактивних речовин у організм сільськогосподарських тварин відбувається через органи травлення (пероральний), дихання (інгаляційний) і крізь шкіру (перкутантний шлях). Інгаляційний шлях надходження радіонуклідів має значення лише в період випадання радіоактивних опадів, незначним є й проникнення крізь шкіру. Основним шляхом їх надходження у тваринний організм є пероральний, тобто з кормами. Значно менше надходить їх з водою.

Радіоактивні речовини затримуються у тих тканинах і органах, де є стабільні елементи з аналогічними хімічними властивостями. Розрізняють скелетний, ретикулоендотеліальний, тіреотропний та дифузний типи розподілу радіоактивних речовин в організмі. Скелетний тип властивий елементам лужноземельної групи – кальцію і його хімічному аналогу стронцію. У мінеральній частині скелета нагромаджуються радіонукліди барію, радію, плутонію, урану. Ретикулоендотеліальний розподіл властивий для радіонуклідів рідкоземельних металів: церію, празеодиму, прометію, а також цинку, торію і трансуранових елементів. Тіреотропний – для йоду. Дифузний – для радіонуклідів лужних елементів: калію, натрію, цезію, рубідію, а також водню, азоту, вуглецю, полонію та ін.

Деякі радіоактивні елементи мають високий ступінь нагромадження в окремих органах і тканинах. Так, радіонукліди йоду нагромаджуються у щитовидній залозі через специфіку обміну речовин цього органа.

Ступінь радіаційного впливу інкорпорованих радіоактивних речовин на окремі органи і в цілому на організм залежить від їх терміну перебування



в ньому. Ті, що приєднуються до процесу обміну в тканинах з прискореним метаболізмом, швидко виводяться з організму разом з продуктами метаболізму. Так, тритій, який бере участь у водному обміні, за кілька тижнів виводиться з організму ссавців з сечею, а  $^{45}\text{Ca}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , які беруть участь у формуванні кісткової тканини, перебувають в організмі тварини все життя.

Для характеристики терміну перебування в організмі радіоактивних речовин є поняття *періоду піввиведення радіоактивного ізотопу*. Це час, протягом якого кількість нагромадженого в організмі радіонукліда зменшується вдвічі внаслідок процесів біологічного виділення.

Існує кілька методів оцінки можливого забруднення врожаю сільськогосподарських культур радіоактивними речовинами. Найпоширеніший з них полягає у використанні коефіцієнта накопичення ( $K_n$ ) радіоактивних речовин продуктивними органами рослин, які ростуть на різних ґрунтах. За цим показником кількість радіонукліду в 1 кг сухої чи вологої речовини рослин дорівнюватиме добутку від множення його вмісту в 1 кг відповідно сухого чи вологого ґрунту на  $K_n$ . Порівнюючи це значення з допустимими рівнями забруднення даним радіонуклідом продуктів харчування, можна зробити висновок про можливість вирощування тієї чи іншої культури в даних умовах радіоактивного забруднення.

На аналогічних розрахунках ґрунтуються і методи прогнозування надходження і накопичення радіоактивних речовин в організм сільськогосподарських тварин. Існують коефіцієнти переходу і накопичення радіонуклідів у різних тканинах тварин, які враховують їх вміст в кормах і дають змогу визначити вміст у продукції тваринництва.

Надходження радіоактивних речовин у сільськогосподарські рослини, а з ними в організм тварин залежить від багатьох факторів, і насамперед від майже непередбачених погодних умов (рис. 18.2). Тому всі методи прогнозування надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва і тваринництва досить відносні і дають лише приблизне уявлення про можливе її забруднення.

## Шляхи радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції



Рис. 18.2. Шляхи радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції

Залучення радіонуклідів в харчові ланцюжки на територіях з рівнями забруднення, що допускають ведення сільськогосподарської діяльності, хоч і не призводить до перевищення дози опромінення окремих осіб, проте зумовлює опромінення великих контингентів населення низькими дозами, які визначають імовірність віддалених радіобіологічних ефектів.

Залежно від властивостей ґрунту і ступеня його забруднення радіоактивними речовинами, а також виду сільськогосподарських культур, шляхів використання врожаю та інших умов застосовують різні засоби, які можуть забезпечити зменшення радіоактивності продуктів рослинництва. Доцільно визначити п'ять головних комплексних систем зниження надходження радіоактивних речовин у рослини:

- ✓ обробіток ґрунту;
- ✓ застосування хімічних меліорантів і добрив;
- ✓ зміна структури сівозміни;
- ✓ управління режимом зрошення;

✓ внесення спеціальних речовин і сполук.

На окультурених ґрунтах радіоактивні речовини нагромаджуються здебільшого в орному шарі. При порівняно невисоких рівнях забрудненості ґрунтів достатньо їх переорати відвальними плугами на звичайну глибину. Змішування забрудненого поверхневого шару ґрунту з більш глибокими пластами зменшує поширення радіоактивних речовин вітром та надходження їх у рослини у 2-4 рази.

Роль мінеральних та органічних добрив як постачальників головних поживних речовин в умовах радіоактивного забруднення дуже важлива. Іноді вони надходять у навколишнє середовище у вигляді нерозчинних і важкорозчинних частинок, проте з часом при контакті з киснем повітря і водою переходять у розчинні форми. Цьому особливо сприяє кисла реакція середовища. Тому вапнування кислих ґрунтів, крім поліпшення умов росту рослин, знижує надходження радіоактивних речовин з ґрунту. Основним компонентом вапняних матеріалів є кальцій – хімічний аналог стронцію. Внаслідок антагонізму між ними надходження в рослини  $^{90}\text{Sr}$  зменшується більшою мірою, ніж  $^{137}\text{Cs}$ .

Вапнування застосовують на підзолистих, дерново-підзолистих та кислих торфових ґрунтах, іноді – на сірих лісових та червоноземах. На лужних ґрунтах для збагачення їх на кальцій проводять гіпсування, а на нейтральних вносять вапняні матеріали й гіпс.

Вапнування дає змогу зменшити вміст стронцію в картоплі й коренеплодах у 10-20 разів, у сіні бобових – у 6-8 разів, у соломі злаків – у 3-4, у зерні – у 2-4, в овочах – у 5-7, у ягодах – у 4-6 разів.

Внесення калійних добрив є одним з головних заходів зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в продукції рослинництва у 3-6 разів. Це пояснюють антагонізмом іонів калію та цезію під час їх надходження в рослини.

Солі фосфорних кислот здатні утворювати із стронцієм нерозчинні сполуки, тому при внесенні у ґрунт фосфорних добрив може знижуватись перехід  $^{90}\text{Sr}$  з ґрунту у рослини. Найефективнішими з них є добрива, які

містять фосфати кальцію і калію. Однак фосфорні добрива в формі суперфосфату можуть посилювати нагромадження  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах.

При внесенні азотних добрив збільшується нагромадження в рослинах  $^{137}\text{Cs}$ , а іноді й  $^{90}\text{Sr}$ . Загальне збільшення норми повного мінерального добрива також призводить до нагромадження у рослинах  $^{137}\text{Cs}$ .

Внесення в ґрунт органічних добрив може істотно зменшити надходження в рослини радіоактивних речовин. Особливо ефективний гній, перегній, низинний торф на ґрунтах легкого механічного складу.

Різно зменшується нагромадження радіоактивних речовин при спільному внесенні в дерново-підзолисті ґрунти органічних і вапняних добрив. Цей захід є одним з найістотніших серед агрономічних заходів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів з ґрунту і збільшення врожаю сільськогосподарських культур.

Мікроелементи можуть впливати на проникність клітинних мембран для радіонуклідів з певними іонними радіусами, зарядом, геометрією координаційної та електронної конфігурацій; можуть активізувати або, навпаки, гальмувати системи транспорту окремих радіонуклідів; утворювати комплексні сполуки з різними речовинами, в тому числі і фізіологічно активними, котрі впливають на надходження радіонуклідів в рослини та їх пересування в окремі органи. Особливо гостро всі ці ефекти можуть проявлятися в умовах природного або штучного дефіциту мікроелементів.

Радіоактивні речовини поглинаються з ґрунту різними видами рослин з неоднаковою інтенсивністю і нагромаджуються в них у різних кількостях. Кальцієфільні бобові рослини інтенсивно поглинають  $^{90}\text{Sr}$ , нагромаджуючи його в значних кількостях у своїх органах. Злаки, які поглинають кальцій у порівняно невеликих кількостях, мало нагромаджують і  $^{90}\text{Sr}$ . Тому нагромадження  $^{90}\text{Sr}$  в різних видах рослин може відрізнятись в десятки разів. Калієфільні рослини – люпин, кукурудза, капуста, картопля, буряки, інтенсивно поглинають  $^{137}\text{Cs}$ . З урахуванням здатності культур і їх сортів до

нагромадження радіоактивних речовин, відповідні корективи в сівозміні можуть знизити рівень забруднення ними продукції рослинництва.

Фітодезактивація – це видалення радіонуклідів з ґрунту за допомогою спеціально вирощуваних на них рослин. Для цього застосовують види, що мають високі коефіцієнти накопичення ( $K_n$ ) радіонуклідів і формуючих значну біомасу. Найбільш цим вимогам відповідає люпин, дещо в меншій мірі люцерна, також кукурудза та соняшник при вирощуванні на зелену масу, деякі травосумішки.

В агроценозах процес спонтанної фітодезактивації триває постійно. Велика кількість радіонуклідів виноситься з урожаєм, тому на забруднених радіоактивними речовинами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територіях помітні суттєві відміни між рівнями радіоактивності ґрунтів сільськогосподарських угідь, що активно використовуються, і ґрунтів населених пунктів, під забудівлями, промисловими майданчиками, лісом. Порівняно високі темпи такої фітодезактивації на луках і пасовищах. Так, з урожаєм кормових трав за вегетаційний період може виноситись до 10-12% кількості радіонуклідів у ґрунті. Зрозуміло, що у цих випадках вони включаються у трофічні ланцюжки.

Важливу роль у міграції радіоактивних речовин і їх надходженні в рослини відіграє зрошення. Зрошувальна вода поліпшує водний режим ґрунту, створює сприятливі умови для розвитку в ґрунті мікробіологічних процесів, розчиняє поживні речовини і робить їх доступними для рослин. Все це дає змогу керувати ростом і розвитком рослин і забезпечує стабільно високі врожаї. Але при зрошенні можуть бути створені сприятливі умови для надходження в них радіоактивних речовин.

Розрізняють три основних шляхи впливу зрошення на нагромадження радіоактивних речовин у рослинах:

- ✓ при зрошенні відбуваються істотні зміни у водному режимі ґрунтів, внаслідок чого зростає рухливість радіоактивних речовин у ґрунті і їх доступність для кореневих систем рослин;

✓ внаслідок змін характеру фізіологічних процесів, які взаємопов'язані із змінами у надходженні в рослини і транспортуванні поживних речовин, відбуваються зміни в нагромадженні як окремих макро- і мікроелементів, так і радіоактивних речовин;

✓ при зрошенні радіоактивні речовини надходять у рослини по ланцюжках міграції, яких немає у богарному землеробстві.

При поверхневому зрошенні великі норми поливу сприяють вимиванню радіоактивних речовин у глибші шари ґрунту. Тому зменшення кількості поливів за рахунок збільшення поливної норми також зменшує надходження радіоізоотопів у рослини.

Інтенсивність надходження радіоактивних речовин у рослини залежить також від строків поливу. При дощуванні на пізніших етапах вегетаційного періоду рослини містять більшу кількість радіоактивних речовин, оскільки збільшуються їх маса і розмір надземної частини. У пізні фази розвитку радіоактивні речовини можуть потрапляти безпосередньо на генеративні органи рослин, що призводить до збільшення їх вмісту у плодах. Виявляється така закономірність: чим ближче до збирання врожаю здійснюється полив, тим більше радіоактивних речовин нагромаджується у рослинах.

Для зменшення надходження радіоактивних речовин з ґрунту в рослини рекомендується вносити в ґрунт мінерали, здатні до їх сорбції. Особливо інтенсивно сорбують  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  ілліти та вермікуліти, дещо менше – монтморилоніти та каолініти. Ефективними сорбентами є такі мінерали, як флогопіт, асканіт, гумбрин, гідрофлогопіт, біотит, цеоліти та бентоніти. Внесення цих мінералів у ґрунт у дрібно-розмеленому стані у кількості, що становить 0,5-1% об'єму орного шару ґрунту, зменшує надходження радіоактивних речовин у рослини в кілька разів.

Ефективним є також внесення у ґрунт комплексонів – амінополікарбонових кислот та їх похідних, які можуть утворювати в ґрунті комплексні сполуки з радіонуклідами, сприяючи їх вимиванню з кореневмісного шару вглиб ґрунту.

Основним джерелом надходження радіоактивних речовин в організм тварин є корми (понад 90%), основу яких становлять рослини, і меншою мірою – вода. Заходів, що зменшують перехід радіонуклідів з корму й води у продукти тваринництва, небагато. Це правильно складені раціони і введення в них добавок та препаратів, що запобігають такому переходу. Збалансовані раціони дають змогу зменшити надходження  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в організм тварини в 2-5 разів.

Сінний тип годівлі великої рогатої худоби більш сприяє надходженню  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у м'ясо й молоко, ніж змішаний або силосно-концентратний раціон. Важливу роль у запобіганні переходу в організм сільськогосподарських тварин радіонуклідів відіграє оптимізація мінерального живлення – кальцієвого і калійного.

Кальцій становить основу скелета, є головним мінеральним компонентом молока. При дефіциті в організмі його місце можуть займати хімічні аналоги, серед яких і стронцій. Тому порушення кальцієвого живлення може призвести до збільшення нагромадження в організмі  $^{90}\text{Sr}$ .

Враховуючи виключно важливе значення калію у функціональній діяльності багатьох фізіолого-біохімічних систем тварин, збагачення раціону за рахунок кормів з підвищеною його кількістю сприятиме зниженню нагромадження  $^{137}\text{Cs}$ . Це насамперед кукурудзяний силос, картопля, кормові буряки, деякі види бобових рослин і кормових злакових трав.

Важлива роль у зменшенні надходження радіонуклідів до організму сільськогосподарських тварин, а також у підвищенні стійкості тварин до іонізуючих випромінень, належить мікроелементам. Особливо це стосується регіонів Полісся, ґрунти яких і, відповідно, корми бідні на вміст як основних, так і біологічно важливих мікроелементів. Збагачення раціону на солі кобальту, цинку, міді, марганцю, заліза, йоду та іншими є важливим заходом в системі ведення тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях.

Значний вплив на забруднення продукції тваринництва радіонуклідами має стан пасовищ. При слаборозвиненому чи вибитому травостої значна

кількість радіонуклідів може надходити в організм тварин з частками ґрунту і тогорічною рослинністю, особливо навесні і пізно восени. Тому докорінне поліпшення природних кормових угідь є не тільки засобом підвищення їх продуктивності, а й ефективним заходом зменшення переходу радіонуклідів з ґрунту в лучні трави. Це забезпечується створенням більш продуктивного травостою, загортанням забрудненої радіонуклідами дернини і формуванням нової, менш забрудненої. Проведення агротехнічних заходів слід супроводжувати внесенням вапна і мінеральних добрив у визначених кількостях і співвідношеннях. При перезалуженні ці компоненти треба вносити тільки після оранки, при дискуванні чи фрезеруванні.



## 19. АЛЬТЕРНАТИВНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО, КОНЦЕПЦІЯ ТА АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Сучасне сільськогосподарське виробництво орієнтоване на отримання максимальних обсягів товарної продукції в агроєкосистемах, продуктивність яких значною мірою залежить як від освоєння природно-ресурсного потенціалу, так і від рівня технічного оснащення, застосування добрив і засобів захисту рослин, проведення меліоративних робіт, запровадження сортів тощо. Проте численні факти негативних наслідків, зумовлених суто технологічним підходом до інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, стимулювали інтерес до так званого «альтернативного землеробства» (рис. 19.1).

Незважаючи на те, що навколо альтернативного сільського господарства точаться дискусії і воно істотно відрізняється в різних країнах, загалом його визначають як господарювання, що ґрунтується на сівозмінах, природній боротьбі зі шкідниками, зелених добривах та компостах, причому не допускається використання синтетичних добрив, пестицидів і регуляторів росту.

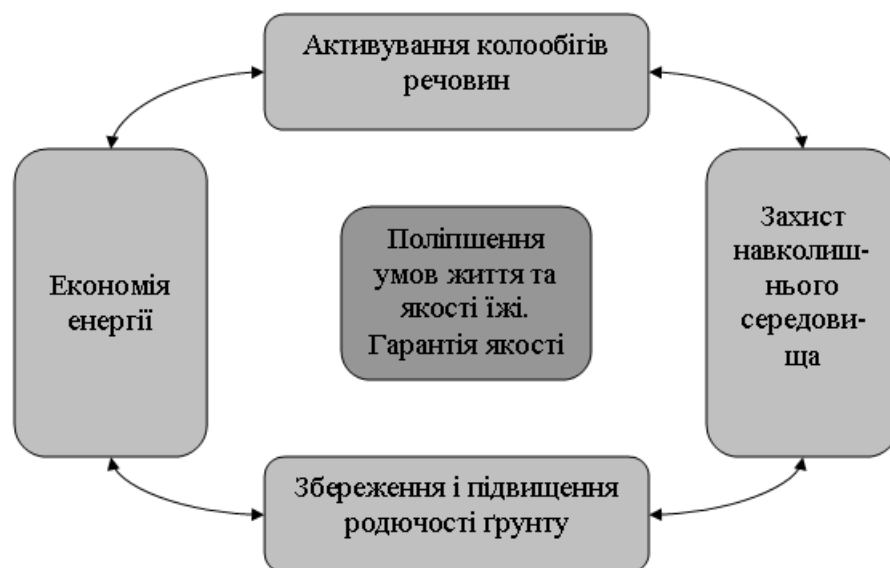


Рисунок 19.1. Цілі альтернативного землеробства (за Г. Кантом)

Досягнення цілей альтернативного землеробства можливе кількома шляхами (рис. 19.2).

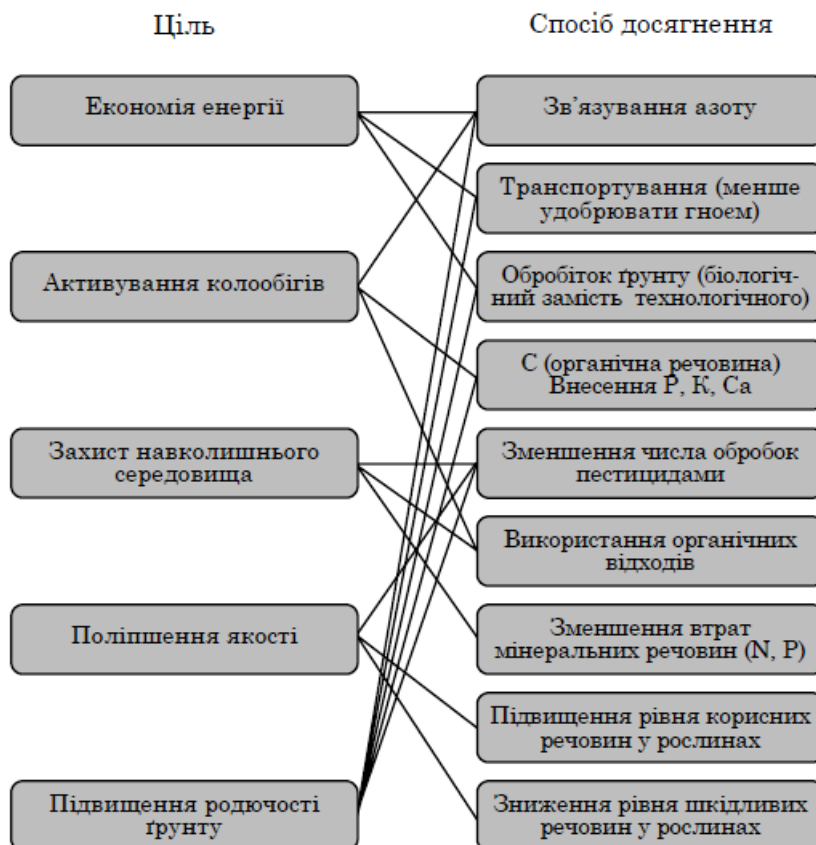


Рисунок 19.2. Шляхи досягнення цілей альтернативного землеробства (за Г. Кантом)

Головні особливості альтернативного землеробства:

✓ підживлювати слід не рослини, а корисні мікроорганізми, які забезпечують переробку рослинних решток і матеріалів на поживні речовини і гумус. Основою має бути гасло: «ґрунт живить рослину – рослина живить ґрунт». Головну роль у забезпеченні ґрунтової мікрофлори енергетичним матеріалом і в постачанні рослинам поживних речовин виконують органічні добрива. Як дуже цінний вид добрив розглядають гній. Використання компостів передбачено усіма різновидами системи органічного землеробства,

деякі з них допускають застосування гною тільки в компостованому вигляді. Найсприятливішою для компостування вважають сировину, яка містить не менш як 50% органічної речовини (у перерахунку на суху масу), подрібнена на часточки 10-30 мм, вологістю 55-80%, з рН 5,5-9,0 і співвідношенням С:Н у межах 20-35. Застосовують кілька способів компостування: у купах, штабелях, валках або поверхневий. Велика роль відведена дощовим черв'якам. Обов'язковим або бажаним є використання сидератів, хоча через економічні чи кліматичні умови це не завжди можливо. Допускається використання як додаткового джерела мінерального живлення базальтового, доломітового, вапнякового і кісткового борошна, томасшлаку, калімагnezії, інших матеріалів. Однак забезпечення рослин елементами живлення без внесення мінеральних добрив багато спеціалістів вважають проблематичним.

✓ сівозміна є визначальною і відіграє провідну роль, тоді як у традиційному землеробстві – допоміжну. Недоцільним вважають вирощування у сівозміні культур, які особливо вимогливі до забезпечення елементами живлення. Велику увагу приділяють бобовим культурам.

✓ обробіток ґрунту рекомендується проводити переважно без перевертання скиби і на невелику глибину. Заробляння рослинних решток і органічних добрив у верхній шар сприяє утворенню ґрунту, багатого на мікроорганізми і дощові черв'яки. Неглибока оранка (до 15 — 20 см) допускається лише тоді, коли цього не можна уникнути.

✓ основною умовою успішної боротьби з бур'янами є дотримання правильної сівозміни і системи обробітку ґрунту в ній. Вживають такі превентивні заходи: затримання сівби для знищення сходів бур'янів боронуванням; очищення насіння; збільшення норми висіву; вирощування сидеральних культур, які пригнічують бур'яни. Біологічний метод боротьби застосовують мало. Перспективним вважають використання комах, збудників хвороб, нематод. У майбутньому очікується виведення сортів, здатних конкурувати з бур'янами.

✓ у боротьбі з шкідниками і хворобами перевага надається превентивним заходам: сівозміні, сорту, обробітку ґрунту. Важливу роль відіграє увесь комплекс умов для росту і розвитку рослин, що підвищує стійкість посівів до шкідників і хвороб, зокрема застосування змішаних посівів. З інсектицидів рекомендовано мікробні препарати, рослинні інсектициди, ефірні олії, мило тощо. Як фунгіциди застосовують сірку, бордоську рідину, вапно. Доцільно використовувати так звані захисні рослини, які відлякують шкідників.

✓ при веденні альтернативного землеробства перевагу надають культурам, більш конкурентноздатним щодо бур'янів, менш чутливим до хвороб і шкідників і менш вимогливим до забезпечення поживними речовинами.

Комплексна боротьба зі шкідниками (КБШ) стає популярною альтернативою масштабному використанню пестицидів. Замість регулярного застосування хімікатів КБШ ґрунтується на огляді сільськогосподарських угідь з метою моніторингу чисельності шкідників: як бур'янів, що шкодять агрокультурам, так і популяцій комах. В разі виявлення шкідників фермери, що застосовують КБШ, мають декілька варіантів дій, а саме:

✓ визначити, чи буде контрольоване втручання коштувати більше, ніж прогнозована втрата сільськогосподарських культур в разі, якщо проблему зі шкідниками не вирішувати;

✓ розглянути варіанти боротьби зі шкідниками без використання синтетичних хімікатів;

✓ використовувати пестициди в мінімальній кількості, застосовувати їх лише до конкретних рослин, а також розпилювати в певний час і в певному місці, щоб забезпечити мінімальну ймовірність завдання шкоди запилювачам і хижакам, які полюють на шкідників.

КБШ визначається як «...використання оптимальної комбінації методів, спрямованих на зменшення і утримання популяцій шкідників нижче рівня, досягнення або перевищення якого завдасть економічних збитків.

КБШ ґрунтується на принципі оптимальної, а не максимальної боротьби зі шкідниками. Вона залишається важливим компонентом системи сільськогосподарського виробництва, який забезпечує стале господарювання і завдає мінімальної шкоди виробникам, споживачам, агроекосистемі та природному середовищу взагалі».

Крім використання КБШ шкідників знищують за допомогою їхніх природних ворогів. Методи такої боротьби можуть включати в себе створення сприятливих природних середовищ для так званих «корисних» комах, птахів та кажанів або заманювання чи ввезення цих хижаків в агроекосистему у вигляді дорослих особин, яєць і личинок.

Одним з найуспішніших прикладів біорегулювання шкідників сільськогосподарських культур є використанням осі, яка вбиває мучнистого червця, що вражає маніок. Маніок – головна сільськогосподарська культура для сотень мільйонів африканців, але в 1970-х рр. червець випадково потрапив до Африки з рідної для нього Південної Америки і спричинив зниження врожайності цієї культури на 80%. У Південній Америці було встановлено його природного хижака – карликову осу, що відкладає свої яйця в мучнистих червців; її личинки, зростаючи, вбивають шкідника. Потім дослідження встановило: ця оса специфічна за господарем для червця і не завдасть серйозної шкоди видам, які не являються об'єктами спеціалізованого знищення. Осу завезли в Африку і популяція шкідника швидко опинилася під контролем, зменшившись приблизно на 90%.

В тропіках вирощування кави під деревами з густою кроною дозволяє набагато краще зберегти різноманіття видів та екосистем, ніж суцільне вирубування джунглів під плантації. Кава, яка зростає в тіні, створює природне середовище для чисельних таксонів, дуже точно наслідуючи рівні біорізноманіття певних організмів, що зустрічаються в тропіках. В той же час монокультурні кавові господарства розпочинають свою діяльність з суцільного вирубування лісів, знищуючи навколишнє середовище і зумовлюючи ерозію ґрунту.

Екологічно нераціональні агротехнічні заходи призводять до деградації ґрунтів, тому часто виникає необхідність в інноваційних способах рекультивації земель. Наприклад, в Буркіна-Фасо, Нігерії та Гані для відновлення родючості і аерації використовується метод «zais» (або «tassa»). На відстані 20-30 см одна від одної викопуються ямки, які заповнюються поживними залишками, компостом та зеленими добривами. Їх називають «zais» і вони допомагають покращити ґрунт. Кількість таких ямок може складати від 12 000 до 25 000 на гектар. Компост сприяє відновленню втраченого рівня гумусу, а також приваблює термітів, тунелі яких забезпечують аерацію ґрунту, ліквідуючи ущільнення. Крім того, у ямки «zais», багаті на поживні речовини, можна саджати розсаду, і вітер не зможе завдати їй шкоди. Цей метод – сучасна відповідь на посуху та демографічний тиск.

Сівозміни – одна з найважливіших традиційних альтернатив інтенсивній системі, яка ґрунтується на монокультурі. Монокультурне господарство передбачає вирощування однієї сільськогосподарської культури на значній земельній площі. З року в рік висаджують одні й ті ж самі рослини, що сприяє розмноженню комах-шкідників, оскільки їжа, якій вони надають перевагу, постійно наявна у великій кількості. Як наслідок, з'являється висока залежність від пестицидів.

Кожна культура виснажує ґрунт з різною швидкістю, залежно від структури коренів і поживних речовин, що поглинаються в першу чергу. При вирощуванні монокультур земля кожного року втрачає родючість однаковим чином. Відповідно, для забезпечення такої системи господарі повинні вносити все більше добрив, оскільки вони не можуть користуватися природними перевагами чергування зернових культур з бобовими – фіксаторами азот.

До широкого впровадження пестицидів сільське господарство ґрунтувалося переважно на сівозмінах: послідовному висаджуванні трьох або більше агрокультур, включаючи бобові, які збагачують ґрунт азотом. Це

допомагало боротися з багатьма бур'янами і хворобами. З появою азотних добрив, пестицидів і механізації сільського господарства чергування культур втратило популярність. Хоча на Середньому Заході США прийнято саджати кукурудзу і бобові раз на два роки, досвід показує, що сівоzmіни з короткими інтервалами впливають на якість ґрунту і води аналогічно до монокультур.

Міжрядне вирощування сільськогосподарських культур – ще одна традиційна альтернатива, яка може використовуватися для покращення видового біорізноманіття на оброблюваній території. По суті, це «вирощування двох або більше сільськогосподарських культур поруч одна з одною для того, щоб сприяти взаємодії між ними», яке часто забезпечує більший врожай з одиниці площі, ніж монокультурне господарство. Покривні культури збагачують ґрунт поживними елементами, допомагають утримувати більше вологи, а також зменшують проміжок часу, протягом якого земля залишається непокритою між сезонами вирощування «товарних культур».

Усвідомлення зростаючої екологічної загрози внаслідок інтенсивного ведення землеробства стимулювало розробку альтернативних моделей землеробства. Одним із засновників ідеології нових форм ведення сільського господарства був японський філософ Мокиши Окада (1882-1955), який вважав, що сільське господарство має вирішувати такі завдання:

- ✓ пропонувати продукти харчування, що не тільки підтримують життєдіяльність, а й поліпшують здоров'я людей;
- ✓ бути економічно вигідним для виробника і споживача;
- ✓ виробляти продукти в кількості, достатньої для задоволення потреб зростаючого населення;
- ✓ не порушувати біологічної рівноваги в природі, бути екологічно безпечним;
- ✓ використовувати досить прості, стабільні і доступні методи та засоби ведення господарства.

До альтернативних методів ведення сільського господарства можна віднести органічне землеробство (Organic Farming), біоінтенсивне міні-землеробство (Biointensive Mini-Farming), біодинамічне землеробство (Biodynamic Agriculture), ЕМ-технології (Effective Microorganism Technologies), маловитратне стале землеробство (LISA - Low Input Sustainable Agriculture) та інші.

**Органічна система землеробства** заснована на вилученні чи значному скороченні застосування мінеральних добрив і пестицидів. Головні її переваги – висока якість сільськогосподарської продукції, зменшення забруднення навколишнього середовища, зберігання і навіть підвищення родючості ґрунту. У різних країнах існують деякі термінологічні відмінності при визначенні поняття органічного землеробства, які часто призводять до виникнення непорозумінь. Наприклад, термін «органічне землеробство» (Organic Farming) офіційно прийнятий в англomовних країнах Європейського Союзу (ЄС). Еквівалентним терміном у Франції, Італії, Португалії та країнах Бенілюксу є «біологічне землеробство» (Biological Farming), а в Данії, Німеччині та іспаномовних країнах – «екологічне землеробство» (Ecological Farming).

За визначенням Міжнародної федерації з розвитку органічного землеробства (IFOAM) «органічне землеробство об'єднує всі сільськогосподарські системи, які підтримують екологічно-, соціально- та економічно доцільне виробництво сільськогосподарської продукції. В основі таких систем лежить використання локально-специфічної родючості ґрунтів як ключового елементу успішного виробництва. Такі системи використовують природний потенціал рослин, тварин і ландшафтів та спрямовані на гармонізацію сільськогосподарської практики та навколишнього середовища. Органічне землеробство суттєво зменшує використання зовнішніх факторів виробництва (ресурсів) шляхом обмеження застосування синтезованих хімічних шляхом добрив, пестицидів і фармпрепаратів. Замість цього для підвищення врожаїв та для захисту



рослин використовуються інші агротехнологічні заходи й різноманітні природні чинники. Органічне землеробство дотримується принципів, які обумовлені місцевими соціально-економічними, кліматичними та історико-культурними особливостями».

Всі традиційні методи господарювання, що використовувались до кінця XIX ст., можна вважати органічними. Історія сучасного відродження органічного землеробства почалася в першій половині XX ст. як реакція на зростаючу залежність агроценозів від синтетичних добрив та пестицидів. «Батьком» органічного господарювання називають англійського ботаніка А. Говарда, який в 1905-1924 рр. працював радником з сільського господарства в Бенгалії і досліджував традиційні індійські методи землеробства. Перше наукове порівняння звичайного та органічного землеробства провела Є. Бальфур на сільськогосподарських угіддях Англії в 1939 р.

Після виходу в 1962 р. книги Р. Карсон «Безмовна весна» екологічний рух набув глобального масштабу. В 1972 р. в Франції була заснована Міжнародна федерація з розвитку органічного землеробства (IFOAM).

Технології органічного землеробства стрімко поширюються в усьому світі. Так, лише в країнах ЄС кількість так званих «органічних» господарств за 15 років зростає більш ніж у 20 разів (рис.19.3). Органічне землеробство найбільш поширене у США. При його веденні виключається або істотно зменшується застосування мінеральних добрив і пестицидів. Прийоми органічного землеробства забезпечують раціональне використання природних ресурсів і мінімальне зниження (а в окремих випадках – підвищення) врожайності кукурудзи та сої за несприятливих природно-кліматичних умов. Обов'язковим правилом є дотримання сівозмін із чергуванням у них бобових культур з культурами, які характеризуються високою потребою в азоті. Ґрунт обробляють переважно без перевертання скиби (дискування, чизельні і плоскорізні обробітки, щільювання). Боротьбу з бур'янами ведуть як за допомогою культур, розміщених у сівозмінах, так і проміжних культур, ущільнених посівів, покривних культур. Від шкідників

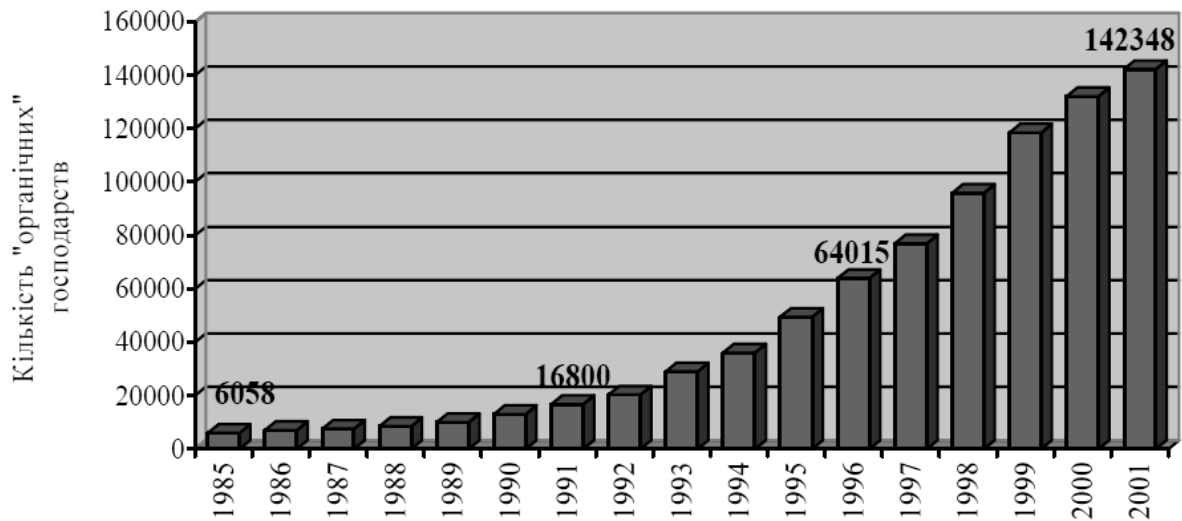


Рисунок 19.3. Динаміка зростання «органічних» господарств в країнах Європейського союзу

рослини захищають ентомофаги: сонечка, трихограма, хижі кліщі (фітосейулюс), а також біопрепарати. Проти колорадського жука застосовують грибний препарат боверін. У боротьбі з комахами широко використовують інсектициди рослинного походження і слабкотоксичні препарати. Особливу увагу приділяють внесенню різних компостів. Виготовлення компостів має велике гігієнічне значення, оскільки під час компостування інактивується багато збудників хвороб. За високої температури в компостному бурті гинуть бактерії, які спричиняють пошкодження культурних рослин, а насіння багатьох бур'янів втрачає схожість. У готовий компост іноді додають калійні і фосфорні добрива. В ґрунт також вносять місцеві добрива (вапняки, дефекація тощо). Пестициди практично не застосовують (до 1-2 %).

**Біоінтенсивне міні-землеробство** фокусується на отриманні максимального врожаю на мінімальній площі ділянки при одночасному збереженні та поліпшенні властивостей ґрунту. Це метод потребує значних затрат праці і особливо ефективний в малих господарствах. Він ґрунтується на наступних заходах:

- ✓ глибокий обробіток ґрунту;

- ✓ добра аерація;
- ✓ висока щільність посадки;
- ✓ проміжні культури;
- ✓ компостування;
- ✓ запилення;
- ✓ певне співвідношення культур – 60% багатих на вуглець (для компосту), 30% культур для їжі та 10% – для продажу.

**Органобіологічне землеробство** започатковане Хансом та Марією Мюллер у 1950-х роках. У 1971 р. фермери, які працювали за цим методом, створили виробничу організацію Біоленд та розробили спільні виробничі стандарти. Піклування про ґрунт, підтримка та поліршення його природної родючості є головними завданнями фермерської практики.

Поширене у Франції та Швейцарії. Основна його ідея полягає в тому, що мінеральні речовини з ґрунту поглинаються у формі не тільки іонів, а й макромолекул (мікросом) і слугують поживними речовинами для ґрунтових мікроорганізмів, які переробляють важкозасвоювані сполуки на легкодоступні для рослин форми. Тому головне в органобіологічному землеробстві – підвищення родючості ґрунту за рахунок керування живленням рослин, активування ґрунтової мікрофлори, для чого компости вносять поверхнево, а під час обробітку верхніх шарів намагаються зберегти структуру ґрунту. Захист рослин від шкідників і хвороб здійснюється подібно до того, як і в органічному землеробстві. Властивості ґрунту поліпшують насамперед вирощуванням трав'яних бобово-злакових сумішей у сівозміні. Зелена маса трав'яної суміші є, крім того, добрим кормом. Якщо в господарстві немає тварин, неодноразово скошувану зелену масу вивозять і компостують. Безпосереднє внесення зеленої маси в ґрунт вважається нераціональним. Як і за органічної системи, не виключають можливість застосування місцевих добрив (вапняки, бентоніти, фосфати, кісткове борошно), які містять в своєму складі мінеральні елементи у важкорозчинній формі. Використання для удобрення рослин продуктів переробки за

допомогою вермикультури промислових і сільськогосподарських відходів зменшує витрати на придбання традиційних добрив.

*ЕМ-технології* були започатковані професором Т. Хіга з Окінави (Японія), який в 1980 р. ввів поняття «дружні мікроорганізми». Згідно з його дослідженнями, близько 80 мікроорганізмів здатні розкласти органічну речовину, сприяючи росту рослин та збільшуючи врожайність. Ця концепція вважається спірною, оскільки корисність мікроорганізмів в ґрунті визначається широким спектром чинників, що значно впливає на хід досліджень та їх результати.

Розвиток *біодинамічної системи землеробства* почався в 1924 р., коли Р. Штайнер прочитав вісім лекцій з сільського господарства в Сілезії (Німеччина), у відповідь на прохання фермерів, які помітили деградацію ґрунтів і погіршення здоров'я та якості сільськогосподарських культур і худоби в результаті використання хімічних добрив. В семінарі взяли участь сто одинадцять учасників з шести країн світу, в першу чергу з Німеччини та Польщі. Сьогодні біодинамічне господарювання практикується в більш ніж 50 країнах, головними з яких є Німеччина, Італія та Індія.

Землеробство враховує не тільки природні (земні), але й космічні ритми. Обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами проводять у сприятливі залежно від розміщення небесних тіл періоди. Розміщення небесних тіл враховують також при виготовленні компостів та організації боротьби з бур'янами. Дозволено використовувати спеціальні біодинамічні препарати: суміші з рогів та гною, або кремнієві з рогів та розмеленого кварцу, компости з гною та різних рослин (кропива, деревій, ромашка, кульбаба тощо).

При біодинамічному напрямі ведення господарства підвищується роль сівозмін, попередників і змішаних культур. Тому для великих господарств перехід до такої системи сільськогосподарського виробництва здійснити нескладно. Перспективною є також тенденція до відмови від використання хімікатів. Відомо, що залишки пестицидів і гербіцидів накопичуються в організмі, викликають різні захворювання, знижують його життєздатність. За

даними американських вчених, за останні 10 років у тканинах організму людини в 15 разів збільшився питомий вміст залишків гербіцидів і пестицидів.

Теоретичні основи біодинамічної системи зводяться до двох положень.

1. За допомогою біодинамічних методів треба поєднати землеробство з цілісним ритмом Землі. Обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами слід здійснювати у сприятливі періоди, настання яких зумовлюється розміщення Місяця в тому чи іншому зодіакальному сузір'ї. Взаємне розміщення небесних тіл рекомендують також враховувати при організації боротьби з бур'янами, приготуванні компостів. Космічний вплив на рослини виявляють й інші небесні тіла.

2. Спеціальні біодинамічні препарати мають надавати рослинам необхідну силу й активувати певні процеси у ґрунті. «Гумусні» препарати готують із рогів тварин і гною, «силіцієві» – з розмеленого кварцу. Цим препаратам, які застосовують у дуже розбавленому вигляді, приписують особливі властивості. Крім того, є так звані «компостні» препарати, що регулюють живлення і розвиток рослин. Їх готують із різних рослин – деревію, кропиви, ромашки лікарської, дубової кори, валеріани тощо, а потім змішують з гноєм. Витяжки, відвари і продукти бродіння з рослин використовують як добрива, стимулятори росту та для захисту рослин від бур'янів і хвороб. Найбільш поширені препарати з кропиви і польового хвоща.

Мінеральні добрива і пестициди не застосовують зовсім. Ферми, де ведеться біодинамічне землеробство, намагаються забезпечити себе добривами і кормами. Як добрива тут використовують різні компости і спеціальні мінеральні добавки (силіцій, рогове борошно, кісткове борошно, вапняки, фосфати тощо). Елементи біодинаміки наводяться в астрологічних календарях.

З 1928 р. прихильники біодинамічного землеробства організували продаж сертифікованих продуктів харчування (продукція відповідних фірм має назву «Деметр»).

**Система ANOG («Association of natural fruit and vegetable crops»)** порівняно з іншими системами є близькою до традиційного сільського господарства. Вона дістала умовну назву «ближче до природи» і в багатьох підходах в основному збігається з органіобіологічним землеробством. На підставі наукового аналізу стану ґрунту для кожного господарства розробляють індивідуальні плани внесення органічних добрив. Допускається помірне застосування усіх синтетичних препаратів (крім гербіцидів), але за ретельного контролю вмісту залишкових кількостей хімікатів у продукції. У обробці ґрунту особлива увага приділяється «відпочинку» і довгострокового покриттю ґрунту культурним рослинами та сидератами.

**Система LISA, або «low-input/sustainable agriculture»** – «низько витратне/стале сільське господарство», ґрунтується на мобілізації внутрішніх відновлюваних ресурсів, наприклад на максимальному використанні азоту нехімічного походження, розвитку водозберігаючих технологій, переході на нехімічні засоби боротьби з бур'янами і шкідниками, регулюванні складу біоценозів.

Її основні стратегічні завдання:

- ✓ збільшення ефективності витрат у межах спеціалізованих (тобто нині діючих) систем господарства;
- ✓ розробка ефективніших багатопрофільних фермерських систем;
- ✓ обґрунтування прибуткового ринку для продукції, яка вироблятиметься з невеликими вкладеннями ресурсів.

У практичному плані система LISA ставить за мету:

- ✓ споживання мінеральних добрив у невеликих кількостях;
- ✓ скорочення використання пестицидів;
- ✓ зменшення інтенсивності механічного обробітку ґрунту;

✓ інтегрований підхід при веденні землеробства, що базується на комплексному взаємозв'язку чинників.

**Стале сільське господарство** – господарювання з використанням принципів екології, вивченням взаємовідносин між організмами і навколишнім середовищем. Воно визначається як «інтегрована система рослинництва і тваринництва, здатна протягом тривалого часу:

- ✓ задовольняти потреби людини в їжі та сировині;
- ✓ підвищувати якість навколишнього середовища та природних ресурсів, від яких залежить сільське господарство;
- ✓ забезпечувати найбільш ефективне використання невідновлюваних ресурсів і внутрішньогосподарських ресурсів;
- ✓ підтримувати економічну життєздатність сільськогосподарських господарств;
- ✓ підвищувати якість життя для селян і суспільства в цілому.

Сталий розвиток сільського господарства залежить від поповнення ґрунту при зведенні до мінімуму використання невідновлюваних ресурсів, таких як природний газ або мінеральні руди (наприклад, фосфати). Можливі джерела азоту, які в принципі можуть бути доступними на невизначений термін, включають в себе утилізацію відходів рослинництва і тваринництва, обробку гною, вирощування бобових культур тощо. Важливу роль відіграють довгострокові сівозмін, агрокультури та тварини, адаптовані до жорстких умов існування (шкідники, посухи, нестача поживних речовин і т. п.) тощо.

**Точне землеробство** – концепція господарювання з використанням картографічних матеріалів, що з'явилася в США на початку 1980-х рр.. Воно спирається на нові технології, такі як супутникові зображення, інформаційні технології та геопросторові інструменти. Широко використовується GPS.

Точне землеробство складається з чотирьох стадій:

- ✓ геолокація даних дозволяє накласти на карту інформацію про стан ґрунтів та попередні культури. Електронна карта полів призначена для

обстеження ґрунту, обліку сівозмін, картування врожайності, статистичного та тематичного аналізу даних, планування виробничих процесів і т.д.;

- ✓ спостереження за мінливістю агроєкосистем забезпечує наявність точних даних щодо ситуації на полях та врожаю;
- ✓ прийняття рішень може бути засноване на імітаційних моделях чи рекомендаціях;
- ✓ реалізація боротьби з мінливістю здійснюється з використанням новітньої техніки та програм.

З природоохоронного погляду альтернативне землеробство виконує дві важливі функції – охорони природи та збереження довкілля.

Органічне землеробство дає змогу зберегти сільськогосподарське біорізноманіття (агробіорізноманіття), що є актуальним завданням природоохоронної політики багатьох європейських країн. Потреба збереження біорізноманіття агроландшафтів має багато причин:

- ✓ біорізноманіття сільськогосподарських угідь – важлива складова загального біорізноманіття регіонів;
- ✓ збереження агроландшафтів – основа розвитку туризму та рекреації, а отже і збільшення доходів місцевого населення;
- ✓ багато видів рослин, тварин і птахів, що пов'язані з сільськогосподарськими угіддями, є естетичними компонентами агроландшафтів, без існування яких привабливість території для туристів різко зменшується;
- ✓ агроландшафти – частина ареалів багатьох диких видів птахів і тварин, життєвий цикл яких повністю або частково пов'язаний із сільськогосподарськими угіддями тощо.

Альтернативне землеробство приводить до відродження та збереження різноманітності видів рослин, передусім, сегетальних. Хоча бур'яни є головними конкурентами культурних рослин і фермери докладають активних зусиль для їхнього знищення, наявність сегетальних видів як елемента агроландшафтів необхідна. Сегетальні види формують пухку та багатоярусну



структуру травостою на сільськогосподарських угіддях, що дає змогу диким тваринам та птахам створювати місця для розмноження й виведення потомства, урізноманітнюють їхню харчову базу; формують необхідний мікроклімат для безхребетних тварин тощо. Тобто вони є важливою складовою ареалів багатьох видів диких тварин, життєвий цикл яких пов'язаний з угіддями. Крім того, більшість сегетальних видів можна використати як у медицині (наприклад, паслін чорний – потенційно медичний вид), так і в промисловості (гірчиця польова – олійна рослина).

Різноманіття фауни на угіддях органічних господарств є наслідками:

- ✓ використання тільки органічних добрив, що приводить до збільшення органічної речовини в ґрунті і харчових можливостей для ґрунтової фауни та видів, які живляться ґрунтовими безхребетними;

- ✓ високого різноманіття культурних та сегетальних видів на органічних полях, пухкішою та різноярусною структурою травостою, що створює нормальні можливості для розмноження та висиджування потомства;

- ✓ структурування полів (згідно із виробничими стандартами, створюють чагарникові зарості та лісосмуги) та зменшення їхніх розмірів. На досліджених органічних фермах поля мають менші розміри, ніж на звичайних фермах (10-30 га на органічних фермах, 70-100 га у звичайних), що приводить до збільшення «країв полів», які є важливими частинами ареалів багатьох видів;

- ✓ екстенсивного випасання домашніх тварин (1,0-1,5 голови/га), що приводить до формування багатих на види лук;

- ✓ меншої кількості агротехнічних заходів, таких як оранка, боротьба зі шкідниками, збагачення тощо, що порушують життєвий цикл тварин;

- ✓ періодичного відведення земель під переліг. Згідно із виробничими стандартами, на органічних фермах щороку мінімум 10% земель відводять

під переліг, на деяких фермах – до 30%. Перелогові землі створюють придатні умови для існування багатьох видів тварин і птахів.

Крім того, альтернативне землеробство сприяє відродженню генетичного різноманіття культурних рослин.

Екологічними проблемами для звичайних господарств є ерозія та ущільнення ґрунтів; забруднення ґрунтів, підземних та поверхневих вод нітратами; деградація гумусного шару; евтрофікація водоймищ тощо.

На органічних фермах для підтримки та відновлення природної родючості ґрунтів використовують: органічні добрива (їхня кількість чітко обумовлена), різноманітні системи сівозмін (із участю бобових), метод замкненого циклу поживних речовин (комбінація зернового господарства і тваринництва без привнесення речовин ззовні) та інші методи, що значно зменшують обсяги екологічних проблем, типових для звичайних господарств.

Альтернативне землеробство може бути економічно рентабельним для місцевого населення (навіть за умови меншої врожайності сільськогосподарських угідь), оскільки сертифікована екологічна продукція має на порядок вищі ціни, а витрати, пов'язані із веденням господарства, є значно меншими (немає витрат на закупівлю добрив, менша кількість агротехнічних заходів тощо).

## **20. РОЛЬ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗДОБУТКІВ ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ, БІОТЕХНОЛОГІЇ, СЕЛЕКЦІЇ У РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ (СВІТОВИЙ І ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД)**

Біотехнологія – сукупність технічних прийомів, що передбачають використання живих клітин або біологічних мікромолекул з метою вирішення конкретних або глобальних проблем біосфери та людства. Основна мета досліджень біотехнології – поліпшення існуючих та одержання нових сортів, видів, гібридів високопродуктивних форм рослин з покращеними показниками якості продукції і стійких до хвороб та шкідників (корисними ознаками для людини). Для цього у сучасній біотехнології виділено три основних напрями:

- ✓ технології, що ґрунтуються на використанні культури клітин, тканин та органів рослин;
- ✓ ДНК-технології (молекулярно-генетичні методи аналізу рослин);
- ✓ отримання трансгенних рослин.

Застосування біотехнологічних методів неможливе без традиційних методів генетики, селекції, фізіології, біохімії тощо. Люди здавна використовували біотехнології в сільському господарстві, виробництві продуктів харчування та медицині. Наприклад, процеси бродіння були відомі за кілька тисяч років до нашої ери, хоча ферментацію пояснив лише Л. Пастер в 1857 р.

Перші спроби культивування ізольованих тканин рослин були зроблені наприкінці XIX – початку XX ст. німецькими вченими Г. Рехінгером (1893 р.), який одержав і вивчав калусні формування на коренеплодах цукрового буряка, та Г. Хаберландтом, який першим чітко обґрунтував ідею про можливість вирощування окремих рослинних тканин на штучних живильних середовищах. Детальна розробка цього методу була здійснена у 30-х роках Ф. Уайтом і Р. Готре.

Протягом століть людство практикувало непрямую генетичну модифікацію рослин і тварин за допомогою селективного розведення, отримуючи в результаті нащадків, що дуже сильно відрізнялися від своїх попередників. Як правило, селекція і розвиток бажаних особливостей продовольчих культур потребували багаторічної праці, оскільки в процесі розмноження риси кожної з батьківських особин поєднуються у випадковому порядку.

Впродовж останніх десятиліть процес генетичної модифікації було прискорено за допомогою нових технологій молекулярної біології, які дозволяють переносити гени чи сегменти ДНК з одної клітини до іншої, штучно змінюючи спадкову інформацію.

Генетична інженерія – нова галузь молекулярної біології, яка розробляє методи передавання генетичного матеріалу від одного живого організму до іншого з метою одержання нової генетичної інформації та управління спадковістю. Розвиток генетичної інженерії пов'язаний з досягненнями сучасної генетики, мікробіології й біохімії. Початок цієї галузі покладений П. Боргом (1972 р.), який одержав перші гібридні (рекомбіновані) ДНК .

В Україні використовують два терміни – генетична інженерія й генна інженерія. Слід зазначити, що назву генетична інженерія застосовують в більш широкому понятті, тобто вона включає й генну інженерію. При цьому до генної інженерії не відносять перебудову генома звичайними генетичними методами, тобто мутаціями.

Проведення генетичних модифікацій між особинами одного виду – найшвидший спосіб традиційної зміни особливостей рослин і тварин в рамках класичної селекції. Але якщо мова йде про перенесення генів одного виду (наприклад, риби) до іншого (наприклад, помідори), що природно не може статися, – це вже генна інженерія (ГІ). Термін «генетично модифікований» використовується по відношенню до організмів, які мають гени інших видів. Це значне відхилення від традиційних способів генетичної модифікації, віддалені наслідки якого невідомі.

У сільському господарстві розвинених країн настав черговий етап «зеленої революції», пов'язаний з активним впровадженням біотехнологій, під якими розуміють створення і використання нових організмів, продуктів, отриманих за допомогою методів генної інженерії, культури органів і тканин *in vitro* та ін. Основні напрями розвитку біотехнології в АПК:

1. підвищення вмісту білка і незамінних амінокислот у продукції сільськогосподарських культур, що досягається створенням так званих генетично модифікованих організмів, насамперед трансгенних рослин. Вони набувають господарсько цінних ознак внаслідок перенесення генів, які їх зумовлюють, зокрема від бактерій. Наприклад, пріоритетним визнано виведення азотфіксуючих сортів зернових культур.

2. отримання бактеріальних добрив, біопестицидів.

3. створення сортів і гібридів культурних рослин, стійких до хвороб, шкідників.

4. отримання білків людини (інсуліну, інтерферону) з трансгенних рослин. Виведено гібриди рослин картоплі, що синтезують сироватковий альбумін людини; рослини тютюну, що синтезують інсулін. Рослини, з яких отримують природний пігмент шкіри людини – меланін.

5. створення трансгенних рослин – продуцентів біологічних пластмас, здатних деградувати в природному середовищі. Підвищений інтерес до біопластмас зумовлений їх здатністю до біологічного руйнування (біодеградації). а також тим, що для їх отримання не потрібна нафтова сировина.

Слід зазначити, що серед учених немає одностайності щодо можливого впливу ГМО на здоров'я та безпеку людини, а також на функціонування екологічних систем. Генетично модифікований організм (ГМО) – будь-який організм, у якому генетичний матеріал був змінений за допомогою штучних прийомів переносу генів, що не відбуваються у природних умовах, а саме:

✓ рекомбінантними методами, які передбачають формування нових комбінацій генетичного матеріалу шляхом внесення молекул

нуклеїнової кислоти (вироблених у будь-який спосіб зовні організму) у будь-який вірус, бактеріальний плазмід або іншу векторну систему та їх включення до організму-господаря, в якому вони зазвичай не зустрічаються, однак здатні на тривале розмноження;

✓ методами, які передбачають безпосереднє введення в організм спадкового матеріалу, підготовленого зовні організму, включаючи мікроін'єкції, макроін'єкції та мікроінкапсуляції;

✓ злиття клітин (у тому числі злиття протоплазми) або методами гібридизації, коли живі клітини з новими комбінаціями генетичного матеріалу формуються шляхом злиття двох або більше клітин у спосіб, який не реалізується за природних обставин.

Термін «генна інженерія» вперше використав Дж. Вільямсон в своєму науково-фантастичному романі «Острів Дракона», опублікованому в 1951 р. Професію «генний інженер» також придумав фантаст П. Андерсен. Через рік роль ДНК у спадковості була підтверджена А. Херші і М. Чейз, а в 1953 р. Дж. Уотсон і Ф. Крік показали, що молекула ДНК має структуру подвійної спіралі. Перші генетично модифіковані бактерії було отримано в 1973 році, генетично модифіковані миші – в 1974 році. В 1976 р. Г. Бойер і Р. Суонсон заснували першу компанію з генетичної інженерії. В 1980 р. Верховний суд США дозволив патентування змінених форм життя.

Бактерії, що продукують інсулін, з'явилися на ринку в 1982 році. Перше повідомлення про успішне створення ГМ-рослини датується 1983 р., (перенесення гену стійкості до комах у рослини тютюну), а генетично модифіковані продукти харчування продаються з 1994 року (томати FlavrSavr). В грудні 2003 р. було продано першу генетично модифіковану акваріумну рибку родини коропових – даніо-реріо, розроблену в якості домашньої тварини, що отримала промислову назву «Glofish». У 2010 році вчені в Інститут Дж. Крейга Вентера, оголосили про створення першого синтетичного бактеріального геному, який був доданий до клітини, що не

містять ДНК. У результаті бактерія, яка отримала назву Synthia, стала першою синтетичною формою життя у світі.

Існують чотири основні цілі створення генетично модифікованих сільськогосподарських культур. Одна з них – забезпечення захисту від екологічних загроз (наприклад, заморозків чи посух) або патогенів (шкідливі комахи, віруси) та надання стійкості до гербіцидів. Друга ціль – зміна якості продукту, підвищення поживної цінності або забезпечення більш промислово корисних властивостей чи обсягів продукції. Третя – отримання матеріалів, що не характерні для певних організмів (вакцин, лікарських засобів тощо). Четверта мета ГМО – безпосереднє підвищення продуктивності за рахунок прискорення росту або збільшення витривалості організмів.

Однією з основних проблем безпеки використання генної інженерії є наслідки для здоров'я людини, зокрема ризик токсичних та алергічних реакцій. Етичні питання пов'язані з релігійними міркуваннями, корпоративним контролем над продуктами харчування, правом інтелектуальної власності та рівнем необхідного маркування генетично модифікованих продуктів.

Найпоширенішим сортом, отриманим за допомогою методів ГІ, є стійка до гербіцидів соя, на яку у 2008 році припадало 53% від загальної площі, засадженої біотехнологічними культурами. Того ж самого року всі генетично модифіковані види (соя, кукурудза, рапс, бавовна і люцерна) займали 63% загальної світової площі біотехнологічних культур, яка складала 125 млн. гектарів. Станом на 2013 рік приблизно 85% кукурудзи, 91% сої і 88% бавовни, вирощених в Сполучених Штатах Америки, є генетично модифікованими (рис. 20.1).

В 2011 році вони становили 160 млн га, або 1,6 млн км<sup>2</sup>. Підраховано, що вирощування трансгенної сої зі стійкістю до гербіцидів з 1996 по 2007 роки призвело до кумулятивного зменшення використання загальної кількості гербіцидів на 73 тисячі тонн (4,6%). У 2009 році стійкі до

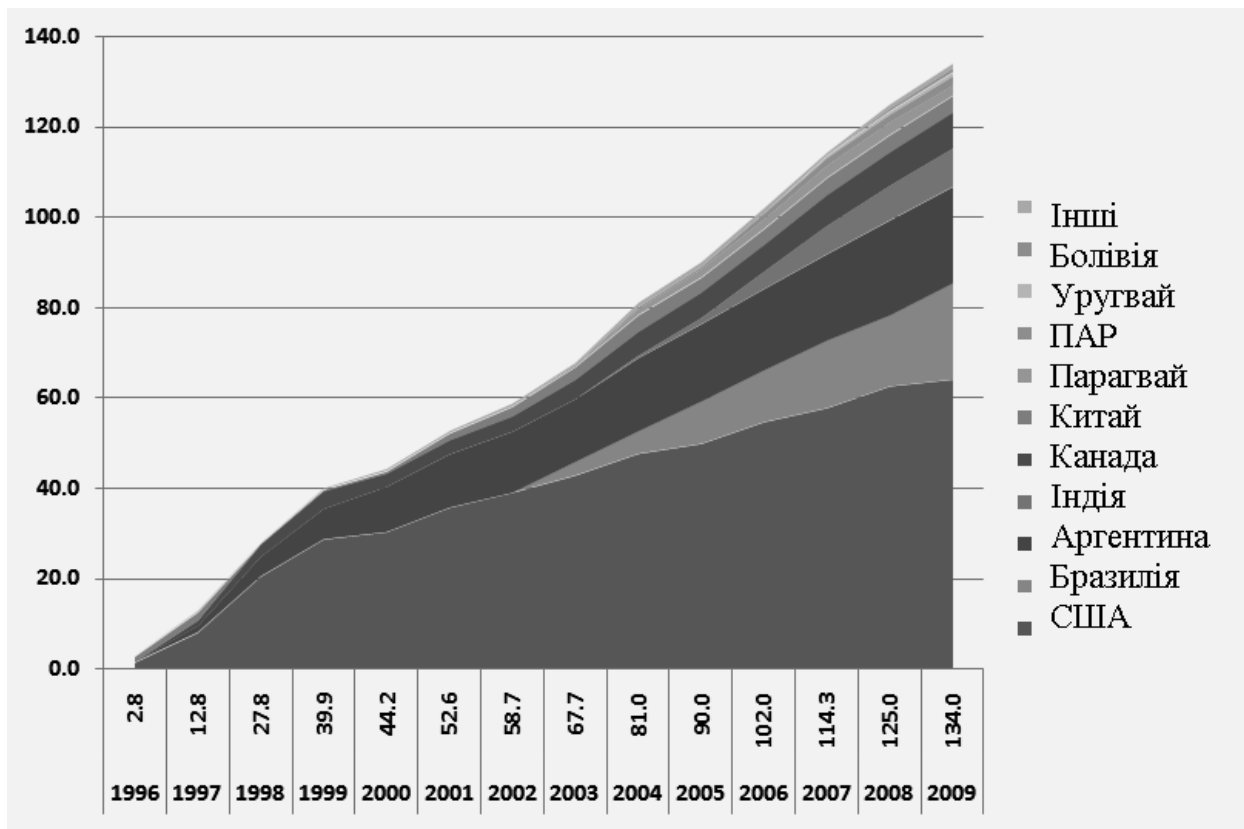


Рис. 20.1. Площі сільськогосподарських угідь, що використовується для генетично модифікованих культур у світі (1996-2009 рр.), в млн га

гербіцидів рослини потіснили сорти, стійкі до комах-шкідників і ті, що несуть одразу дві або три вбудовані ознаки (табл. 20.1).

В деяких країнах генетична модифікація є важливим чинником економіки. Наприклад, на початку 90-х рр. минулого століття вирощування папайї на Гаваях опинилося під загрозою через вірус кільцевої плямистості. Тепер більше 80% насаджень папайї займають генетично модифіковані рослини, а способів прийнятної боротьби з вірусом так і не знайдено.

Культури, отримані методами ГІ, головні для системи, орієнтованої на вирішення проблеми шкідників і бур'янів за допомогою хімікатів. Вони стійкі до гербіцидів, тому вважалися такими, що нібито зменшували використання хімічних засобів. Гліфосат (комерційна назва – Раундап) – ефективний гербіцид широкого застосування, який швидко погіршує якість



Таблиця 20.1. Приклади найпоширеніших генетично модифікованих культур.

<b>Культура</b>	<b>Властивості ГМО</b>	<b>Відсоток використання в світі (2009-2010 рр.)</b>
Люцерна	Стійкість до гліфосату або глюфосинатних гербіцидів.	-
Ріпак	Стійкість до гліфосату або глюфосинатних гербіцидів, високий вміст лауратів та олеїнової олії.	21%
Кукурудза	Стійкість до гліфосату або глюфосинатних гербіцидів, стійкість до комах-шкідників. Доданий фермент альфа-амілаза, що перетворює крохмаль в цукор для полегшення виробництва етанолу.	26%
Бавовна	Стійкість до комах-шкідників.	49%
Папайя	Стійкість до вірусу кільцевої плямистості папайї.	-
Картопля	Стійкість до колорадського жука і двох вірусів (знято ринку в 2001 році); модифікації для кращого виробництва крохмалю.	-
Рис	Утримання бета-каротину (джерело вітаміну А)	-
Соя	Стійкість до гліфосату або глюфосинатних гербіцидів, стійкість до комах-шкідників. Виробляють менше насичених жирів.	77%
Гарбузові	Стійкість до вірусу мозаїки.	-
Цукрові буряки	Стійкість до гліфосату або глюфосинатних гербіцидів.	9%
Цукрова тростина	Стійкість до певних пестицидів, високий вміст сахарози.	-
Солодкий перець	Стійкість до вірусу мозаїки огірка.	-
Помідори	Придушення ферменту полігалактуронази (PG), гальмують розм'якшення фруктів після збору врожаю.	-
Пшениця	Стійкість до гліфосату.	-

грунту і води. Виведення сортів, стійких до гліфосата, означало, що хімікати можуть розпилуватись на полях в меншій кількості, не завдаючи шкоди

агрокультурам. Це мало б позитивно вплинути на біорізноманіття, оскільки заходи, спрямовані на боротьбу зі шкідниками, не так сильно діяли б на види, які не є об'єктом їх застосування. Проте впровадження культур, стійких до гліфосату, насправді в подальшому призвело до збільшення використання гербіцидів. Це пов'язано з тим, що широке застосування Раундапу прискорило підвищення стійкості звичайних бур'янів, тих, які цей хімікат раніше легко знищував. Тепер для позбавлення від них необхідно регулярно вносити гербіциди.

Оскільки селекція рослин проводиться з метою забезпечення стійкості виключно до гліфосату, чергування гербіцидів не використовується, незважаючи на те, що науковці, які спеціалізуються на бур'янах, наполегливо рекомендують застосовувати різні методи боротьби. Регулярне внесення одного і того ж самого хімікату дозволяє видам, на які спрямовується його дія, швидше адаптуватися. Ці хімічні речовини істотно впливають на різноманіття рослинних угруповань в агроecosystemі, а також на біорізноманіття прилеглих територій.

Генна інженерія також широко використовується для того, щоб зробити сільськогосподарські культури стійкими до комах. *Bacillus thuringiensis* (Бт) – це ґрунтова бактерія, яка служить природним інсектицидом, оскільки вона містить хімікат (DCBT), отруйний для певних членистоногих, молі, мух і комарів. Задум полягає в тому, що лише хижаки, які харчуються сільськогосподарськими культурами, зазнаватимуть дії цієї бактерії, оскільки вони повинні з'їсти культуру, щоб отрута подіяла. Ген Бт, контролюючий виробництво токсину бактерією, переноситься в гени агрокультури для забезпечення захисту від шкідників, зокрема лускокрилих метеликів – комах, що завдають найбільшої шкоди сільському господарству. Плантації кукурудзи і бавовни з привнесеним геном Бт дуже поширені у Сполучених Штатах Америки і набувають все більшої популярності в інших країнах, зокрема в Китаї та Південній Африці. З появою культур, які мають ген Бт, зменшилася потреба у використанні пестицидів.

В наш час рослинами з геном Бт, переважно кукурудзою, засаджені мільйони гектарів. Це неминуче повинно спричинити прискорення еволюції шкідників, стійких до даного гену. Оскільки отруйна речовина вражає всіх лускокрилих комах, а не тільки тих, що шкодять культурі, інсектицид також вбиває види, які не є об'єктом його застосування, зменшуючи біорізноманіття. Проведені дослідження по вивченню рухливості у воді пилку і детриту кукурудзи з привнесеним геном встановило, що Бт не лише потрапляє у водотоки з сільськогосподарських стічних вод, а й зменшує приріст та збільшує смертність водяних комах, які не є його цільовим об'єктом і займають важливе місце у харчовому ланцюзі водної екосистеми.

Найпоширеніші рослини, у які вбудовують ген Bt-токсину — кукурудза (лінія MON810 виробництва Монсанто) та бавовна, розроблена і впроваджена Монсанто в 1996 році. Була спроба перенести ген Bt-токсину в картоплю з метою боротьби проти колорадського жука, але захід виявився неефективним, оскільки трансгенна картопля виявилася вразливою до попелиці *Aphidius nigripes*.

Ще одна небезпечна властивість сільськогосподарських культур, отриманих за допомогою методів ГІ, пов'язана з ризиком перенесення гену на дикі рослини, які ростуть поряд з агроекосистемами. Вчені намагаються з'ясувати, чи можуть трансгени (гени, вбудовані в агрокультури, щоб надати їм бажаних властивостей) випадково переміститись на дикі види і створити бур'яни, які неможливо буде знищити за допомогою існуючих гербіцидів. Якби це трапилося, ген стійкості в генетично модифікованих організмах став би недоцільним, оскільки він не створював би конкурентних переваг по відношенню до нових бур'янів. Перенесення гену на інші види залежить від схильності сільськогосподарської культури схрещуватися з дикими спорідненими рослинами і наявності місцевого виду, з яким вона могла б створити фертильні гібриди. Схрещування генетично модифікованих сільськогосподарських культур з місцевою біотою вже стало реальністю в Мексиці, в центрі різноманіття кукурудзи.

Законодавство України у сфері генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО складається з Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» та інших законодавчих актів України, що видаються відповідно до нього, а також відповідних міжнародних договорів, згоду на обов'язковість яких надано Верховною Радою України.

В Законі України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» біологічна безпека визначається як стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотній негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварини.

Генетична безпека – стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній будь-який неприродний вплив на людський геном, відсутній будь-який неприродний вплив на геном об'єктів біосфери, а також відсутній неконтрольований вплив на геном сільськогосподарських рослин і тварин, промислових мікроорганізмів, який призводить до появи у них негативних та/або небажаних властивостей.

В Україні діє Державна реєстрація ГМО – занесення ГМО до реєстру з урахуванням оцінки їх ризику щодо впливу на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища з метою подальшого отримання дозволу на практичне використання ГМО в Україні відповідно до їх господарського призначення. Відповідно, Державний реєстр ГМО – спеціалізований перелік ГМО, які пройшли реєстрацію, з визначенням їх подальшого господарського призначення, а Державний реєстр ГМО джерел харчових продуктів та кормів – спеціалізований перелік ГМО, відносно яких на підставі міжнародних правил і критеріїв оцінки безпечності для здоров'я

людини і тварин зроблено висновок про можливість їх використання в якості харчових продуктів та/або кормів, та/або їх джерел.

Основними принципами державної політики в галузі генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО є:

- ✓ пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища у порівнянні з отриманням економічних переваг від застосування ГМО;

- ✓ забезпечення заходів щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях;

- ✓ контроль за ввезенням на митну територію України ГМО та продукції, отриманої з їх використанням, їх реєстрацією та обігом;

- ✓ загальнодоступність інформації про потенційні ризики від застосування ГМО, які передбачається використовувати у відкритій системі, та заходи щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки;

- ✓ державна підтримка генетично-інженерних досліджень та наукових і практичних розробок у галузі біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях.

Інформація про поводження з ГМО є відкритою і загальнодоступною, за винятком віднесеної законодавством України до конфіденційної та таємної. Інформація щодо потенційного впливу ГМО на здоров'я людини та навколишнє природне середовище не може розглядатися як конфіденційна та таємна.

І генна інженерія, і промислова селекція сільськогосподарських культур фактично залежать від різноманіття сортів та видів. Для того, щоб створити один популярний сорт, який саджатимуть на мільйонах гектарів, селекціонери інколи повинні скористатися багатьма генетичними джерелами. Споріднені дикі види є пращурами всіх сільськогосподарських рослин, включаючи технічні культури. В більшості селекційних програм, які

проводяться з метою пошуку певних генетичних властивостей, ці дикі «родичі» не використовуються. Натомість селекціонери, як правило, працюють на основі вже створених ліній селекції.

Селекція – наука про теоретичні основи та методи створення нових і поліпшення вже існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Завдання сучасної селекції – підвищення продуктивності існуючих, а також виведення нових, продуктивніших, сортів культурних рослин, порід свійських тварин, штамів мікроорганізмів, пристосованих до умов сучасного автоматизованого сільського господарства та промисловості. Селекція бере участь у вирішенні основного завдання сільського господарства – забезпечення максимального виробництва харчових продуктів за мінімальних затрат.

Початковим етапом створення культурних форм було приручення диких тварин і вирощування рослин. Перші спроби окультурення рослин і одомашнення тварин людина робила ще 20-30 тис. років тому, але масового характеру цей процес набув лише за останні 4-6 тис. років.

Як наука, селекція почала розвиватися в Україні наприкінці XIX ст., коли виникли перші станції для селекції цукрового буряка й інших сільськогосподарських культур: Уладівська (1880 р.), Немерчанська (1886 р.), Іванівська (1887 р.), Верхняцька (1899 р.), згодом Миронівська (1911 р.). Після занепаду під час революції їхню діяльність було поновлено у 1920-х рр., а також організовано нові станції.

Центри походження і різноманітності культурних рослин досліджував М. І. Вавилов у 20-30-их роках XX сторіччя. Він виділив 7 основних центрів різноманітності і походження культурних рослин:

1. Південноазіатський тропічний (тропічна Індія, Індокитай, Південний Китай, острови Південно-Східної Азії): батьківщина рису, цукрової тростини, огірків, кількох видів цитрусових, бананів, багатьох інших плодових й овочевих культур;

2. Східноазіатський (Центральний та Східний Китай, Японія, Корея, Тайвань): батьківщина сої, гречки, редьки, яблуні, груші, сливи, шовковиці, кількох видів проса, деяких цитрусових тощо.

3. Південно-західноазіатський (Мала і Середня Азія, Кавказ, Іран, Афганістан, Північно-Західна Індія): батьківщина гороху посівного, нуту, сочевиці, кількох видів м'якої пшениці, жита, ячменю, вівса, деяких інших зернових і бобових, моркви, цибулі, бавовнику, льону, винограду, абрикосу, груші, мигдалю, волоського горіху та деяких інших плодових культур.

4. Середземноморський (країни, розташовані по узбережжю Середземного моря): батьківщина цукрових буряків, капусти, оливи, ряду кормових культур (конюшини, люпину тощо);

5. Абіссінський (Абіссінське нагір'я Ефіопії, частина Аравійського півострова): батьківщина твердої пшениці, особливої форми ячменю, зернового сорго, кофейного дерева, одного виду бананів тощо.

6. Центральноамериканський (Південна Мексика та острови Карибського моря): батьківщина кукурудзи, червоного перцю, квасолі, гарбуза, тютюну, какао, довговолокнутого бавовнику тощо;

7. Південноамериканський (Андійський) (частина Анд уздовж Тихоокеанського узбережжя Південної Америки): батьківщина картоплі, помідорів, арахісу, ананасу, хінного дерева та деяких інших рослин.

Визначаючи завдання селекції, М. І. Вавилов наголошував на тому, що для поліпшення якостей існуючих і створення нових порід і сортів необхідно «вивчати і враховувати різноманіття вихідного матеріалу, спадкову мінливість організмів, роль середовища у формуванні фенотипу, закономірності успадкування при гібридизації та визначити форми штучного добору», які застосовуватимуться у селекційній роботі.

Особливе значення для успіху селекційної роботи має генетична різноманітність вихідного матеріалу. Сукупність генів (генофонд) існуючих порід свійських тварин, сортів культурних рослин, штамів мікроорганізмів значно обмежена порівняно з вихідними предковими видами. Тому вчені

шукають потрібні ознаки серед диких видів, які є резервом для проведення селекційної роботи. Наприклад, один з сортів рису, відомий як IR36, був розроблений в Міжнародному інституті дослідження рису на Філіппінах з використанням гену стійкості, що походить від індійського дикого виду рису *Oryza nivara*. IR36 створили стійким до десятків видів комах і захворювань, але свою невразливість до вірусу, який спричиняє зупинку росту, він успадкував від *Oryza nivara*. Це мало велике значення, оскільки на той час всі культурні сорти рису були вразливими до цієї хвороби.

*Породою тварин* або *сортом рослин* називають сукупності особин одного виду (популяції) із певними спадковими особливостями: продуктивністю, морфологічними та фізіологічними ознаками, створених людиною у результаті штучного добору. *Штам* – чиста культура (тобто потомство однієї клітини) мікроорганізмів. Від однієї клітини можна дістати різні штами, які відрізняються за своїми властивостями: продуктивністю, чутливістю до антибіотиків тощо.

На відміну від природних популяцій, порода, сорт чи штам не здатні існувати без постійного втручання людини. Для них характерна певна реакція на умови довкілля. Це означає, що їхні позитивні якості можуть проявитися лише за певної інтенсивності чинників навколишнього середовища (умов утримання тварин, агротехнічних заходів для рослин, культивування мікроорганізмів, певних кліматичних впливів тощо). Породи тварин і сорти рослин, які мають високу продуктивність в одних географічних зонах, не завжди придатні для використання в інших.

Основні методи селекції – штучний добір та гібридизація. Теорію штучного добору створив Ч. Дарвін («Походження видів шляхом природного добору, або збереження сприятливих порід у боротьбі за життя», «Зміни свійських тварин та культурних рослин під впливом одомашнення»). Він показав, що в основі значного різноманіття порід і сортів лежить лише невелика кількість видів диких предків. Наприклад, предками усіх порід



собаки свійського, яких нараховують понад 350, вважають кілька близьких видів вовків, а голуба (понад 450 видів) – скельного голуба.

Отже, штучний добір – це вибір людиною найцінніших в господарському відношенні тварин, рослин, мікроорганізм і одержання від них нащадків з бажаними ознакам. Неодмінною умовою ефективного штучного добору є різноманітність вихідного матеріалу. Якщо різноманітність вихідного матеріалу незначна, штучний добір виявляється малоефективним.

Успішність селекції залежить не тільки від штучного добору, але й від правильного підбору батьківських форм та застосування тієї чи іншої системи схрещування організмів (гібридизації). Гібридизація – процес одержання гібридів, який ґрунтується на об'єднанні генетичного матеріалу різних клітин або організмів. Гібриди утворюються у результаті статевого процесу або з'єднанням нестатевих (соматичних) клітин. В останньому випадку ядра таких гібридних клітин можуть зливатися з утворенням спільного ядра або ж залишаються відокремленими одне від одного. Гібридизація можлива як у межах одного виду (внутрішньовидова), так і між особинами різних видів (міжвидова, або віддалена). Внутрішньовидове схрещування буває спорідненим і неспорідненим.

*Споріднене схрещування*, або інбридинг, – схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків. Тісний інбридинг часто призводить до появи організмів із різноманітними спадковими аномаліями. У селекції споріднене схрещування застосовують для отримання чистих ліній. Інбридинг дає можливість дістати цінні ознаки в гомозиготному стані і закріпити їх серед нащадків.

*Неспоріднене схрещування*, або аутбридинг – гібридизація організмів, які не мають тісних родинних зв'язків, тобто представників різних ліній, сортів чи порід одного виду. Неспорідненими вважають особин, у яких немає спільних предків принаймні протягом попередніх шести поколінь. Неспоріднене схрещування застосовують для поєднання у потомстві цінних

властивостей, притаманних різним лініям, породам чи сортам. У разі неспорідненого схрещування часто спостерігається явище гетерозису, або «гібридної сили». Гетерозис – явище, за якого перше покоління гібридів, одержаних у результаті неспорідненого схрещування, має підвищені життєздатність і продуктивність порівняно з вихідними батьківськими формами. Це пояснюється тим, що у гетерозисних форм сублетальні та летальні рецесивні алелі переходять у гетерозиготний стан, завдяки чому їхня шкідлива дія не проявляється фенотипно.

Явище гетерозису широко застосовують у сільському господарстві, оскільки воно значно підвищує продуктивність (наприклад, у кукурудзи – до 20-25%). Ефект гетерозису добре виражений в овочевих культур (цибулі, помідорів, огірків, баклажанів, буряків тощо). У тваринництві схрещування між різними породами прискорює ріст і статеве дозрівання, поліпшує якість м'яса, молока тощо. Наприклад, у результаті схрещування несучих порід курей між собою (наприклад, леггорнів з австралорпами) продуктивність гібридів зростає на 20-25 яєць у рік. У бройлерів (гібридних курчат м'ясних порід) гетерозис прискорює ріст і поліпшує якість м'яса.

Перспективним методом селекційної роботи є *віддалена гібридизація* – схрещування особин, які належать до різних видів і навіть родів з метою поєднання у гібридів цінних спадкових ознак представників різних видів. За допомогою віддаленої гібридизації створено гібриди пшениці та пирію, що відзначаються високою продуктивністю (до 300-450 ц/га зеленої маси) та стійкістю до полягання; пшениці з житом (тритікале); китайської цукрової тростини з дикими видами, що сприяло підвищенню цукристості. Відомі міжвидові гібриди і серед плодових культур (малини та ожини, сливи й терену, горобини та сибірського глоду тощо). У тваринництві також виведено значну кількість міжвидових гібридів. Добре відомий гібрид кобили та осла – мул, який відрізняється значною витривалістю, фізичною силою та довшим терміном життя порівняно з батьківськими формами. Подібні властивості виявляє гібрид одногогорбого та двогорбого верблюдів. Унаслідок

міжвидового схрещування виведено нову породу овець – архаромериносів (гібрид тонкорунних овець-мериносів і дикого гірського барана – архара). Схрещуванням яка з великою рогатою худобою виведено нові породи (сарлики та хайнаки). Вони мають більшу продуктивність і вищі якості м'яса порівняно з яком та кращу пристосованість до суворих умов високогір'я порівняно з великою рогатою худобою. У рибництві відомий гібрид білуги та стерляді – бістер.

При планування агроценозів великі сільгоспвиробники надають перевагу сортам, добре адаптованим до національного і міжнародного ринків, тобто тим, що мають тривалий термін придатності і не псується під час перевезення. Якщо селекціонери акцентують свою роботу на цих виробничих якостях, часто страждають інші важливі характеристики, такі як стійкість до захворювань, посухостійкість і споживчі властивості, наприклад, смак.

На Землі вирощується все менше видів агрокультур. Недостатнє біорізноманіття культурних рослин непокоїть вчених усього світу, оскільки зменшення різноманіття означає більшу вразливість до шкідників, посух та глобального потепління. З невеликою кількістю видів шанси на подолання цих загроз дуже малі.

Крім зменшення розмаїття видів сільськогосподарських культур також зменшується кількість їх сортів. Оскільки господарства саджають все менше і менше сортів одного виду, більшість сортів, характерних для минулих століть, вже зникли.

Найбільшу загрозу для різноманіття сільськогосподарських тварин становить занадто спеціалізований характер сучасного виробництва продукції тваринництва. У розвинутих країнах промислове тваринництво ґрунтується на невеликій кількості порід, які використовуються для інтенсивного виробництва м'яса, яєць або молока за високих рівнів годування в контрольованих умовах. Поширення систем інтенсивного високопродуктивного виробництва на країни, що розвиваються, ставить під

загрозу тисячі місцевих порід, які є безцінним генетичним ресурсом для селекціонерів.

Багатий генетичний фонд виду збільшує його здатність до виживання. Велике різноманіття культурних рослин є ознакою раціонального господарювання, оскільки сільськогосподарські угіддя, на яких вирощуються різні культури, менш уразливі, а сівозміни допомагають порушити життєві цикли шкідників та хвороботворних організмів. Тобто селекція лише невеликої кількості видів з певними бажаними властивостями (колір, розмір, швидкість росту) може мати катастрофічні наслідки для забезпечення світу продовольством.

## 21. ЕКОЛОГІЧНЕ ПРАВО У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Сільське господарство – найбільш природомістка галузь виробництва, оскільки його ведення неможливе без використання ґрунтів та інших природних ресурсів. Природно-ресурсний потенціал сільського господарства України представлений земельними, водними, кліматичними і біологічними ресурсами. Серед них найважливіше значення має земля, що є основним засобом виробництва в аграрній сфері. Протягом останніх десятиліть розвиток агропромислового комплексу відбувався саме на основі максимального залучення до виробництва земельних угідь.

Сприятливий клімат і родючі землі – основа продовольчої безпеки держави та нарощування експортного потенціалу її АПК. При цьому особливо важливе значення має те, що біокліматичний потенціал України здатний забезпечити високі показники виробництва продукції рослинництва й тваринництва. Це пов'язано з веденням сільського господарства в трьох природнокліматичних зонах, що певною мірою пом'якшує негативні наслідки посухи та інших несприятливих погодних умов, які нерідко трапляються в нашій країні.

Екстенсивний спосіб ведення сільського господарства зумовив збільшення сільськогосподарського навантаження на довкілля, яке перевищує допустимі межі. Розораність сільськогосподарських угідь в деяких регіонах перевищує 88%. До обробки залучені малопродуктивні угіддя, зокрема прирусові луки й пасовища та схилі землі. Якщо Україна в Європі займає 5,7% території, то її сільськогосподарські угіддя – 18,9%, а рілля – 26,9%.

Ефективність використання земель в Україні значно нижча, ніж у середньому по Європі. Основними причинами низької віддачі земельного потенціалу є безгосподарне ставлення до землі, тривала відсутність реального власника, помилкова стратегія максимального залучення земель до обробітку, недосконалі техніка і технологія обробітку ґрунту та виробництва

сільськогосподарської продукції, невважена цінова політика, недотримання науково обґрунтованих систем ведення землеробства, повсюдне недотримання сівозмін, внесення недостатньої кількості органічних добрив, низький науково-технічний рівень проектування, будівництва та експлуатації меліоративних систем, недосконала система використання і внесення мінеральних добрив та невиконання природоохоронних, комплексно-меліоративних, протиерозійних та інших заходів.

Якісний стан земельного фонду постійно погіршується. В окремих районах, де проведено осушення земель, відбувається неконтрольоване зниження рівня ґрунтових вод, зменшення потужності органічної маси, а в районах зрошення – підтоплення і засолення ґрунтів, деградація чорноземів, що призвело до негативних екологічних наслідків у районах Полісся та на півдні України. Збільшення мінералізації ґрунтових вод загрожує вторинним засоленням земель. Майже на всіх територіях спостерігається неухильне зниження вмісту гумусу в ґрунтах.

Розвиток різних форм власності та господарювання на землі без суворого і надійного державного екологічного й митного контролю за ввезенням небезпечних відходів, брак відповідної законодавчої бази призводять до споживацького ставлення до землі. Використання у великій кількості мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів разом з промисловим і радіаційним забрудненням може ще більше ускладнити екологічну ситуацію в Україні, знизити відтворювальну здатність біосфери та екологічну стійкість агроландшафтів.

Із веденням сільського господарства пов'язана ціла низка екологічних проблем: продовольча проблема; проблеми виснаження ґрунтів та інших природних ресурсів, їх забруднення; проблема використання сільськогосподарських відходів, застосування новітніх біотехнологій у сільському господарстві (зокрема, генетична модифікації і клонування) і т. п.

В той же час варто враховувати, що аграрне право розглядає сільськогосподарську діяльність не тільки як джерело екологічних загроз, але

й як об'єкт охорони від них, оскільки, незважаючи на те, що ведення сільського господарства може заподіювати істотної шкоди природі, АПК залежить від екологічних чинників. Тому правове регулювання захищає як навколишнє середовище від негативного впливу цієї діяльності, так і сільське господарство від негативних екологічних чинників.

Правовий інститут охорони довкілля в сільському господарстві є складним інститутом одночасно аграрного й екологічного права як комплексних галузей права. Окремо слід говорити про екологізацію аграрного права. Процес екологізації, тобто наповнення екологічним змістом правових приписів, охопив практично всі галузі вітчизняного права. Якщо на початку 90-х рр. минулого століття екологічні приписи в аграрному законодавстві розвивалися окремо від екологічного законодавства, то вже з другої половини 90-х намітилася тенденція до уніфікації норм екологічного права в єдину систему, у зв'язку з чим було внесено зміни до аграрного законодавства. Наразі аграрні законодавчі акти з питань охорони довкілля або містять відсылки до екологічного законодавства, або приймаються законодавчі акти, які стоять на межі аграрного й екологічного законодавств і можуть бути віднесені як до першого, так і до другого. Наприклад, такими є закони «Про пестициди і агрохімікати» від 2 березня 1995 р., «Про захист рослин» від 14 жовтня 1998 р., «Про меліорацію земель» від 14 січня 2000 р. і т. д.

Один з напрямів правового регулювання екологічних аспектів сільськогосподарської діяльності виявляється в правових інститутах охорони земель сільськогосподарського призначення, охорони водних об'єктів, що використовуються в сільському господарстві, охорони сільськогосподарських лісів, охорони надр під час здійснення сільськогосподарської діяльності, охорони диких тварин і рослин тощо. Другий напрям правового регулювання знаходить свій вияв у таких правових інститутах, як застосування пестицидів і агрохімікатів у сільському

господарстві, меліорація земель, поводження з відходами сільського господарства, застосування біотехнологій в сільському господарстві тощо.

Згідно з Земельним кодексом України, земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави. Землями сільськогосподарського призначення визнаються землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури, у тому числі інфраструктури оптових ринків сільськогосподарської продукції, або призначені для цих цілей.

Завданнями охорони земель є забезпечення збереження та відтворення земельних ресурсів, екологічної цінності природних і набутих якостей земель.

Охорона земель включає:

- ✓ обґрунтування і забезпечення досягнення раціонального землекористування;
- ✓ захист сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників від необґрунтованого їх вилучення для інших потреб;
- ✓ захист земель від ерозії, селів, підтоплення, заболочування, вторинного засолення, надмірного осушення, ущільнення, забруднення відходами виробництва, хімічними та радіоактивними речовинами та від інших несприятливих природних і техногенних процесів;
- ✓ збереження природних водно-болотних угідь;
- ✓ попередження погіршення естетичного стану та екологічної ролі антропогенних ландшафтів;
- ✓ консервацію деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських угідь.

Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік цих речовин затверджуються центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони



навколишнього природного середовища, та центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення. Господарська та інша діяльність, яка зумовлює забруднення земель і ґрунтів понад встановлені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, забороняється.

Складовою частиною державної системи моніторингу довкілля є моніторинг земель – система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки.

Деградовані і малопродуктивні землі, господарське використання яких є екологічно небезпечним та економічно неефективним, і техногенно забруднені земельні ділянки, на яких неможливо одержати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на таких територіях є небезпечним для здоров'я людини, підлягають консервації.

Землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт, підлягають рекультивації (рекультивація порушених земель – комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель).

Закон «Про охорону земель» передбачає систему заходів щодо охорони ґрунтів та інших природних ресурсів у сільському господарстві. Важливою складовою цієї системи є налагодження повноцінного моніторингу за станом використання земель у сільському господарстві. Передбачається комплекс заходів із сільськогосподарського районування земель, господарське

стимулювання ґрунтоохоронних і ресурсощадних заходів, удосконалення системи нормування використання ґрунтів. Встановлюються заборони та обмеження на діяльність, що може негативно вплинути на якісний стан ґрунтів.

У галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів діють наступні нормативи:

- ✓ гранично допустимого забруднення ґрунтів;
- ✓ якісного стану ґрунтів;
- ✓ оптимального співвідношення земельних угідь;
- ✓ оптимального співвідношення культур у сівозмінах у різних природно-сільськогосподарських регіонах;
- ✓ показників деградації земель та ґрунтів.

До нормативів гранично допустимого забруднення ґрунтів належать гранично допустимі концентрації у ґрунтах хімічних речовин, залишкових кількостей пестицидів і агрохімікатів, важких металів тощо та максимально допустимі рівні забруднення ґрунтів радіоактивними речовинами.

Нормативи якісного стану ґрунтів визначають рівень забруднення, оптимальний вміст поживних речовин, фізико-хімічні властивості тощо. Їх встановлюються з метою запобігання виснаженню ґрунтів і використовують для здійснення контролю за якісним станом довкілля.

До нормативів оптимального співвідношення земельних угідь відносяться:

- ✓ оптимальне співвідношення земель сільськогосподарського, природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого, історико-культурного, рекреаційного призначення, а також земель лісового та водного фондів;
- ✓ оптимальне співвідношення ріллі та багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, а також земель під полезахисними лісосмугами в агроландшафтах.

Нормативи оптимального співвідношення культур у сівозмінах визначають структуру посівних площ для різних природно-сільськогосподарських регіонів та перелік установлених культур для вирощування у цих регіонах.

До нормативів показників деградації земель належать показники гранично допустимого погіршення стану і властивостей земельних ресурсів внаслідок антропогенного впливу та негативних природних явищ, а також нормативи інтенсивності використання земель сільськогосподарського призначення.

З метою здійснення контролю за динамікою родючості ґрунтів систематично проводиться їх агрохімічне обстеження, видаються агрохімічні паспорти, в яких фіксуються початкові та поточні рівні забезпечення поживними речовинами ґрунтів і рівні їх забруднення. Агрохімічна паспортизація орних земель здійснюється через кожні 5 років, сіножатей, пасовищ і багаторічних насаджень – через кожні 5-10 років. Суцільне ґрунтове обстеження проводиться через кожні 20 років.

Якщо раніше екологічні проблеми охорони надр при веденні сільського господарства пов'язувалися, в основному, з хімізацією сільського господарства і проникненням залишків пестицидів або агрохімікатів у надра, що спричиняло забруднення підземних вод, то тепер надра використовуються і для ведення сільськогосподарської діяльності. Зокрема, на Донбасі недіючі шахти служать місцем вирощування грибів, квітів, овочів та інших рослин під землею. Надра використовуються й для витримання виноматеріалів, зберігання харчової продукції тощо. Це також породжує певні екологічні проблеми.

Важливим законодавчим актом, який регулює охорону надр при веденні сільськогосподарської діяльності є Кодекс України про надра. Стаття 23 Кодексу надає власникам земельних ділянок і землекористувачам право без отримання спеціальних дозволів (ліцензій) та гірничих відводів видобувати для сільськогосподарських потреб корисні копалини місцевого

значення й торф загальною глибиною розробки до 2 м і прісні підземні води – до 20 м та використовувати надра для сільськогосподарських потреб. Це може мати негативні наслідки у вигляді порушення геологічної структури і можливості виникнення зсувів або інших небажаних явищ. Через це Кодекс встановлює обмеження на видобування корисних копалин місцевого значення і торфу із застосуванням спеціальних технічних засобів, які можуть призвести до небажаних змін у довкіллі.

Використання надр для захоронення відходів сільського господарства, засобів хімізації, скидання стічних вод сільськогосподарських підприємств допускається у виняткових випадках із дотриманням вимог законодавства про відходи і про пестициди й агрохімікати. При цьому надра для зазначених потреб повинні надаватися за результатами спеціальних досліджень та на підставі проектів, виконаних на замовлення таких сільськогосподарських підприємств.

Користування надрами для сільськогосподарської діяльності здійснюється за відповідними проектами, в яких мають передбачатися заходи, що забезпечують знешкодження стічних вод, шкідливих речовин і відходів сільського господарства або локалізацію їх у визначених межах, а також запобігають їх проникненню в інші природні об'єкти. Наслідком невиконання цих обов'язків може бути позбавлення права користування надрами або ж обмеження сільськогосподарської діяльності в надрах.

Водні об'єкти широко використовуються в сільському господарстві: для рибництва, водопою, меліорації, скидання стічних вод та інших сільськогосподарських потреб. Така діяльність часто є небезпечною для довкілля, внаслідок чого існують деякі обмеження щодо її здійснення. Порядок охорони вод при веденні сільськогосподарської діяльності регулює Водний кодекс. Ним передбачено нормування водокористування, в тому числі встановлення нормативів якості води, нормативів гранично допустимого скидання сільськогосподарських стічних вод, лімітів забору

води для сільськогосподарських потреб, обмеження сільськогосподарської діяльності у водоохоронних зонах тощо.

Користування водами для потреб сільського господарства може здійснюватися як у порядку загального, так і спеціального водокористування. Під час зрошення земель сільськогосподарського призначення водокористувачі зобов'язані здійснювати заходи щодо попередження підтоплення, заболочення, засолення та забруднення цих земель. Зрошення сільськогосподарських угідь і скидання дренажних вод у водні об'єкти здійснюється на підставі дозволу на спеціальне використання водних об'єктів. Під час осушення земель сільськогосподарського призначення мають здійснюватися заходи щодо запобігання деградації та вітровій ерозії цих земель, а також погіршення стану водних об'єктів.

На водокористувачів покладається обов'язок поліпшувати екологічний стан рибогосподарських водних об'єктів та дотримуватися санітарного режиму прибережних захисних смуг. Проведення гідромеліоративних робіт у місцях, де перебувають водоплавні птахи, хутрові звірі, а також промисловий вилов риби в місцях розведення бобрів і хохуль здійснюється за погодженням з державними органами рибного й мисливського господарства.

Забороняється скидати стічні води без встановлення нормативів гранично допустимого скидання та використовувати для цього рельєф місцевості: балки, пониззя, кар'єри тощо. У разі перевищення встановлених нормативів скидання сільськогосподарських стічних вод може бути обмежене або й заборонене.

Водний кодекс України встановлює особливий режим сільськогосподарської діяльності у водоохоронних зонах: в них забороняється зменшувати природний рослинний покрив і лісистість, розорювати заплавні землі та застосовувати на них засоби хімізації, провадити осушувальні меліоративні роботи на заболочених ділянках та

урочищах у верхів'ях річок, здійснювати сільськогосподарську діяльність, що може негативно вплинути на стан водного об'єкта і т. д.

Закон України «Про тваринний світ» від 13 грудня 2001 р., Закон України «Про рослинний світ» від 9 квітня 1999 р., Закон України «Про Червону книгу України» від 7 лютого 2002 р., а також Положення про Зелену книгу України від 29 серпня 2002 р. вимагають під час ведення сільськогосподарської діяльності зберігати умови існування видового й популяційного розмаїття тваринного і рослинного світу, не допускати погіршення середовища існування, шляхів міграції та умов розмноження диких тварин, а також умов місцезростання дикорослих рослин. Законодавство встановлює загальний обов'язок запобігати негативному впливу сільськогосподарської діяльності на рослинний і тваринний світ.

При веденні сільського господарства дозволяється використання корисних властивостей диких тварин (наприклад, здатність диких комах запилювати сільськогосподарські рослини). Випалювання сухої рослинності або її залишків допускається лише в разі господарської потреби за відповідним дозволом місцевих органів влади. Для окремих місцевостей, що є середовищем проживання особливо цінних або рідкісних тварин можуть встановлюватись більш суворі екологічні нормативи, ніж ті, що встановлені для всієї території України. Гідромеліоративні роботи та промислове рибальство в місцях, які визнані особливо значимими для перебування водноболотних птахів і напівводних ссавців, здійснюються за погодженням з Державним комітетом лісового господарства України та Державним департаментом рибного господарства Міністерства аграрної політики України. Застосування засобів хімізації у сільському господарстві має здійснюватися безпечним для диких тварин способом.

Закон України «Про тваринний світ» передбачає заборону на самовільне переселення, акліматизацію і схрещування диких тварин. Непродумане переселення тварин у місцевості, не властиві для їхнього проживання, може бути згубним для довкілля. В Україні переселення нових

для неї видів диких тварин допускаються з урахуванням науково обґрунтованих експертних висновків наукових організацій з дозволу органів влади. Сільськогосподарські тваринницькі підприємства зобов'язані вживати заходів до запобігання виходу цих тварин у природне середовище. Аналогічна норма міститься у Законі України «Про рослинний світ».

Випасання худоби вважається спеціальним видом використання рослинних ресурсів. Сільськогосподарські підприємства зобов'язані відтворювати природні рослинні ресурси в межах наданих їм земельних ділянок. Випалювання сухої природної рослинності або її залишків без дозволу органів Державної екологічної інспекції забороняється.

Лісовий кодекс і численні підзаконні акти регулюють порядок використання лісових ресурсів і ведення лісового господарства, а також режим охорони лісів України, включаючи лісокористування в сфері сільського господарства.

Законодавство про охорону атмосферного повітря спрямоване на розв'язання проблем викиду шкідливих речовин в атмосферне повітря сільськогосподарськими підприємствами (наприклад, під час спалення сільськогосподарських відходів), впливу на погоду і клімат, запаху, шуму, вібрації тощо. На їх розв'язання спрямований Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Сільськогосподарські підприємства часто є джерелом шуму і вібрації, а також неприємного запаху. Закон передбачає регулювання такого впливу на довкілля. Для сільськогосподарських підприємств, технологічні процеси яких передбачають наявність стаціонарних джерел викидів в атмосферне повітря шкідливих речовин, закон вимагає отримання дозволів і встановлення нормативів гранично допустимого викиду шкідливих речовин. Для стаціонарних джерел фізичних або біологічних впливів на атмосферне повітря, наприклад, тваринницьких ферм зі стійким запахом, закон передбачає встановлення нормативів гранично допустимого впливу фізичних і біологічних чинників. Виконання

заходів щодо охорони атмосферного повітря не повинно призводити до забруднення ґрунтів, вод та інших природних об'єктів.

Пестициди та агрохімікати мають використовуватися способами, які не впливають негативно на стан атмосферного повітря. Складування, розміщення, зберігання або транспортування сільськогосподарських відходів, які є джерелами забруднення атмосферного повітря неприємними запахами або іншого шкідливого впливу, допускається лише за наявності спеціального дозволу на визначених місцевими державними адміністраціями й радами територіях із додержанням нормативів екологічної безпеки й законодавства про відходи.

Меліорація земель – комплекс гідротехнічних, культуртехнічних, хімічних, агротехнічних, агролісотехнічних та інших меліоративних заходів, здійснюваних для регулювання водного, теплового, повітряного й поживного режиму ґрунтів, збереження та підвищення їх родючості й формування екологічно збалансованої раціональної структури угідь. Вона регулюється Законом України «Про меліорацію земель».

Меліорація широко застосовується в сільському господарстві з давніх часів. В Україні виділяють три природнокліматичні зони сільського господарства: надмірно зволожену Лісову (25% площі території України), недостатньо зволожену Лісостепову (35% площі) та посушливу Степову (40% площі). 2/3 території України за природною зволоженістю перебувають у несприятливих для сільськогосподарського виробництва кліматичних умовах, що значною мірою впливає на його ефективність. Для зменшення негативного впливу кліматичних умов в Україні побудовано меліоративні системи на площі 5,75 млн га. Площа зрошуваних земель становить 2,45 млн га, з них 80% (2,1 млн га) розташовані в зоні Степу. Осушувані землі займають 3,33 млн га і знаходяться в західних областях та на Поліссі.

Незважаючи на те, що меліорація розглядається чинним законодавством як природоохоронний захід, спрямований на поліпшення екологічного стану ґрунтів, непродумані меліоративні заходи можуть



заподіяти істотної шкоди довкіллю. Тому будівництво меліоративних систем належить до екологічно небезпечних видів діяльності, що можуть здійснюватися виключно за умови попереднього позитивного висновку державної екологічної експертизи.

Застосування хімічних засобів у сільському господарстві заподіює велику шкоду довкіллю і створює загрозу для здоров'я людини. Існує два напрями застосування хімічних препаратів:

- ✓ для знищення тварин, бур'янів і мікроорганізмів, що є шкідниками сільського господарства;
- ✓ для здійснення хімічної меліорації земель, тобто для удобрювання ґрунтів.

Важливими нормативними актами, які регулюють хімізацію сільського господарства, є Закони України «Про захист рослин», «Про карантин рослин», «Про пестициди і агрохімікати» та ін.

До засобів хімізації сільського господарства відносяться пестициди, інсектициди, гербіциди, фунгіциди, інсектоакарициди, десиканти, регулятори росту, родентициди тощо. Згідно із Законом України «Про пестициди і агрохімікати», пестициди – це токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, внаслідок діяльності яких уражаються рослини, тварини, люди і завдається шкоди матеріальним цінностям, а також гризунів, бур'янів, деревної, чагарникової рослинності, засмічувальних видів риби. Агрохімікати визначаються цим Законом як органічні, мінеральні й бактеріальні добрива, хімічні меліоранти, регулятори росту рослин та інші речовини, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів, урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості рослинницької продукції.

Основними принципами державної політики у сфері діяльності, пов'язаної з пестицидами і агрохімікатами, є:

✓ пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища по відношенню до економічного ефекту від застосування пестицидів і агрохімікатів;

✓ державна підконтрольність їх ввезення на митну територію України, реєстрації, виробництва, зберігання, транспортування, торгівлі і застосування;

✓ обґрунтованість їх застосування;

✓ мінімалізація використання пестицидів за рахунок впровадження біологічного землеробства та інших екологічно безпечних, нехімічних методів захисту рослин;

✓ безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища під час їх виробництва, транспортування, зберігання, випробування і застосування за умови дотримання вимог, встановлених державними стандартами, санітарними нормами, регламентами та іншими нормативними документами;

✓ єдність державної політики щодо діяльності, пов'язаної з пестицидами і агрохімікатами.

Пестициди й агрохімікати повинні мати високу біологічну ефективність і відповідати вимогам екологічної безпеки. Усі засоби захисту рослин підлягають спеціальному пакуванню й маркуванню, а також сертифікації у вітчизняній системі УкрСЕПРО, відповідно до Закону України від 17 травня 2001 р. «Про підтвердження відповідності». Всі препарати мають супроводжуватись інструкцією щодо їх застосування. Обов'язковій державній реєстрації підлягають також технічні засоби застосування пестицидів і агрохімікатів.

Для дотримання вимог екологічної безпеки ґрунтів в Україні запроваджено агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення. Агрохімічна паспортизація передбачає визначення показників якісного стану ґрунтів, їх зміни внаслідок господарської діяльності. При застосуванні пестицидів і агрохімікатів здійснюється комплекс заходів

відповідно до регламентів, встановлених для певної ґрунтово-кліматичної зони, з урахуванням попереднього агрохімічного обстеження ґрунтів, даних агрохімічного паспорта земельної ділянки (поля) й стану посівів, діагностики мінерального живлення рослин, прогнозу розвитку шкідників і хвороб.

На території, що зазнала радіоактивного забруднення, та в зонах надзвичайних екологічних ситуацій застосування пестицидів і агрохімікатів обмежується і провадиться згідно з Порядком застосування пестицидів і агрохімікатів на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, та у зонах надзвичайних екологічних ситуацій, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 16 січня 1996 р. № 92. На територіях природно-заповідного фонду, водоохоронних зонах та інших територіях, що підлягають особливій охороні, застосування пестицидів забороняється. Сільськогосподарська сировина для виготовлення продукції дитячого й дієтичного харчування має вироблятися у спеціальних сировинних зонах. Правовий режим цих зон визначений Положенням про спеціальні сировинні зони для виробництва сільськогосподарської продукції, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 1996 р. № 679. У спеціальних сировинних зонах забороняється використання пестицидів. Застосування агрохімікатів провадиться за спеціальними технологіями, які дозволяють отримувати продукцію, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам щодо дитячого та дієтичного харчування .

Відходи сільського господарства здебільшого є органічними. Вони часто перебувають у непристосованих або випадкових приміщеннях, а подекуди – просто неба.

Згідно Закону України «Про відходи», відходами є будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності й не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник має позбутися шляхом утилізації чи видалення. Таке визначення є неповним щодо сільськогосподарських відходів, адже з органічних відходів найбільшу екологічну небезпеку становлять відходи тваринництва.

Проектування тваринницьких комплексів продуктивністю понад 5 тис. голів і птахофабрик підлягає обов'язковій попередній державній екологічній експертизі, оскільки діяльність таких ферм включена до Переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 554 від 27 липня 1995 р. Але продукти життєдіяльності сільськогосподарських тварин не можна вважати речовинами, що утворюються у процесі людської діяльності – вони утворюються у процесі життєдіяльності тварин природним шляхом. Таким чином, на найнебезпечніші органічні відходи законодавство про відходи взагалі не поширюється.

Закон «Про відходи» покладає на суб'єктів аграрного права наступні обов'язки:

- ✓ запобігати утворенню та зменшувати обсяги утворення відходів;
- ✓ забезпечувати приймання та утилізацію використаних пакувальних матеріалів і тари, в яких міститься продукція сільськогосподарських підприємств;
- ✓ вести облік, визначати склад і властивості утворюваних сільськогосподарських відходів;
- ✓ забезпечувати повне збирання, належне зберігання та недопущення знищення й псування відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія;
- ✓ брати участь у будівництві об'єктів поводження з відходами;
- ✓ забезпечувати переробку чи видалення відходів;
- ✓ не допускати зберігання та видалення відходів у несанкціонованих місцях або об'єктах;
- ✓ здійснювати контроль за станом місць або об'єктів розміщення власних відходів;
- ✓ своєчасно вносити збір за розміщення відходів відповідно до Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього

природного середовища і стягнення цього збору, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 1999 р. № 303;

- ✓ надавати відповідним державним органам інформацію про утворювані ними сільськогосподарські відходи;
- ✓ призначати відповідальних осіб у сфері поводження з відходами;
- ✓ забезпечувати розробку та виконання планів організації роботи щодо поводження з відходами;
- ✓ забезпечувати професійну підготовку, підвищення кваліфікації та проведення атестації фахівців з питань поводження з відходами;
- ✓ отримувати дозвіл і ліміти на утворення та розміщення відходів тощо.

Забороняється несанкціоноване скидання і розміщення відходів у підземних горизонтах, на території міст та інших населених пунктів, на землях природно-заповідного та іншого природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення, у межах водоохоронних зон та зон санітарної охорони водних об'єктів, в інших місцях, що може створювати небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини.

У районах можливого забруднення земель небезпечними відходами, у тому числі аварійними, викидами від стаціонарних і пересувних джерел за рішенням місцевої державної адміністрації або органу місцевого самоврядування проводяться постійні або періодичні обстеження хімічного складу ґрунтів з метою виявлення та визначення їх негативного впливу на здоров'я людини, а також окремих видів природних ресурсів і довкілля в цілому.

Біотехнології використовуються в сільському господарстві з давніх часів. Найдавнішими з них є виробництво хліба з використанням дріжджів, виробництво вина, сиру та кисломолочних продуктів, квасу, пива, обробка шкіри, рослинних волокон і т. п. Тепер в сільському господарстві дедалі частіше застосовуються технології генної інженерії, вплив яких на здоров'я

людей ще недостатньо вивчений. Законодавство України у сфері біотехнологій визначається Законом України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» та іншими законодавчими актами України, що видаються відповідно до нього, а також відповідними міжнародними договорами, згоду на обов'язковість яких надано Верховною Радою України.

Проблема правового регулювання здійснення сільськогосподарської діяльності в зоні екологічного лиха та в зонах надзвичайних екологічних ситуацій для України постає надзвичайно гостро. З одного боку, ведення сільського господарства в таких зонах є небезпечним для продуктів харчування, а з іншого – додаткове сільськогосподарське навантаження на дестабілізовані екосистеми можуть значно посилити негативні процеси.

Існує чотири правові режими сільськогосподарської діяльності:

- ✓ в зоні екологічного лиха,
- ✓ в умовах надзвичайного стану,
- ✓ в зоні надзвичайної екологічної ситуації,
- ✓ в умовах правового режиму карантину.

Відповідно до постанови Верховної Ради УРСР від 1 серпня 1990 р. № 95-ХІІ, всю територію України було оголошено зоною екологічного лиха у зв'язку з наслідками Чорнобильської катастрофи. Згідно із Законом України від 27 лютого 1991 р. «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», територія, що постраждала внаслідок Чорнобильської катастрофи поділяється на 4 зони з особливим правовим режимом. Це зона відчуження, зона безумовного (обов'язкового) відселення, зона гарантованого добровільного відселення й зона посиленого радіоекологічного контролю.

В зонах відчуження й безумовного (обов'язкового) відселення забороняється ведення сільськогосподарської діяльності без спеціального

дозволу Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи.

Законодавство дозволяє ведення сільськогосподарської діяльності в зонах гарантованого добровільного відселення й посиленого радіоекологічного контролю, але з урахуванням певних обмежень. Зокрема, обмежується внесення пестицидів і агрохімікатів, яке здійснюється відповідно до Порядку застосування пестицидів і агрохімікатів на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, та в зонах надзвичайних екологічних ситуацій. У цих зонах забороняється створення нових сільськогосподарських підприємств чи розширення діючих. Відповідні державні органи здійснюють постійний контроль за веденням сільського господарства.

Відповідно до Закону України від 16 березня 2000 р. «Про правовий режим надзвичайного стану», правовий режим надзвичайного стану може бути впроваджений у зв'язку із виникненням надзвичайної екологічної ситуації. При цьому можливі тимчасова заборона створення нових сільськогосподарських підприємств або розширення діючих, впровадження правового режиму карантину, зміна режиму роботи сільськогосподарських підприємств з урахуванням потреб усунення негативних наслідків надзвичайної екологічної ситуації.

Правовий режим зони надзвичайної екологічної ситуації, відповідно до законів України від 13 липня 2000 р. «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» і від 8 червня 2000 р. «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», передбачає можливість впровадження обмежень на здійснення сільськогосподарської діяльності з урахуванням конкретної екологічної ситуації.

Правовий режим карантину може бути санітарним, карантинном тварин і карантинном рослин. При цьому на сільськогосподарські підприємства можуть бути покладені обмеження щодо ведення сільськогосподарської діяльності, необхідні для захисту населення.

## 22. СТРАТЕГІЯ І ТАКТИКА ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ УКРАЇНИ

На початку ХХ століття В. І. Вернадський зауважив, що «...досі історики, взагалі вчені гуманітарних наук, а відомою мірою і біологи, свідомо не рахуються і законами природи біосфери – тієї земної оболонки, де тільки й може існувати життя. Стихійно людина від неї невіддільна. І ця невідповідність лише тепер починає перед нами точно виявлятися». Пізніше ідея необхідності гармонізувати взаємовідносини між людьми і природою була прийнята багатьма політиками і державними діячами. В документах ООН вона офіційно відома як «сталий розвиток». На шляху до сталого розвитку світова спільнота почала укладати деякі міжнародні угоди ще в середині минулого століття:

- ✓ 1959 – Договір про Антарктиду;
- ✓ 1963 – Договір про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космічному просторі та під водою (Московський договір);
- ✓ 1971 – Програма ЮНЕСКО «Людина і біосфера»;
- ✓ 1971 – Рамсарська Конвенція про захист та збереження водно-болотних угідь;
- ✓ 1972 – Стокгольмська декларація з навколишнього середовища;
- ✓ 1972 – Конвенція про запобігання забрудненню моря скидами відходів та інших матеріалів (Лондонська конвенція);
- ✓ 1973 – Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (СІТЕS);
- ✓ 1975 – Конвенція про запобігання забрудненню моря скидами відходів та інших матеріалів;
- ✓ 1977 – Конвенція про заборону військового чи будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище;
- ✓ 1979 – Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція);



- ✓ 1979 – Конвенція зі збереження міграційних видів диких тварин (Боннська конвенція);
- ✓ 1980 – Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані;
- ✓ 1985 – Віденська конвенція про охорону озонового шару;
- ✓ 1986 – Протокол про скорочення викидів сірки на 30%;
- ✓ 1988 – Монреальський протокол про речовини, що руйнують озоновий шар;
- ✓ 1988 – Декларація людських прав індивідів та народів;
- ✓ 1989 – Протокол про обмеження викидів окислів азоту або їх транскордонних потоків;
- ✓ 1992 – Конвенція ООН про біологічне різноманіття;
- ✓ 1992 – Рамкова конвенція ООН про зміну клімату;
- ✓ 1992 – Порядок денний на XXI століття;
- ✓ 1994 – Конвенція ООН про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної засухи та/або опустелювання, особливо в Африці;
- ✓ 1995 – Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття;
- ✓ 1997 – Кіотський протокол до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату;
- ✓ 1998 – Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя (Орхуська конвенція);
- ✓ 2001 – Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі тощо.

У документах ООН, прийнятих в 1992 році в Ріо-де-Жанейро, під сталим розвитком розуміється таке співіснування людства і природного довкілля, яке забезпечує потреби сучасного суспільства без ризику для задоволення потреб майбутніх поколінь, або забезпечення права кожної

людини нинішнього і прийдешнього поколінь жити в навколишньому середовищі, сприятливому для її здоров'я та добробуту.

Досягнення цього етапу цивілізації передбачається через реалізацію наступних концептуальних положень:

- ✓ мир, розвиток та охорона навколишнього середовища – взаємозалежні та невід'ємні;
- ✓ право на розвиток повинно реалізовуватися з урахуванням того, що це буде відповідати потребам розвитку та природоохоронним заходам наступних поколінь;
- ✓ всі держави і всі люди співпрацюють у напрямку викорінення бідності – обов'язкової умови стійкого розвитку, прагнуть зменшити різницю у рівнях життя і краще задовольняти потреби більшості населення планети;
- ✓ міжнародні дії в галузі охорони природи та розвитку мають відповідати інтересам та потребам усіх країн. Спеціальної пріоритетності потребують країни, що розвиваються, особливо найменш розвинені і тому найбільш екологічно вразливі;
- ✓ держави повинні співпрацювати в дусі глобального партнерства. Зважаючи на різницю внесків у глобальне погіршення навколишнього середовища, держави несуть загальну, але диференційовану відповідальність;
- ✓ природоохоронні проблеми вирішуються найкраще за участі всіх зацікавлених громадян на відповідному рівні;
- ✓ держави вводять у дію ефективне природоохоронне законодавство;
- ✓ держави повинні співпрацювати у створенні міжнародної економічної системи, що веде до економічного росту і постійного розвитку в усіх країнах;
- ✓ органи державної влади повинні добиватися проголошення інтернаціоналізації природоохоронних коштів та використання економічних важелів, беручи до уваги, що забруднювач відшкодовує втрати на усунення забруднення;

✓ творчість, ідеали та сміливість молоді світу повинні бути мобілізовані на встановлення глобального партнерства, мета якого – досягнення сталого розвитку та забезпечення кращого майбутнього для всіх.

Сталий розвиток – це керований розвиток. Основою його керованості є системний підхід та сучасні інформаційні технології, які дозволяють дуже швидко змоделювати різні варіанти напрямків розвитку, з високою точністю спрогнозувати їхні результати та вибрати найбільш оптимальний.

Вперше термін «сталий» в сучасному розумінні було вжито в доповіді Римського клубу про «Межі зростання» (1972 р.). Широкого вжитку цей термін набув після того, як у 1987 р. комісія ООН під керівництвом Гру Брунтланд (колишня прем'єр-міністр Норвегії) опублікувала звіт «Наше спільне майбутнє», в якому сталий розвиток (англ. «Sustainable development») позиціонувався як загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їхню потребу в безпечному і здоровому довкіллі.

Ряд теоретиків і прихильників сталого розвитку вважають його найперспективнішою ідеологією XXI століття і навіть усього третього тисячоліття, що, з поглибленням наукової обґрунтованості, витіснить усі наявні світоглядні ідеології як такі, що є фрагментарними, неспроможними забезпечити збалансований розвиток цивілізації.

Термін «сталий розвиток» є офіційним українським відповідником англійського терміну «sustainable development», дослівний переклад якого з урахуванням контексту може бути «життєздатний розвиток», за сенсом – «самопідтримуваний розвиток», а інколи його тлумачать як всебічно збалансований розвиток. За визначенням Комісії ООН зі сталого розвитку, його мета – задовольняти потреби сучасного суспільства, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Теорія сталого розвитку є альтернативою парадигмі економічного зростання, яка ігнорує екологічну небезпеку від розвитку за екстенсивною моделлю.

Загалом після опублікування в 1987 р. доповіді Комісії по економічному розвитку ООН «Наше спільне майбутнє» вчені та аналітики розробили понад 70 визначень поняття сталого розвитку. Д. Пірс та Д. Уофорд запропонували поділ всіх цих визначень на дві групи. Прихильники визначень, що становлять першу групу, тлумачать сталий розвиток як режим, за якого ресурсна база не повинна погіршуватися. Це – так зване «сильне» визначення. Прихильники другої групи визначень називають сталим розвитком режим, за якого ресурсна база може погіршуватися за умови, що біологічні ресурси підтримуються на мінімальному критичному рівні, а багатство, яке створюється за рахунок використання природних ресурсів, має зберігатися для майбутніх поколінь. Це визначення відоме як «слабке». Концепція сталого розвитку ґрунтується на декількох важливих принципах:

- ✓ Людство дійсно може надати розвитку сталого і довготривалого характеру для того, щоб він відповідав потребам людей, які живуть зараз, не позбавляючи при цьому майбутні покоління можливості задовольняти свої потреби;

- ✓ Обмеження, які існують в галузі експлуатації природних ресурсів, відносні. Вони пов'язані з сучасним рівнем техніки і соціальної організації, а також зі здатністю біосфери до самовідновлення;

- ✓ Необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і всім надати можливість реалізувати свої надії на благополучніше життя.

- ✓ Необхідно налагодити стан життя тих, хто користується надмірними засобами (грошовими і матеріальними), з екологічними можливостями планети, зокрема відносно використання енергії;

- ✓ Розміри і темпи росту населення повинні бути погоджені з виробничим потенціалом біосфери, що змінюється.

Також до принципів сталого розвитку належать:

- ✓ *світоглядні принципи*: цілісність біосфери та взаємозалежність усіх її складових частин; самоцінність усіх форм життя на Землі; повага до природи тощо;

✓ *принципи загальної відповідальності*: загальна турбота і загальна відповідальність людини за стан довкілля; захист, збереження і відновлення природних екосистем; збереження біорізноманіття тощо;

✓ *права людини*: право всіх людей, включаючи й майбутні покоління, на чисте і здорове довкілля (ст. 50 Конституції України); право на участь у процесах прийняття рішень, що впливають на довкілля; право всіх людей на економічний, соціальний, політичний та культурний розвиток; взаємозалежність загальних прав людини і прав на мир, розвиток та чисте довкілля тощо;

✓ *власне принципи сталого розвитку*: принцип «забруднювач платить»; ліквідація несталих видів виробництва і споживання; принцип попередження і політика запобігання екологічних негараздів; розробка і впровадження екологічно чистих технологій тощо;

✓ *принципи справедливості*: рівність жінок і чоловіків, включаючи рівність в управлінні та прийнятті рішень тощо;

✓ *принципи управління та безпеки*: відповідальність державних установ за компенсації жертвам екологічних катастроф та відновлення ушкоджених екосистем; екологічна освіта й виховання; зміцнення неурядових організацій та підвищення рівня їхньої участі у процесах прийняття рішень тощо;

✓ *принципи захисту навколишнього природного середовища*: розробка національних екологічних стандартів та проведення моніторингу; попередження транскордонних екологічних проблем; проведення наукових досліджень та розвиток наукової співпраці в галузі охорони природи та сталого розвитку; запобігання деградації екосистем внаслідок військової діяльності; збереження культурної і природної спадщини тощо.

Економічний підхід до концепції стійкого розвитку передбачає оптимальне використання обмежених ресурсів і використання екологічних (природо-, енерго- і матеріалозберігаючих) технологій, включаючи

видобуток і переробку сировини, створення екологічно прийнятної продукції, мінімізацію, переробку і знищення відходів.

Соціальна складова сталого розвитку орієнтована на людину і спрямована на збереження стабільності соціальних і культурних систем, в тому числі, на скорочення числа руйнівних конфліктів між людьми. Важливим аспектом цього підходу є справедливий розподіл благ. Бажано також збереження культурного капіталу і різноманіття в глобальних масштабах, а також повніше використання практики стійкого розвитку, наявної в не домінуючих культурах.

З екологічної точки зору сталий розвиток має забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем. Особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність всієї біосфери.

До найважливіших передумов переходу України на модель сталого розвитку на національному та регіональному рівнях належать:

- ✓ ефективне та екологічнобезпечне функціонування економіки, що дасть можливість досягти вищих показників життєвого рівня населення, цілеспрямовано розв'язувати соціальні та ресурсоекологічні проблеми розвитку суспільства;

- ✓ раціональне використання, збереження і відтворення природних ресурсів, всебічна охорона навколишнього природного середовища як найголовніших передумов забезпечення екологічної безпеки нинішнього та майбутніх поколінь, підтримання у біосфері екологічної рівноваги, а отже, чистого і здорового довкілля;

- ✓ стабілізація демографічної ситуації та чисельності населення і встановлення в суспільстві принципів соціальної справедливості, тобто створення системи правових гарантій та ефективною демографічної політики для досягнення економічного, соціального та екологічного благополуччя кожної сім'ї;

✓ розширення масштабів міжнародного співробітництва у сфері ефективного розв'язання екологічних проблем і завдань сталого розвитку, підвищення його результативності та ефективності, застосування в національній економіці найновіших світових досягнень науково-технологічного і соціально-екологічного прогресу.

Необхідність якнайшвидшого подолання гострої ресурсоекологічної кризи, всебічного оздоровлення навколишнього середовища, усунення причин екологічних катастроф потребує кардинального вдосконалення природокористування, економного витрачання природних ресурсів в усіх галузях і сферах виробництва. Від цього значною мірою залежать ефективність суспільного виробництва загалом, темпи економічного поступу і зростання життєвого рівня народу, а також обсяги нагромаджень фінансових ресурсів для розв'язання чергових соціально-економічних та екологічних проблем.

Крім того, Україні вкрай потрібні широкомасштабна реконструкція та модернізація всієї застарілої і відсталोї матеріально-технічної бази суспільного виробництва з урахуванням ресурсоекологічних вимог, факторів, критеріїв, стандартів та обмежень. Усе це має здійснюватися на основі застосування екологобезпечних технологій, безвідхідних або маловідхідних замкнутих виробничих циклів, які дають можливість комплексно використовувати мінерально-сировинні ресурси та звести до мінімуму викиди забруднюючих речовин у довкілля або й повністю утилізувати їх.

Також необхідна комплексність у вирішенні завдань раціоналізації природокористування та охорони природи. Вона важлива тому, що окремі галузі та сфери суспільного виробництва ставлять різні, нерідко прямо протилежні, вимоги до одних і тих самих природних ресурсів або умов навколишнього середовища. Причому основну увагу вони зосереджують, як правило, на використанні ресурсів і умов довкілля, а вирішення питань їх охорони, збереження та відтворення залишають суспільству.

Чітка послідовність дій, спрямованих на врегулювання якості навколишнього середовища як надзвичайно важливої передумови переходу на моделі сталого розвитку економіки, залежить від цілого ряду чинників. Серед них першочергового значення на сучасному етапі ринкових трансформацій в Україні набувають:

- ✓ організація моніторингу забруднень і джерел забруднення, визначення рівнів забруднення всіх складових елементів і ресурсів природного середовища та виявлення найнебезпечніших для здоров'я людини місць;

- ✓ організація системного моніторингу за трансформацією ландшафтів і агроландшафтів, зміною стану наземних і водних екосистем під впливом антропогенних навантажень;

- ✓ оцінка негативних впливів на людину й екосистеми стосовно гранично допустимих і критичних рівнів забруднень та антропогенних навантажень, а також розробка критеріїв допустимості і критичності цих впливів на різні елементи біосфери й людину;

- ✓ оцінка екологічної, економічної, соціальної та естетичної шкоди, яка завдається навколишньому середовищу внаслідок його забруднення і деградації;

- ✓ прогноз динаміки антропогенних впливів і навантажень на біосферу, а також оцінка негативних наслідків, що виникають при цьому;

- ✓ обґрунтування пріоритетних напрямів природоохоронної діяльності та розв'язання ресурсоекологічних проблем соціально-економічного розвитку регіону, області й району з урахуванням вимог ресурсоекологічної безпеки;

- ✓ розробка ефективних та екологічнобезпечних техніко-технологічних рішень, оптимальне, з погляду екологічних критеріїв, розміщення підприємств і виробництв, що дасть можливість істотно зменшити негативні навантаження на природу;



✓ визначення напрямів, способів і методів реструктуризації та модернізації екологонебезпечних виробництв і підприємств.

Для того, щоб зрозуміти становище і перспективи нинішньої екологічної політики, необхідно виробити певні критерії (індикатори). Формування індикаторів сталого розвитку відбувається з урахуванням, з одного боку, динамічності соціальних, економічних та екологічних параметрів людської цивілізації, розгляд яких у єдиному комплексі став уже загальноприйнятим; з іншого – усвідомленням того, що розвиток можна розглядати як зміну станів, кожен із яких характеризується певною сталістю і, водночас, здатністю до змін. Систему індикаторів сталого розвитку становлять:

✓ *Група соціальних індикаторів*: боротьба з бідністю; демографічна динаміка та сталість; поліпшення освіти, поінформованості та виховання спільноти; захист та поліпшення здоров'я людей; розвиток населених пунктів.

✓ *Група економічних індикаторів*: міжнародна кооперація з метою прискорення сталого розвитку та пов'язана з цим місцева політика; зміна характеристик споживання; фінансові ресурси та механізми; запозичення екологічно безпечних технологій, співробітництво та створення потенціалу.

✓ *Група екологічних індикаторів*: збереження якості водних ресурсів; захист океанів, морів і прибережних територій; комплексний підхід до планування та раціонального використання земельних ресурсів; раціональне управління вразливими екосистемами; боротьба з опустелюванням і посухами; сприяння запровадженню сталого сільського господарства та розвитку сільських районів; боротьба за збереження лісів, збереження біологічного різноманіття; екологічно безпечне використання біотехнологій; захист атмосфери; екологічно безпечне управління твердими та радіоактивними відходами, токсичними хімікатами.

*Група інституційних індикаторів*: врахування питань екології та розвитку в плануванні й управлінні з метою сталого розвитку; національні

механізми та міжнародне співробітництво з метою створення потенціалу в країнах, що розвиваються; міжнародний інституційний порядок; міжнародні правові механізми; інформація з метою ухвалення рішень; посилення ролі основних груп населення.

На забезпечення виконання ідей і принципів, декларованих конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) та Всесвітнім саммітом із збалансованого розвитку (Йоганезбург, 2002 р.), до яких приєдналася Україна, спрямована Концепція збалансованого (сталого) розвитку агроєкосистем в Україні на період до 2025 року. Її головною метою є створення передумов для сталого розвитку агроєкосистем та призупинення негативних процесів, що відбуваються в них шляхом:

- ✓ Формування екомережі на сільськогосподарських землях, впровадження ресурсозберігаючих та невиснажливих агротехнологій;
- ✓ Створення умов для збереження і відновлення біорізноманіття в рамках сільськогосподарської діяльності;
- ✓ Забезпечення дотримання вимог біобезпеки в рамках сільськогосподарської діяльності;
- ✓ Організація науково-методичного забезпечення комплексного агроєкологічного моніторингу агроєкосистем України;
- ✓ Запровадження агроєкологічного моделювання агроєкосистем різного рівня на основі системного підходу до їх оцінки.

В результаті реалізації Концепції прогнозується покращення стану агроєкосистем, створення умов для відновлення біорізноманіття в агросфері, попередження деградації ґрунтового покриву за рахунок призупинення водної ерозії, дефляції та забруднення ґрунтів. Реальний економічний ефект полягатиме у зменшенні витрат на відшкодування збитків від негативних явищ в агроландшафтах; попередженні втрат від зниження родючості ґрунтів, їх деградації; підвищенні продуктивності сільськогосподарського виробництва; отриманні високоякісної продукції і т. п.

Необхідною складовою гармонійного, екологічно безпечного розвитку є екологічна освіта. Екологічне виховання й інформування населення та підготовка висококваліфікованих фахівців вважаються однією з найважливіших умов переходу до гармонійного розвитку всіх країн світу.

Екологічна освіта як цілісне культурологічне явище, що включає процеси навчання, розвитку особистості, повинна спрямовуватися на формування екологічної культури як складової системи національного і громадського виховання всіх верств населення України (у тому числі через екологічне просвітництво за допомогою громадських екологічних організацій), екологізацію навчальних дисциплін та програм підготовки, а також на професійну екологічну підготовку через базову екологічну освіту.

Реформування екологічної освіти та виховання передбачає обов'язкове врахування екологічних законів, закономірностей, наукових принципів, що діють комплексно в біологічній, технологічній, економічній, соціальній і військовій сферах.

Збалансований, екологічно безпечний (гармонійний) розвиток є базисною, вихідною ідеєю, методологічною основою екологічної освіти згідно з міжнародними вимогами.

Основна мета екологічної освіти – формування екологічної культури окремих осіб і суспільства в цілому, формування навичок, фундаментальних екологічних знань, екологічного мислення і свідомості, що ґрунтуються на ставленні до природи як до універсальної, унікальної цінності. Екологічна освіта, з одного боку, повинна бути самостійним елементом загальної системи освіти, а з іншого – виконує інтегративну роль у всій системі освіти.

Найголовніші завдання екологічної освіти:

- ✓ Формування екологічної культури всіх верств населення;
- ✓ Підготовка фахівців-екологів для різних галузей народного господарства;
- ✓ Вдосконалення, узгодження і стандартизація термінології в галузі екологічних знань.

В основу екологічної освіти покладені принципи гуманізму, науковості, неперервності, наскрізності та систематичності. Вона є сукупністю наступних компонентів: екологічні знання – екологічне мислення – екологічний світогляд – екологічна етика – екологічна культура.

Підготовка громадян з високим рівнем екологічних знань, екологічної свідомості і культури на основі нових критеріїв оцінки взаємовідносин людського суспільства й природи, має стати одним з головних важелів у вирішенні надзвичайно гострих екологічних і соціально-економічних проблем сучасної України.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроекологічний стан орних земель Київщини: комплексна оцінка та заходи щодо його поліпшення (Методичні рекомендації) / За ред.академіка УААН О.І.Фурдичка. – К., 2005. – 54 с.
2. Агроекологія /В.А. Черніков,Р.М. Алексахин та інших.; Під ред. В.А. Чернікова, А.І.Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек - Экономика - Биота - Среда. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 566 с.
4. Антипов В.В, Давидов Б.І., Тихончук В.С. Біологічна дію, нормування і захист від електромагнітних випромінювань. М.:Енергоатомиздат, 2002. - 177 з.
5. Барабаш М.Б. Изменение климата и хозяйственная деятельность. – К., 1991. – 20 с.
6. Беклемишев В.Н. Основные понятия биоценологии в приложении к животным компонентам наземных сообществ / В.Н. Беклемишев / Тр. по защите растений. – 1931. – Т. 1, 2. – С. 277-358.
7. Білявський Г.О. Основи екології. Навчальний посібник / К.: Либідь, 2006.- 408 с.
8. Біорізноманіття та сільське господарство в Україні – ULRMC – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[www.ulrnc.org.ua/.../Biodiversity%20and%20Agriculture\\_14\\_Ukr.pdf](http://www.ulrnc.org.ua/.../Biodiversity%20and%20Agriculture_14_Ukr.pdf)
9. Благовещенская З.К.,Могиндович Л.С. Дришина Т. А. Земледелие без химизации//Химизация сельского хозяйства.- 1991.- N 3.- С. 85-99.
- 10.Благовещенская З.К., Могиндович Л.С., Трошина Т.А. Земледелие без химизации // Химизация сельского хозяйства. 1990, № 11.-С . 69-72.
11. Богданавичене З.П. Влияние пестицидов на почвенную микрофлору / З.П. Богданавичене / Влияние пестицидов на педобионтов и биологическую активность почвы. – Вильнюс: Мокслас, 1982. – С. 6-15.

12. Бодренков Г.Е. Агробиогеоценозы злаковых культур Центрально-черноземной полосы / Г.Е. Бодренков / Науч. труды Курского пед. ин-та. – 1974. – С. 106-112.
13. Бодренков Г.Е. Взаимосвязи энтомофауны агробиоценозов и естественных биоценозов в Центрально-черноземной полосе / Г.Е. Бодренков / Конф. по биоценологии и методам учета численности вредителей с.-х. культур и леса. Тез. докладов. Л. – 1971. – С. 8-10.
14. Бондаренко Н.В. Биологическая защита растений. / Н.В. Бондаренко – М.: Агропромиздат, 1986. – 277 с.
15. Бублик Л.И. Теоретические основы и методы анализа пестицидов в объектах агроэкосистемы / Л.И. Бублик / Перший Міжнарод. симп. “Методи хім. аналізу”. Зб. тез доп. – К.: ВАТ УкрНДІСВД, 2002. – С. 17.
16. Бублик Л.І. Моніторинг та екотоксичний ризик застосування хімічних засобів захисту зернових колосових культур в умовах Чернівецької області / Л.И. Бублик, О.Л. Чергіна, В.Н. Гунчак / Захист і карантин рослин. Міжвід. тематич. наук. зб. – К., 2003 – Вип. 49. – С. 211-216.
17. Булаткин Г.А. Автореф. дис. д.б.н. 06.01.04, 03.00.16 /. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем, – М.: 2009, – 39 с.
18. Булаткин Г.А., Ватолин В.И. Затраты энергетических ресурсов в агроценозах. В сб.-Экспериментальная биогеоценология и агроценозы. – М.: Наука, 1979. С. 115-117.
19. Бурда Р.І. Порівняльний аналіз локальних фітобіот в оцінці агробіорізноманітності.// Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Книга 2. - Київ: ЗАТ «Нічлава». - 2005. - 592 с.
20. Васильев В.П. Физико-географические условия и основы агро-

- энтомологического районирования Украинской ССР / В.П. Васильев, Г.Н. Радецкий /Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений /Под ред. В.П. Васильева. – К.: Урожай, 1973. – Т.1. – С.8–29.
21. Вернадский В.И. Биосфера. Очерки первый и второй / Вернадский В.И. – Л.: Научно-технич. изд-во. – 1926. – 126 с.
22. Гаузе Г.Ф. О некоторых основных проблемах биогеоценологии / Г.Ф. Гаузе / Зоол. журнал. – 1936. – Т. 15, вып. 3. – С. 363- 381.
23. Гвоздак А.А. Прямое и отдаленное влияние пестицидов на птиц / А.А. Гвоздак / – Пушино, 1977. – 14 с.
24. Гладышева Н.М. Действие гербицида 2,4-Д на морфологические признаки разных форм озимой ржи / Н.М. Гладышева / Деградация пестицидов в условиях интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. – Рига, 1987. – С. 67-68.
25. Городній М. М., Шикуча М. Б. та ін. Агроєкологія. – К.: Вища школа, 1993.– 405 с.
26. Греков В.О., Дацько Л.В.. Особливості проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення – – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm](http://www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm).
27. Григорьев О.А., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шенфельд Б.Е. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы. – Центр Электромагнитной Безопасности (Tesla.ru), 29.05.200.
28. Григорьева Т.Н. Формирование агробиоценозов в связи с освоением целинной степи и залежных земель / Т.Н. Григорьева / Вопросы защиты с.-х. культур от вредителей. – М., 1968. – С. 41-51.
29. Гродзинський Д.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Черевченко Т.М., Смелянов І.Г., Собко В.Г., Лебеда А.П. Проблеми збереження та

- відтворення біорізноманіття в Україні. – Київ: Вид. дім «Академперіодіка», 2001. – 104 с
30. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будьонний Ю.В., Танчик С. П. Землеробство: Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп./За ред. В. П. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.
31. Гудзь В.П., Лісовал А.П., Андрієнко В.О., Рибак М.Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії: Підручник. За редакцією В.П.Гудзя. Друге видання, перероблене та доповнене. -К.: Центр учбової літератури, 2007. - 408с.
32. Дацько Л.В. Родючість ґрунтів України за сучасних умов ведення землеробства. //11.05.2011.
33. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. — Кишинев: Гл.ред. Молдав. Сов. Энциклопедии, 1990. – 408 с.
34. Департамент міжнародного розвитку Великобританії [www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm](http://www.ndipvt.org.ua/konf6/1/1.htm) (DFID – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dfid-agriculture-consultation.nri.org/summaries/wp12.pdf>.
35. Державне агентство земельних ресурсів України – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.dazgu.gov.ua/](http://www.dazgu.gov.ua/).
36. Дзюмак М.А., Мазур В.А., Первачук М.В. Агробіоценологія (Методичні рекомендації для проведення практичних занять) // Вінниця: Едельвейск і К, – 2009.– 42с.
37. Дідик Н.П. Фітоценотичний аналіз *Elytrigia repens* (L.) Nevski та його алелопатичні особливості. Автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.05 / Н.П. Дідик; НАН України. Нац. ботан. сад ім. М.М.Гришка. — К., 2001.
38. Дмитренко В.П., Криворучко І.П., Однолеток Л.П. Зміни агрокліматичних та агро гідрологічних ресурсів України і засоби адаптації до них землеробства під впливом кліматичних змін в



- зональному розрізі. – Матеріали міжнародної конференції «Глобальні та регіональні зміни клімату», Київ, Україна, 16-19 листопада 2010.
39. Дмитренко В.П., Круківська А.В. Основи мезомасштабного агрокліматичного районування території на засадах математико-картографічного методу.// Наук. праці УкрНДГМІ, 2005, Вип. 254 – С. 135-152.
- 40.Добряк Д.О., Канащ О.П., Розумний І. А. Класифікація та екологічне використання сільськогосподарських земель. - К, 2001. – 309 с.
- 41.Добряк Д.С., Осипчук С.О., Погурельський С.П. Проблеми екологізації землекористування //Землевпорядкування. 2001. № 2. С. 7–10.
42. Екологія і людський дух – К.: «Інтелсфера», 2001, С.190.
- 43.Ешмен С., Придатко В. Що таке агробіорізноманіття? /Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Книга 1. – Київ: ЗАТ „Нічлава”, 2005. – 384 с.
44. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений: эколого-генетические основы. - Академия наук МССР, Институт экологической генетики. - Кишинев: Штиинца, 1988. - 767 с.
45. Жученко А.А. Эколого-генетические основы высокой продуктивности и экологической устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов / А.А. Жученко / Производство экологически безопасной продукции растениеводства. – Пущино, 1996, вып. 1. – С. 5-20.
- 46.Загальнодержавна програма використання і охорони земель – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.myland.org.ua/index.php?id=1532&lang=uk](http://www.myland.org.ua/index.php?id=1532&lang=uk).
47. Захваткин Ю.А. Сельскохозяйственная экология: реальности нашего времени / Ю.А. Захваткин / Вестн. с.-х. науки, 1988. – №6. – С. 31-38.

- 48.Збереження і моніторинг біологічного і ландшафтного різноманіття України./В. Мельничук, відповід. за випуск. – К.: Національний екологічний центр України, 2000. – 224 с.
49. Зубков А.Ф. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика / А.Ф. Зубков – СПб. – 1995. – 386 с.
50. Иванова А.И. Влияние естественных биоценозов на формирование биоценозов пшеничного поля / А.И. Иванова / Уч. зап. Сталинградского гос. пед. ин-та. – 1953. – Т. 3. – С. 227-236.
- 51.Изменение климата, 2007 г. Обобщающий доклад. Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата - [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf).
- 52.Изменение климата. Обобщенный доклад, 2001 год / Под ред. Р.Т. Уотсона.– МГЭИК, 2003. – 220 с.
- 53.Калініченко А.В. Наукові основи моделювання екологічно збалансованих агроєкосистем України: Дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / Інститут агроєкології УААН. –К., 2006.
- 54.Канаш О.П. Сучасні проблеми землекористування: екологічна орнопридатність земель // Наук. вісник НАУ. 2005. № 81. С. 154–157.
55. Кашкаров Д.Н. Среда и сообщество (основы экологии) / Д.Н. Кашкаров – М, 1933. – 244 с.
- 56.Кобеньок Г.В., Закорко О.П., Марушевський Г.Б. Збереження біорізноманіття, створення екомережі та інтегроване управління річковими басейнами: Посібник для вчителів і громадських природоохоронних організацій. — К.: Wetlands International Black Sea Programme, 2008. — 200 с.
57. Козлова А.О. Методика оцінювання та картування біорізноманіття з використанням багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі./Автореферат, К.: 2007, - 21 с.
58. Коломицев Г.О. Узагальнене видове різноманіття: апробація

- Європейського підходу щодо оцінки стану біорізноманіття наземних екосистем/ Матеріали ІХ Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих науковців «Біологічні дослідження молодих учених в Україні». – К., 2009.- С.22-23. [Переопубліковано: BioModel - [http://biomodel.org.ua/?page\\_id=2176](http://biomodel.org.ua/?page_id=2176)].
59. Корчинська О.А. Сучасний стан і проблеми відтворення родючості ґрунтів України // Вісник аграрної науки Причорномор'я, Випуск 2, 2005 – С. 102-108.
60. Кравців Р.Й., Черевко М.В. Основи популяційної екології. – Львів: ТеРус, 2007. – 228 с
61. Кульчицька Л. Географічні закономірності географічної стійкості агро ландшафтів Одеської області // Вісник Львівського університету. Серія геогр. 2010. Вип. 38. - С. 174–17.
62. Кушнарєв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – Киев : Урожай, 1989. – 140 с.
63. Кушнір П.М. Закономірності руху врожаю с.-г. культур в агро-екологічних умовах України. – К., 2001. – 96 с.
64. Лавренко Е.М. Залежний режим в степах как результат деятельности полевки Брандта на степной травостой и почву / Е.М. Лавренко, А.А. Юнатов / Ботанический журн. – Т. 37, вып. 2. – 1952. – С. 128-139.
65. Лавренко Е.М. Микрокомплексность и мозаичность растительного покрова степей как результат жизнедеятельности животных и растений / Е.М. Лавренко / Труды Ботанич. ин-та им. В.Л. Комарова, сер. 3,8. – 1952. – С. 40-70.
66. Ландшафтна екологія: навчальний посібник для студ. екологіч. спец. вищ. навч. закладів / В. А. Давиденко, Г. О. Білявський, С. Ю. Арсенюк. – К. : Лібра, 2007. – 280 с.
67. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за

- тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо- та мікроклімату.// Проблемы материальной культуры – Географические науки, 2004 – С. 16-21.
- 68.Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей с.-х. культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1998. – 214 с.
69. Мак-Нью Дж.Л. Концепция регулирования численности вредных организмов / Дж.Л. Мак-Нью / Стратегия борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками в будущем – М., 1977. – С. 121-138.
70. Макфедьен Э. Экология животных / Э. Макфедьен – М.: Мир, 1965. – 375 с.
- 71.Масікевич Ю.Г. Прояв гетерозису в С4-рослин на різних рівнях організації фотосинтетичного апарату хлоропластів / Ю.Г. Масікевич // Физиология и биохимия культ. растений. – 2007. – Т. 39, № 2. – С. 95 – 104.
72. Медведь Л.И. Пестициды и проблемы здравоохранения / Л.И. Медведь, Ю.С. Каган, Е.И. Спыну / Журнал Всес. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева, 1968. – Т. 13– №3. – С. 263–271.
73. Мережинский Ю. Ф. Нарушение углеводного обмена и процессов и фотосинтеза при комплексном применении симметризинов и 2,4-Д / Ю. Мережинский, Калинин, О. Воловик / Теоретические основы действия физиологически активных веществ и эффективность удобрений их содержащих. – М., 1969. – 195 с.
- 74.Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування. Третьак А.М., Третьак Р.А., Шквар М.І., К.: Інститут землеустрою УААН, 2001. – 15 с.
75. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и

- терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989 – 223 с.
76. Міжнародний інститут досліджень продовольчої політики – IFPRI, 2002 – [news.meta.ua/metka:ifpri/](http://news.meta.ua/metka:ifpri/).
77. Моргун В.В. Экофизиологические и генетические аспекты адаптации культурных растений к глобальным изменениям климата / В.В. Моргун, Д.А. Киргизий, Т.М. Шадчина // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т. 42, № 1. – С. 463 – 493.
78. Мордкович В.Г. Особенности животного населения почв и закономерности сукцессии / В.Г. Мордкович, В.С. Андриевский, Г.Д. Мордкович / Агроценозы степной зоны. – Новосибирск. – 1984. – С. 71-81.
79. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства. У 2-х томах. Том 1 / Кол. авторів. – К.: Вид-во Національного аграрного університета, 2004. – 664 с.
80. Недикова Е.В. Трансформация земель – снижение экологической напряженности в агроландшафтах // Земледелие. – 2003. - №2. – С.2.
81. Нестеров Ю.В. Практичні поради зі збереження біорізноманіття у сільськогосподарських угіддях. – К.: Wetlands International Black Sea Programme, 2005. – 48с.
82. Нефедов Н.И. К происхождению и сравнительному изучению биоценозов пшеничного и люцернового полей / Н.И. Нефедов / Уч. записки Сталинградского гос. пед. ин-та, 1953. – № 3. – С. 139-172.
83. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства / За ред. О.Г.Тараріко, М.Г.Лобаса. – К., 1998. – 158 с.
84. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., М. А. Білоножко. Рослинництво: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
85. Общеввропейская стратегия сохранения биоразнообразия. Взгляд с Востока: Пособие для детей и министров / А. Мартынов, Н. Доманова, Е. Симонов. — М.: Рус. университет, 1998. — 27 с.

- 86.Одум Ю. Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 740 с.
- 87.Одум Ю. Экология: В 2-х томах. - М.: Мир, 1986. – Т.1. - 328с.
- 88.Одум Ю. Экология: В 2-х томах. - М.: Мир, 1986. – Т. 2. - 376с.
- 89.Паньків З.П. Земельні ресурси: Навчальний посібник – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 272 с.
- 90.Першегуба Я. Стан питної води в Україні//Провідний український лабораторний портал, 24.12.2012 – [http://www.labprice.ua/naukovopopulyarni\\_statti/stan\\_pitnoi\\_vodi\\_v\\_Ukraini](http://www.labprice.ua/naukovopopulyarni_statti/stan_pitnoi_vodi_v_Ukraini).
- 91.Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В.. Агроекологія. – Полтава, 2008. — 256 с.
92. Поляк В.В. Биоразнообразие, экология и зоогеографическая характеристика божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae) Одесской области / В.В. Поляк, В.Г. Дядичко, В.А. Трач / Биоразнообразие и роль зооценоза в естественных и антропогенных экосистемах: Матер. III Междунар. научной конф. – Днепропетровск: ДНУ, 2005. – С. 292-293.
- 93.Потіш, Л. А. Екологія: навчальний посібник для вищої школи / Л. А. Потіш. - К.: Знання, 2008. - 272 с.
- 94.Придатко В., Коломыцев Г. Изменение климата в Украине: потери 13% или приобретение 4% биоразнообразия до 2050 года?/BioModel, 11.11.2008.
95. Придатко В.І., Коломицев Г.О., Бурда Р.І., Чумаченко С.А. Ландшафтна екологія: методичне керівництво з моделювання біорізноманіття із врахуванням впливів на нього для освітніх цілей національного та регіонального рівнів. Частина 1. Приклад регіону GLOBIO-Україна. Частина 2. Робочий зошит студента. — Київ: НУБіПУ, 2008.—174 с.
- 96.Проблема збереження біорізноманіття в Україні // Жива Україна. – 2003. – №1–2. – С.2.

97. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: «Мысль», 1990. – 639 с.
98. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы) – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994 – 367 с
99. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. М.: Знание, 1980 – 280 с.
100. Риклефс Р. Основы общей экологии / Р. Риклефс – М.: Мир, 1979. – 424 с.
101. Роль відновлених боліт у пом'якшенні негативних наслідків змін клімату // Відновлення деградованих торфовищ Українського та Білоруського Полісся – [http://restoringpeatlands.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=13&lang=uk](http://restoringpeatlands.org/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=13&lang=uk).
102. Русов В.Д. Астрофизическая модель глобального климата Земли / В.Д. Русов, А.В. Глушков, В.Н. Ващенко, Украинский антарктический центр. – К.: Наукова Думка, 2003. – 212 с.
103. Сайт научно-технологического института транскрипции, трансляции и репликации. – <http://www.ttr.com.ua>.
104. Смаглий О.Ф., Кардашов А.Т., Литвак П.В. та ін. Агроекологія: Навч. посібник – К.: Вища школа, 2006, – 671 с.
105. Созінов О. Агросфера України у ХХІ столітті.//Вісник НАН України. – 2001. – N 10 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/Portal/all/herald/2001-10/3.htm>
106. Созінов О.О., Придатко В.І. Бурда Р.І., Тараріко О.Г., Кучер О.О. Про найважливіші показники та кількісно-якісні властивості мега-агроєкосистеми (агросфери) України./Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Книга 2. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2005, - 592 с
107. Стойко Н.Є. Характеристика природно-ресурсного потенціалу західного регіону України. // Вісник Львівського національного

- аграрного університету. Збірник наукових праць, 2010, №17 – [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Vldau/APK/2010\\_1/files/10snwrou.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Vldau/APK/2010_1/files/10snwrou.pdf).
108. Стратегія державної екологічної політики України на період до 2020 року – [enpi-seis.ew.eea.europa.eu/project-activities/.../ukraine/.../4.../](http://enpi-seis.ew.eea.europa.eu/project-activities/.../ukraine/.../4.../)
109. Сукачев В.Н. Растительные сообщества. (Введение в фитосоциологию). / В.Н. Сукачев – Л.-М., 1928. – 232 с.
110. Титлянова А.А., Тихомирова Н.А., Шатохина Н.Г. Продукционный процесс в агроценозах. – Новосибирск: Наука, 1982. – 148 с.
111. Тихомирова А. Л. Морфоэкологические особенности и филогенез стафилинид (с каталогом фауны СССР) / А. Л. Тихомирова / М.: Наука. – 1973. – 185 с.
112. Тишков А.А. Географические особенности первичных и вторичных сукцессий / А.А. Тишков / Общие проблемы биогеоценологии / 2 Всесоюз. совещ. Тез. докл. – М., 1986. – 1986. – С. 61-63.
113. Тишлер, В. Сельскохозяйственная экология. Пер. с нем. канд. биол. наук Б- Р. Стрнгановой и В. А. Турчаниновой. Под ред. проф. М. С. Гилярова. – М., «Колос», 1971 – 455 с.
114. Тітлянова А.А., Тихомиров Н.А., Шатохіна Н.Г. Продукционный процесс в агроценозах. – Новосибирск, 1982. – 185 с.
115. Трегобчук В.М. Відтворення та ефективність використання ресурсного потенціалу АПК (теоретичні та практичні аспекти) / Відп. ред. акад. УААН В.М. Трегобчук. К.: Ін-т економіки НАН України, 2003. – 259 с.
116. Третьак А.М., Третьак Р.А., Шквар М.І. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування. К.: Інститут землеустрою УААН, 2001. – 15 с.



117. Фридерикс К. Экологические основы прикладной зоологии и энтомологии / К. Фридерикс– М.-Л., 1932. – 672 с.
118. Хорріген Л., Маргуліс Дж. Д., Берк Дж. М., Кіні Д. Р., МакКензі Р. Нефф, С., ДіКамілло Дж. і П. Уолкер, Центр придатного для життя майбутнього. Сільське господарство та біорізноманіття – [conservation.in.ua/content/silske\\_gospodarstvo\\_ta\\_bioriznomanittya](http://conservation.in.ua/content/silske_gospodarstvo_ta_bioriznomanittya).
119. Чайка В.М. та ін. Шкодочинність фітофагів на озимині // Захист рослин. – 2001. – № 12. – С. 1-2.
120. Чернышев В.Б. Устойчивость естественного комплекса членистоногих агроэкосистемы / В.Б. Чернышев / XII съезд Рус. энтомол. о-ва. – Тез. докл. – СПб., 19-24 авг. 2002 г. – СПб., 2002. – С. 172-173.
121. Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме. / В.Б. Чернышев – М.: МГУ. – 2001. – 136 с.
122. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Р. Шуберт – М.: Мир. – 1988. – 348 с.
123. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез C<sub>3</sub>- и C<sub>4</sub>-растений: механизмы и регуляция. – М.: Мир, 1986. – 598 с.
124. Эрми Т.О некоторых теоретических вопросах биоценологических исследований в прикладной энтомологии / Т.О Эрми / Журн. общей биологии. – 1957. – Т. 18, № 4. – С. 263-274.
125. Ященко П.Т., Чернявський В.М., Генік Я.В. Фіторізноманітність як показник природоохоронної значимості і трансформованості лісових насаджень.//Наук. вісник: Заповідна справа в Галичині, на Поділлі та Волині. - Львів: УкрДЛТУ. - 2004, вип. 14.8. - 452 с.
126. Addressing the nitrogen cascade Eureka Alert, 2008. – [http://www.eurekaalert.org/pub\\_releases/2008-05/uov-at051208.php](http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2008-05/uov-at051208.php).
127. Adjei, M.B., K.H. Quesenberry, and C.G. Chambliss. 2002. Nitrogen fixation and inoculation of forage legumes. University of Florida, Institute

- of Food and Agricultural Sciences. Available from:  
[http://www1.foragebeef.ca / Foragebeef/frgebeef.nsf/all/frg90/\\$FILE/fertilitylegumefixation.pdf](http://www1.foragebeef.ca/Foragebeef/frgebeef.nsf/all/frg90/$FILE/fertilitylegumefixation.pdf).
128. An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle Nicolas Gruber & James N. Galloway *Nature* 451, 293–296(17 January 2008) doi:10.1038/nature06592 – [http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/fig\\_tab/nature06592\\_F1.html](http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/fig_tab/nature06592_F1.html).
129. Anderson D. M. (1994). "Red tides". *Scientific American* 271 (2): 62–68. doi:10.1038/scientificamerican0894-62. PMID 8066432.
130. Addressing the nitrogen cascade Eureka Alert, 2008. – [http://www.eurekaalert.org/pub\\_releases/2008-05/uov-at051208.php](http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2008-05/uov-at051208.php).
131. Broun L 2001. Eradicating hunger: a growing challenge. In: *State of world 2001*. New York: WW Norton and Co.; *Australia's food & nutrition 2012*, – AIHW, 2012 – 244 p.
132. Brown, L.R. and Earth Policy Institute. 2001. *Eco-economy: Building an economy for the earth* (1st ed.). W.W. Norton & Co., New York, USA. Also available from: [http://www.earth-policy.org/Books/Eco/EEch7\\_ss3.htm](http://www.earth-policy.org/Books/Eco/EEch7_ss3.htm).
133. Boness M. Biocoenotische über die Tierwelt von Klee und duzernefeldern / M. Boness / *Zeitschrift für Morphol. u Oekol. D. Tiere*, b. 47, 5, 1958. – P. 308-373.
134. Botrel D.G. Cotton insect pests management / D.G. Botrel, P.L. Adkisson / *Ann. Rev. Entomol.*, 1977. V. 22. – P. 451-481.
135. Campbell, C.D., and G. Puri. 2002. Soil biodiversity. SNH Information and Advisory Note, No. 151. Available from: <http://www.snh.org.uk/pdfs/scottish/soils2.pdf> (accessed January 10, 2005).
136. Carroll and Salt, Steven B. and Steven D. (2004). *Ecology for Gardeners*. Cambridge: Timber Press. ISBN 9780881926118.

137. Claudio O. Stockle. Environmental impact of irrigation: a review. State of Washington Water Research Center, Washington State University. On line: <http://134.121.74.103/newsletter/fall2001/IrrImpact2.pdf>.
138. Conway G. The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-First Century. Penguin Books, London.– 1997.
139. Cromwell E., Cooper D. and Mulvany P. 2003. Defining agricultural biodiversity. Pages 5-12 in Conservation and sustainable use of agricultural biodiversity. CIP-UPWARD, Lima, Peru. Available from: [http://www.eseap.cipotato.org/upward/Publications/Agrobiodiversity/pages%20005-012%20\(Paper%201\).pdf](http://www.eseap.cipotato.org/upward/Publications/Agrobiodiversity/pages%20005-012%20(Paper%201).pdf) (accessed January 29, 2005).
140. Croft B. Arthropod resistance to insecticides: A key to pest control failures and successes in North American apple orchards / B. Croft / Entomol. exper. appl., 1982. – V. 31, 2. – P. 88-110.
141. Dasmann R.F. 1968. A Different Kind of Country. MacMillan Company, New York. ISBN 0-02-072810-7.
142. Diaz R.J. and Rosenberg R., 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. Science 321: P. 926-928.
143. Dwyer S.A., O. Ghannoun, A. Nicotra, S. von Caemmerer High temperature acclimation of C<sub>4</sub> photosynthesis is linked to changes in photosynthetic biochemistry / S.A. Dwyer, O. Ghannoun, A. Nicotra, S. von Caemmerer // Plant, Cell and Environ. – 2007. – 30. – P. 53 – 66.
144. Effect of Fertilizer on Water// Alberta.ca. Environment and Sustainable Resource Development – <http://environment.alberta.ca/images/Nutrients-vs-No-Nutrients.jpg>.
145. Estimating Risk From Contaminants Contained in Agricultural Fertilizers – <http://www.epa.gov/osw/hazard/recycling/fertiliz/risk/>.
146. Evans L.T. 1998. Feeding the Ten Billion. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
147. Evans L.T. 1998. Greater crop Production: Whence and Wither? pp.

- 89-97. In Waterlow, J.C., Armstrong, D.G., Fowden, L. and Riley R. Feeding a World Population of More than Eight Billion People. A Challenge to Science. Oxford Univ. Press, New York.
148. Evans, L. T. Greater crop Production: Whence and Wither? 1998. – P. 89-97.
149. Eijsackers H. Side effects of the herbicide 2,4,5-T affecting the carabid *Notiophilus biguttatus* Fabr., a predator of spring tails / H. Eijsackers / Z. angew. Entom., 1978. – Bd. 86. – P. 113-128.
150. Food and Agriculture Organization. – 1975, Rep. FAO Panel of Experts on Integrated Pest Control. Rome, Italy: FAO- UN, meeting report. – 1975/m/2. – 41 p.
151. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1993. Agrobiodiversity: The case for conserving domestic and related animals. FAO Corporate Document Repository. Available from: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/v1650t/v1650t0y.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/v1650t/v1650t0y.htm) (accessed December 15, 2004).
152. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. World food day. Annual review. Available from: <http://www.fao.org/review/VIEW6e.HTM> (accessed January 29, 2005).
153. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1997. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Also available from: [http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPS/pgrfa/pdf/swr\\_full2.pdf](http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPS/pgrfa/pdf/swr_full2.pdf).
154. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2005. Global Forest Resources Assesment: Progress towards sustainable forest management. Available from: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/A0400E/A0400E00.pdf> (accessed

- December 14, 2008).
155. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Available from: <http://www.fao.org/docrep/010/a1250e/a1250e00.htm> (accessed March 2, 2009).
  156. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. AQUASTAT. General Summary for the Countries of the Soviet Union. Available from: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/regions/fussr/index8.stm> (accessed February 12, 2009).
  157. Fresko L.O. From protecting crops to protecting agriculture production systems / L.O. Fresko / *Europ. J. of Plant Pathology*. XIII Int. Plant Protect Congress. The Hague, the Netherlands. – Abstracts, 1995. — P. 33-34.
  158. Gallepp G. 2000. Wanted: bugs that scrub. University of Wisconsin-Madison College of Agricultural & Life Sciences. Available from: [http://www.cals.wisc.edu/media/news/00\\_sci-rept/microbes/](http://www.cals.wisc.edu/media/news/00_sci-rept/microbes/) (accessed January 10, 2005).
  159. Gorenflo L.J. and Brandon K. 2005. Agricultural capacity and conservation in high biodiversity forest ecosystems. *Ambio* 34:199-204.
  160. Green R.E., S.J. Cornell, J.P.W. Scharlemann, and A. Balmford. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* 307:550-555.
  161. Haddad N.M., Rosenberg D.K. and Noon B.R. 2000. On experimentation and the study of corridors: response to Beier and Noss. *Conservation Biology* 14:1543-1545.
  162. Hall, S.J.G. and Ruane J. 1993. Livestock breeds and their conservation: a global overview. *Conservation Biology* 7(4):815-825.
  163. Harrison, I.J., Laverty M.F., Sterling E.J., Weeks B.C., and Vintinner E.C.. 2008. What is biodiversity? Synthesis, Network for Conservation

- Educators and Practitioners, American Museum of Natural History.  
Available from: <http://ncep.amnh.org>.
164. Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A.P., Ostfeld R.S., and Samuel M.D. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296:2158-2162.
  165. Human alteration of the nitrogen cycle, threats, benefits and opportunities" UNESCO – SCOPE Policy briefs, April 2007 – <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001509/150916e.pdf>.
  166. Haddad N.M., Rosenberg D.K. and Noon B.R. 2000. On experimentation and the study of corridors: response to Beier and Noss. *Conservation Biology* 14:1543-1545.
  167. Hall, S.J.G. and Ruane J. 1993. Livestock breeds and their conservation: a global overview. *Conservation Biology* 7(4):815-825.
  168. Harrison, I.J., Laverty M.F., Sterling E.J., Weeks B.C., and Vintinner E.C.. 2008. What is biodiversity? Synthesis, Network for Conservation Educators and Practitioners, American Museum of Natural History.  
Available from: <http://ncep.amnh.org>.
  169. Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A.P., Ostfeld R.S., and Samuel M.D. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296:2158-2162.
  170. Horrigan, L., R. S. Lawrence, and P. Walker. 2002. How Sustainable Agriculture Can Address the Environmental and Human Health Harms of Industrial Agriculture. *Environmental Health Perspectives* 110(5):445-456.
  171. Howard, A. 1943. *An agricultural testament*. Oxford University Press, New York, USA. Also available from: [http://journeytoforever.org/farm\\_library/howardAT/AT9b.html](http://journeytoforever.org/farm_library/howardAT/AT9b.html).
  172. Jahn G.C, Sanchez E.R, Cox P.G (2001). "The quest for connections: developing a research agenda for integrated pest and nutrient management". International Rice Research Institute – Discussion Paper 42: 18.

173. John Arthur Harrison. *The Nitrogen Cycle* –
174. Jordan T.E, Weller DE (1996) Human contributions to terrestrial nitrogen flux. *BioScience* 46:655-664.
175. Keeney D. and Kemp L. A new agricultural policy for the United States. Produced for the North Atlantic Treaty Organization Advanced Research Workshop on Biodiversity Conservation and Rural Sustainability, November 2002. The Institute for Agriculture and Trade Policy, Minneapolis, MN, and The Minnesota Project, St. Paul, MN. – 2003.
176. Keeney D. and Kemp L. 2003. A new agricultural policy for the United States. Produced for the North Atlantic Treaty Organization Advanced Research Workshop on Biodiversity Conservation and Rural Sustainability, November 2002. The Institute for Agriculture and Trade Policy, Minneapolis, MN, and The Minnesota Project, St. Paul, MN.
177. Kenmore R. *Indonesia's Integrated Pest Management – a Model for Asia*. Intercountry Programme for Integrated Pest control in Rice in South and South-East Asia. / R. Kenmore – FAO. –Manila, 1991. – 56 p.
178. Kevan P.G. 1977. Blueberry Crops in Nova Scotia and New Brunswick: pesticides and crop reductions. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 25(1):64).
179. Kingsolver J. G. Weather and the population dynamics of insect: integrating physiological and population ecology//*Physiol. Zool.* - 1989. – Vol. 62, № 2. - P. 314-334.
180. Kleinman P.J.A., Pimentel D. and Bryant R.B. 1995. The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 52:235-249.
181. Kogan M. *Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments* / M. Kogan / *Ann. Rev. Entomol.* – 1998. – V. 43. – P. 243-270.
182. Lawton L.A.; G.A. Codd (1991). "Cyanobacterial (blue-green algae)

- toxins and their significance in UK and European waters". *Journal of Soil and Water Conservation* 40: 87–97.
183. Lindenmayer D.B., and Nix H.A., 1993. Ecological principles for the design of wildlife corridors. *Conservation Biology* 7:627-630.
184. Lynda Knobeloch, Barbara Salna, Adam Hogan, Jeffrey Postle, and Henry Anderson. "Blue Babies and Nitrate-Contaminated Well Water."
185. Maxwell R.C. Increased production of pea aphids on broad beans treated with 2,4-D / R.C. Maxwell, R.M. Harwood / *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 1960. – V. 53. – P. 199-205.
186. Martin A.; Cooke G.D. (1994). "Health risks in eutrophic water supplies". *Lake Line* 14: 24–26.
187. Mellon, M. and J. Rissler. 2003. Environmental effects of genetically modified food crops. *Food and environment*. Union of Concerned Scientists. Available from: [http://www.ucsusa.org/food\\_and\\_environment/biotechnology/page.cfm?pageID=1219](http://www.ucsusa.org/food_and_environment/biotechnology/page.cfm?pageID=1219) (accessed July 10, 2005).
188. Micklin P. and Aladin N.V.. 2008. Reclaiming the Aral Sea. *Scientific American*. Available from: <http://www.sciam.com/article.cfm?id=reclaiming-the-aral-sea&sc=rss> (accessed February 9, 2009).
189. Miller G.T. (2002). *Living in the Environment* (12th Ed.). Belmont: Wadsworth/Thomson Learning. ISBN 0-534-37697-5.
190. Mindas J., Skvarenia J., Strelkova J. Of climatic changes on Norway spruce occurrence in the West Carpathians. *J. Forest Sci.*,46, 249–259.
191. Möbius K. *Die Auster und die Austerwirtschaft / K. Möbius* – Berlin, 1877. – B. 48. – 178 p.
192. Molden D. (Ed). *Water for food, Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan/IWMI, 2007, p.2.
193. Moore N.W. *Pesticides and wildlife / N.W. Moore / Council of*



- Europe – Publ. Resolution (70). – Strasbourg, 1971. – V. 24. – P. 12-25.
194. Mokhtar G. Ancient civilizations of Africa. Books.google.com. p. 309. Retrieved 2012-06-19.
195. Muggli Monique E., Ebbert Jon O., Robertson Channing and Hurt Richard D. Waking a Sleeping Giant: The Tobacco Industry's Response to the Polonium-210 Issue. *American Journal of Public Health*: September 2008, Vol. 98, No. 9, pp. 1643-1650.
196. Perfecto I., Rice R.A., Greenberg R. and van der Voort M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8):598-608.
197. Pimentel David et al. Environmental and Economic Costs of Pesticide Use. – *BioScience* Vol. 42, No.10, Nov., 1992.
198. Pimentel David. Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 1995, Volume 8, Issue 1, pp 17-29.
199. Rao GVR, Rupela OP, Rao VR and Reddy YVR (2007) "Role of biopesticides in crop protection: present status and future prospects" *Indian Journal of Plant Protection*, 35 (1): 1–9.
200. Rapid Growth Found in Oxygen-Starved Ocean 'Dead Zones', *NY Times*, Aug. 14, 2008.
201. Rodhe W. 1969 Crystallization of eutrophication concepts in North Europe. In: *Eutrophication, Causes, Consequences, Correctives*. National Academy of Sciences, Washington D.C., ISBN 309-01700-9, pp. 50–64.
202. Roosevelt M. 2005. Eat them or lose them. *Time Magazine*. 13 June 2005.
203. Routson K. 2005. Preservation of historic fruit trees of the southwest. Northern Arizona University. Available from: <http://www.environment.nau.edu/Land%20Projects/ConservationStrategies.pdf> (accessed February 27, 2009).

204. Savonen C. 2003. Healthy soil – It's a jungle out there in your garden soil. Oregon State University Extension and Experiment Station. Available from: <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/garden/soil/organisms.html> (accessed January 10, 2005).
205. Shelford V. Ecological succession. / V. Shelford / V. Biol. Bull. Marike Biol. Labor. Woods hole Mass., 1912 – V. 23. – P 3-4.
206. Siebert S.; Hooegeveen J., Döll P., Faurès J-M., Feick S. and Frenken K. (2006-11-10). "The Digital Global Map of Irrigation Areas – Development and Validation of Map Version 4" (PDF). Tropentag 2006 – Conference on International Agricultural Research for Development. Bonn, Germany. Retrieved 2007-03-14.
207. Singh R.K. 1999. Genetic resources and the role of international collaboration in rice breeding. *Genome* 42(4):635-641.
208. Srivastava J., Smith N.J.H., Forno D. and Net Library. 1996. Biodiversity and agriculture. World Bank, Washington, D.C., USA. Also available from: <http://www.netLibrary.com/urlapi.asp?action=summary&v=1&bookid=32698>.
209. Sullivan P. 2003. Intercropping principles and production practices. ATTRA- National Sustainable Agriculture Information Service. Available from: <http://www.attra.org/attra-pub/intercrop.html> (accessed January 29, 2005).
210. The catfish 'Toxic' suitable for fishmeal production. NowPublic. November 16, 2009. Retrieved November 23, 2009.
211. The Lawes Agricultural Trust – <http://www.rothamsted.ac.uk/Content.php?Section=AboutUs&Page=LawesAgriculturalTrust>.

212. United States Army Corps of Engineers, Aquatic Plant Information System. Using biocontrol agents more actively in existing noxious plant control programs. Available from: [http://el.erdc.usace.army.mil/aqua/apis/biocontrol/html/using\\_bi.html](http://el.erdc.usace.army.mil/aqua/apis/biocontrol/html/using_bi.html) (accessed January 29, 2005).
213. Van de Fliert E. and Braun A.R. 1999. Farmer field school for integrated crop management of sweetpotato: Field guides and technical manual. International Potato Center, Bogor, Indonesia. 286 p.
214. Vandermeer J., 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecological Systems* 26: 201-224.
215. Waterlow J. C., Armstrong D.G., Fowden L. and Riley R. Feeding a World Population of More than Eight Billion People. A Challenge to Science. Oxford Univ. Press, New York.
216. Vitousek P.M. and Matson P.A. (1993). Agriculture, the global nitrogen cycle, and trace gas flux. *The Biogeochemistry of Global Change: Radiative Trace Gases*. R. S. Oremland. New York, Chapman and Hall: 193-208.
217. Weeden C.R., Shelton A.M. and Hoffman M.P., editors. Biological control: a guide to natural enemies in North America. Cornell University, New York, USA. Available from: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol> (accessed July 10, 2005).
218. Wilbert van Rooij. Biodiversity modeling as a policy tool. Geneva, 2010 – 32 p.
219. Wilcove D.S., Rothstein D., Dubow J., Phillips A. & Losos E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48, 607–615.
220. Wilson Duff (1997-07-03). "Business |Fear In The Fields – How Hazardous Wastes Become Fertilizer – Spreading Heavy Metals On Farmland Is Perfectly Legal, But Little Research Has Been Done To Find

Out Whether It's Safe | Seattle Times Newspaper".  
Community.seattletimes.nwsourc.com. Retrieved 2010-08-25. –  
<http://community.seattletimes.nwsourc.com/archive/?date=19970703&slug=2547772>.

221. Wilson E.O. 1989. Threats to biodiversity. *Scientific American* Sept:108-116.
222. Wilson E.O., editor, Peter Frances M., associate editor, *Biodiversity*, National Academy Press, March 1988 ISBN 0-309-03783-2 ; ISBN 0-309-03739-5 (pbk.).
223. Wood S., Sebastian K. and Scherr S.J. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystem. International Food Policy Research Institute and World Resources Institute, Washington, D.C., USA.